

ZARZĄDZANIE RYZYKIEM W BUDOWNICTWIE

José Cardoso Teixeira
Janusz Kulejewski
Michał Krzemiński
Jacek Zawistowski

Guimaraes, Warszawa 2011

„Publikacja powstała w wyniku projektu zrealizowanego przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach programu „Uczenie się przez całe życie”. Publikacja odzwierciedla jedynie stanowisko autora i Komisja Europejska ani Narodowa Agencja nie ponoszą odpowiedzialności za umieszczoną w niej zawartość merytoryczną oraz za sposób wykorzystania zawartych w niej informacji.”

Podręczniki te zostały zrealizowane w ramach programu LdV projektu numer: 2009-1-PL1-LEO05-05016 pt. „Model certyfikacji i wzajemnego uznawania kwalifikacji menedżerów i inżynierów budowlanych w Unii Europejskiej – opracowanie bazy podręczników dla podyplomowych studiów uzupełniających.” Etap II. Promotorem projektu był Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej.

Partnerami w projekcie byli:

- Technische Universität Darmstadt (Niemcy)
- Universidade do Minho (Portugalia)
- Chartered Institute of Building (Wielka Brytania)
- Association of European Building Surveyors and Construction Experts (Belgia)
- Polish British Construction Partnership (Polska)

W ramach tej części projektu opracowano następujące podręczniki:

M8: Zarządzanie ryzykiem w budownictwie (130)

M9: Zarządzanie procesami budowlanymi i lean construction (90)

M10: Metody komputerowe w zarządzaniu projektami budowlanymi (80)

M11: Projekty PPP w budownictwie (80)

M12: Zarządzanie wartością i ryzykiem w przedsiębiorciach budowlanych (130)

M13: Czynniki sukcesu przedsięwzięć budowlanych – studium przypadków (80)

Zakres wiedzy w tych podręcznikach jest niezbędny w działalności inżynierów-menedżerów budowlanych zarządzających przedsiębiorcami w warunkach nowoczesnej gospodarki rynkowej. Podręczniki są zaakceptowane przez europejskie stowarzyszenie AEEBC, jako podstawa rozpoznawania kwalifikacji menedżerskiej. Nowoczesna wiedza z zakresu zarządzania w budownictwie zawarta w podręcznikach jest jednym z niezbędnych elementów uzyskania kart EurBE (European Building Expert), profesjonalnego certyfikatu dokumentującego poziom kwalifikacji menedżera budowlanego w UE.

Podręczniki są przeznaczone dla menedżerów-inżynierów budowlanych, studentów studiów podyplomowych „Zarządzania w budownictwie“ oraz studentów studiów budowlanych. Studia podyplomowe są akredytowane, a absolwenci uzyskują certyfikaty rozpoznawane przez 17 organizacji krajowych, członków AEEBC.

Tłumaczenia treści podręczników wykonywało biuro tłumaczeń Lingua Nova.

Więcej informacji:

www.leonardo.il.pw.edu.pl

www.psmb.pl

www.aeebc.org

SPIS TREŚCI:

ROZDZIAŁ 1

WPROWADZENIE..... 5

(J. C. TEIXEIRA)

- 1.1 KONCEPCJA RYZYKA 5
- 1.2 PODSTAWOWE RYZYKA PROJEKTÓW BUDOWLANYCH..... 8
- 1.3 CHARAKTERYSTYKA PROCESU ZARZĄDZANIA RYZYKIEM. 13
 - 1.3.1 Przygotowanie 16
 - 1.3.2 Identyfikacja ryzyka 16
 - 1.3.3 Ocena ryzyka 18
 - 1.3.4 Łagodzenie ryzyka..... 22
 - 1.3.5 Monitorowanie i weryfikacja..... 23
 - 1.3.6 Interakcje pomiędzy etapami zarządzania ryzykiem 24

ROZDZIAŁ 2

PROJEKTY BUDOWLANE I ZAWIERANIE UMÓW 27

(J. C. TEIXEIRA)

- 2.1 ZAKRES RZECZOWY PROJEKTÓW BUDOWLANYCH 27
- 2.2 ZAMÓWIENIA I KONTRAKTY BUDOWLANE..... 29
 - 2.2.1 Podejście tradycyjne 30
 - 2.2.2 Projekt i Budowa 34
 - 2.2.3 Systemy zamówień z wydzieloną usługą zarządzania projektem..... 38
 - 2.2.4 Porównanie systemów zamówień..... 42

ROZDZIAŁ 3

RYZYKO NA ETAPIE PRZETARGU 45

(J. C. TEIXEIRA)

- 3.1 WPROWADZENIE..... 45
- 3.2 ZASADY ZARZĄDZANIA RYZYKIEM NA ETAPIE PRZETARGU..... 48
 - 3.2.1 Przygotowanie dokumentacji przetargowej 50
 - 3.2.2 Kwalifikacja wstępna oferentów 51
 - 3.2.3 Ogłoszenie/ Zaproszenie i otwarcie ofert 52
 - 3.2.4 Ocena ofert i przyznanie kontraktu..... 53

ROZDZIAŁ 4

RYZYKO NA ETAPIE PRZYGOTOWANIA I REALIZACJI ROBÓT..... 56

(J. KULEJEWSKI, M. KRZEMIŃSKI, J. ZAWISTOWSKI)

- 4.1 PROCESY ZARZĄDZANIA RYZYKIEM..... 56
- 4.2 PLANOWANIE ZARZĄDZANIA RYZYKIEM 59
 - 4.2.1 Główne elementy procesu..... 59

4.2.2	Narzędzia i techniki wspomagające.....	60
4.2.3	Plan zarządzania ryzykiem	60
4.3	IDENTYFIKACJA RYZYKA	62
4.3.1	Wprowadzenie do procesu.....	62
4.3.2	Narzędzia i techniki wspomagające.....	64
4.3.3	Rejestr czynników ryzyka.....	69
4.3.4	Przykład identyfikacji czynników ryzyka budowy.....	69
4.4	ANALIZA I OCENA JAKOŚCIOWA RYZYKA	72
4.4.1	Sedno procesu.....	72
4.4.2	Narzędzia i techniki wspomagające.....	74
4.4.3	Przykład jakościowej analizy i oceny ryzyka budowy	77
4.5	ANALIZA I OCENA ILOŚCIOWA RYZYKA	77
4.5.1	Kwintesencja procesu	77
4.5.2	Narzędzia i techniki wspomagające.....	97
4.5.3	Przykład ilościowej analizy I oceny ryzyka budowy.....	98
4.6	PLANOWANIE REAKCJI NA RYZYKO.....	105
4.6.1	Sens procesu	105
4.6.2	Narzędzia i techniki wspomagające.....	108
4.6.3	Przykłady buforowania harmonogramu projektu	115
4.7	MONITOROWANIE I KONTROLA RYZYKA.....	131
4.7.1	Istota procesu	131
4.7.2	Narzędzia I techniki wspomagające	133
4.7.3	Przykład zastosowania Metody Wartości Wypracowanej.....	135

ROZDZIAŁ 5

ZAKOŃCZENIE PROJEKTU I RYZYKO OKRESU

GWARANCYJNEGO..... 141

(J. C. TEIXEIRA)

5.1	PRZEKAZANIE DO EKSPLOATACJI	141
5.2	USTERKI BUDOWLANE.....	142
5.3	OKRES ODPOWIEDZIALNOŚCI ZA USTERKI.....	145
5.4	RYZYKO FINANSOWE.....	146
5.5	RYZYKO SPORÓW SĄDOWYCH.....	146

6. BIBLIOGRAFIA 149

ROZDZIAŁ 1

WPROWADZENIE

(J. C. TEIXEIRA)

1.1 KONCEPCJA RYZYKA

Niebezpieczeństwo, niepewność i ryzyko są pojęciami używanymi w wielu dziedzinach nauki oraz działalności gospodarczej, w przypadku trudności przewidzenia rzeczywistych wartości niektórych parametrów, zachowań lub zdarzeń. Te trzy pojęcia różnią się od siebie.

Niebezpieczeństwo można rozumieć jako sytuację, która stwarza do pewnego stopnia zagrożenie życia, zdrowia, mienia, środowiska, nietykalności osobistej itd. Z punktu widzenia zdrowia i bezpieczeństwa, niebezpieczeństwo można rozumieć jako stan, który może potencjalnie spowodować fizyczne uszkodzenia lub konsekwencje dla zdrowia ludzi (lub życia). Przedsiębiorstwa, środowisko i społeczeństwo także stoją w obliczu niebezpieczeństw. W tym przypadku, niebezpieczeństwo to każdy czynnik, który może mieć wpływ na pomyślność zamierzeń i planów ich realizacji. Większość z tych czynników ma charakter potencjalny lub ukryty. W przypadku ich materializacji lub oddziaływania, często dochodzi do sytuacji kryzysowych. Sytuacja niebezpieczna, która zaczęła oddziaływać, staje się przyczyną niepomyślnego zdarzenia, wypadku lub katastrofy.

Pojęcie **niepewności** nie ma takiego samego znaczenia, jak ryzyko. Niepewność odnosi się do wystąpienia zdarzenia, o którym niewiele wiadomo; ryzyko jest skutkiem zdarzenia przewidywanego na podstawie statystycznego prawdopodobieństwa. Niepewność pojawia się tam, gdzie istnieje więcej niż jeden możliwy wynik, ryzyko natomiast tam, gdzie decyzję wyraża się w formie zakresu możliwych wyników.

Pierwszym etapem oceny ryzyka jest określenie niebezpieczeństw. Umożliwia to właściwe potraktowanie ryzyka, a następnie zapobieżenie ich wystąpieniu. Jednakże dokładna definicja **ryzyka** nie została dotąd określona, a miary ryzyka nadal budzą kontrowersje – to zaskakujące, w jak dużym stopniu sporna pozostaje ta kwestia, mimo wszechobecności ryzyka we wszystkich ludzkich działaniach. Na przykład:

1. Największy słownik języka angielskiego *Webster's Dictionary* definiuje ryzyko, jako:
 - *expose to a chance of loss or damage*, co można przetłumaczyć jako narażenie na możliwość straty lub uszkodzenia;
 - *a measure of the probability that damage will occur as a result of a given hazard*,
co można przetłumaczyć jako miara prawdopodobieństwa powstania szkody w rezultacie określonego zagrożenia;
 - *the possibility of harm or loss*, co można przetłumaczyć jako możliwość powstania szkody lub straty.
2. Słownik języka polskiego pod red. W Doroszewskiego (1965) definiuje ryzyko, jako:
 - przedsięwzięcie, którego wynik jest nieznany, niepewny, problematyczny;
 - możliwość, że coś się uda lub nie uda, niebezpieczeństwo;
 - odważenie się na niebezpieczeństwo.
3. Słownik wyrazów obcych PWN pod red. J. Tokarskiego (1980) definiuje ryzyko, jako:
 - przedsięwzięcie, którego wynik jest nieznany, niepewny; możliwość, że coś się uda lub nie uda; zdecydowanie się na takie przedsięwzięcie;
 - prawdopodobieństwo zajścia szkody.
4. W metodyce zarządzania przedsięwzięciami opracowanej przez Instytut Zarządzania Projektami (2008), ryzyko oznacza zdarzenie lub okoliczność, która w razie wystąpienia może mieć korzystny lub niekorzystny wpływ na cele przedsięwzięcia.
5. W literaturze istnieją jeszcze inne definicje ryzyka - między innymi (Padiyar, Shankar, & Varma):
 - “Sytuacja, w której nie mamy wiedzy o wyniku”
 - “Zróźnicowanie możliwych wyników, istniejące w naturze w danej sytuacji
 - “Wysokie prawdopodobieństwo porażki”

- *“Brak możliwości przewidywania struktury, wyniku lub skutków decyzji lub planu”*

Komisja Europejska jest zdania, że ryzyko można zdefiniować jako dowolny czynnik, zdarzenie lub wpływ, który zagraża pomyślnemu ukończeniu projektu w odniesieniu do czasu, kosztu i jakości. Dlatego, w dalszej części tej pracy, słowo „ryzyko” jest niekiedy używane w liczbie mnogiej.

Rozpatrując różne definicje ryzyka i ich związek z przedstawionymi wcześniej koncepcjami, można powiedzieć, że jakkolwiek koncepcję ryzyka zdefiniowano na wiele sposobów, charakteryzuje się ona dwoma głównymi czynnikami: prawdopodobieństwem wystąpienia określonego niebezpieczeństwa oraz jego wpływem lub skutkami. W gruncie rzeczy, wiele standardów ryzyka bazuje na założeniu, że należy zrozumieć te dwa elementy, aby w pełni zdefiniować ryzyko. Jakkolwiek niektóre jego definicje skupiają się na prawdopodobieństwie wystąpienia określonego zdarzenia, które może mieć wpływ na realizację danego procesu, bardziej rozbudowane definicje uwzględniają zarówno prawdopodobieństwo wystąpienia, jak i skutki ryzyka.

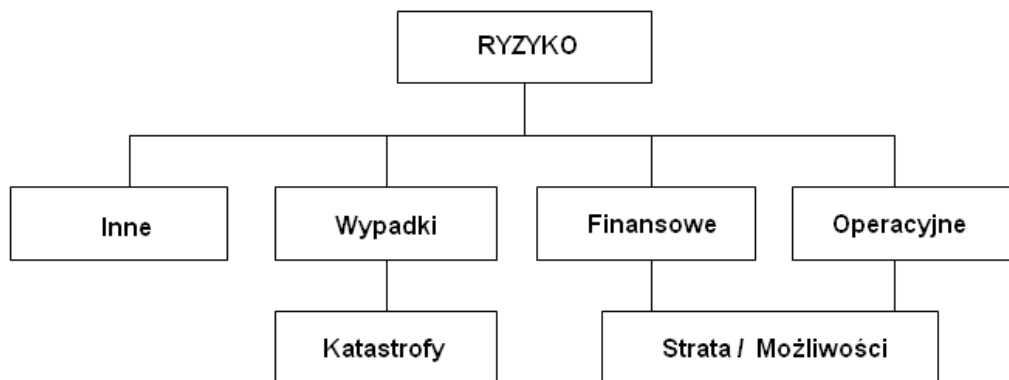
Ryzyko to wpływ niepewności na realizację celów

- **Wpływ** to odchylenie od oczekiwanego wyniku; może być pozytywny lub negatywny
- **Cele** mogą mieć różne aspekty (finanse, zdrowie i bezpieczeństwo, ochrona środowisk) i mogą być realizowane na różnych poziomach (strategicznym, całej organizacji, projektu, produktu, procesu)
- **Niepewność** to stan także częściowego braku informacji na temat zdarzenia, jego skutków lub prawdopodobieństwa wystąpienia.

Rys. 1.1. Podstawowe definicje wg ISO /FDIS 31000:2009 (ISO/IEC Guide 73)

Według Instytutu Zarządzania Projektami, ryzyko może mieć jedną lub wiele przyczyn, a w razie jego wystąpienia, może też wpłynąć na jeden lub wiele sposobów, pozytywnie lub negatywnie, na cele projektu (PMBOK, 2008). Przyczyną może być wymóg, założenie, ograniczenie lub warunek, który stwarza prawdopodobieństwo wystąpienia pozytywnego lub negatywnego rezultatu. W

niektórych definicjach ograniczono się jednak do rozpatrywania negatywnych scenariuszy.



Rys.1.2. Wymiary ryzyka

1.2 PODSTAWOWE RYZYKA PROJEKTÓW BUDOWLANYCH

Budową według Ustawy Prawo budowlane jest wykonywanie obiektu budowlanego w określonym miejscu, a także *odbudowa*, *rozbudowa* i *nadbudowa* obiektu budowlanego. **Robotami budowlanymi** wg Ustawy Prawo budowlane nazywa się budowę, a także prace polegające na przebudowie, montażu, remoncie lub rozbiórce obiektu budowlanego. Roboty budowlane można określić jako szczególny rodzaj produkcji, charakteryzujący się umiejscowieniem w określonym czasie i miejscu i faktem, że produkt stanowi niepowtarzalną, zamkniętą całość. Natomiast, **przedsięwzięcie budowlane** to proces prowadzący do powstania obiektu budowlanego w wyniku realizacji zespołu powiązanych ze sobą działań, z użyciem określonych zasobów: odnawialnych (robocizna, sprzęt, narzędzia), nieodnawialnych (środki finansowe, materiały) oraz intelektualnych (technologia, wiedza, umiejętności). Ze względu na niepowtarzalność produktu i złożoność działań prowadzących do jego powstania, przedsięwzięcia budowlane są często określane mianem projektów inwestycyjno – budowlanych lub krócej – **projektów**

budowlanych. Pojęcia **przedsięwzięcie budowlane** i **projekt budowlany** będą dalej stosowane zamiennie.

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 skutkuje częstokroć przekroczeniem terminów, kosztów i niedotrzymaniem wymogów jakości (Medeiros & Rodrigues). Ryzyko przekroczenia czasu i kosztów może, w skrajnych przypadkach, zagrozić całościowej rentowności projektu, zmieniając inwestycję o potencjale wygenerowania zysku w kosztowny i niemożliwy do zrealizowania projekt. W porównaniu z wieloma innymi rodzajami działalności, projekt budowy jest narażony na większą ilość ryzyka z uwagi na unikalne cechy działalności budowlanej, takie, jak długi czas trwania, złożoność procesów, nieprzewidywalne środowisko, wysokość nakładów finansowych i dynamika struktur organizacyjnych.

Prinsent Masons¹ stwierdza, że budowa jest bez wątpienia przedsięwzięciem ryzykownym, a ryzyka są nieodłącznym elementem każdego projektu. Jej zdaniem, ryzyko podatkowe, komunikacyjne i lokalne spotyka się najczęściej i jest ono nieuchronne w związku z projektami budowlanymi. Inne ryzyko, o niższym prawdopodobieństwie wystąpienia, to zdarzenia z kategorii siły wyższej i zmiany prawa. Może ono jednak wystąpić, a jego wpływ na projekt jest znaczny. Ratz wylicza opóźnienia, wzrost kosztów, obrażenia odniesione przez robotników itd. jako najczęściej spotykane ryzyko, związane z projektami budowlanymi. Skumulowanie tych zagrożeń lub ich połączenie można określić mianem „ryzyka projektu”.

Czynniki ryzyka projektów budowlanych są ze sobą powiązane i wzajemnie zależne. Ich źródła pochodzenia określono następująco (Departament Transportu USA, 2006):

- Zagadnienia związane z wykonaniem, zakresem, jakością i technologią;
- Kwestie ochrony środowiska, zdrowia i bezpieczeństwa;
- Niepewność co do zakresu, kosztów i harmonogramu
- Kwestie polityczne

Czynniki ryzyka w projektach budowlanych można klasyfikować na wiele sposobów w zależności od źródła. Oczywiście, źródła ryzyka to sprawa indywidualna dla każdego projektu i dla każdego uczestnika projektu, co oznacza,

¹ Prinsent Masons to międzynarodowa firma prawnicza, uznana za wiodącego doradcę prawnego w branży budowlanej i inżynierskiej, energetycznej oraz infrastrukturalnej na całym świecie.

że projekt dysponuje własnym, unikalnym zestawem czynników ryzyka. Tym niemniej, przyjmuje się, że istnieje szereg czynników ryzyka wspólnych dla wszystkich projektów budowlanych. Czynniki te można sklasyfikować następująco (Guerra & Teixeira):

- **BUDOWA**
 - Zmiany w zakresie robót
 - Warunki geologiczne i geotechniczne podłoża
 - Dostęp do placu budowy
 - Poziom szczegółowości projektu dostarczonego przez właściciela
 - Opóźnienia w dostarczaniu rysunków i wytycznych
 - Dostępność zasobów
 - Wypadki (drogowe, pożary itd.)
 - Błędy w projekcie
 - Koszty przeprowadzania prób i pobierania próbek
 - Faktyczne nakłady pracy
 - Oddanie sprzętu do eksploatacji
- **FINANSOWE I EKONOMICZNE**
 - Inflacja
 - Finansowanie
- **WYKONANIE**
 - Wydajność pracy
 - Wydajność sprzętu
 - Stosowność użytych materiałów
 - Wadliwe wykonanie
 - Zachowania utrudniające wykonanie pracy
 - Spory pracownicze
- **BEZPIECZEŃSTWO**
 - Wandalizm
 - Terroryzm
 - Korupcja
 - Ataki
 - Zaniedbania
 - Wtargnięcie
- **UMOWNE I PRAWNE**
 - Opóźnienia w rozstrzyganiu sporów
 - Opóźnienia w płatnościach kontraktowych i dodatkowych
 - Negocjacja zmiany zamówień
 - Niewypłacalność wykonawcy lub podwykonawcy
- **FIZYCZNE**
 - Warunki geologiczne i geotechniczne podłoża
 - Warunki

- Warunki hydrogeologiczne
- Topografia
- Klęski żywiołowe
- **POLITYCZNE I SPOŁECZNE**
 - Dostępność ziemi na cele budowy
 - Kwestie ochrony środowiska
 - Przepisy (bezpieczeństwa lub pracy)
 - Zamieszki publiczne
 - Strajki

Amerykański Departament Transportu (2006) przyjął następującą strukturę organizacji ryzyka:

A. RYZYKA TECHNICZNE

- Proces projektowania
 - Zaangażowanie właściciela w projekt
 - Nieprawidłowy lub niekompletny projekt
 - Zmiany kryteriów sejsmicznych
 - Błędy lub niekompletność obliczeń strukturalnych/ geotechnicznych/ fundamentów
 - Zły dobór materiałów
 - Dane przedmiarowe (natężenie ruchu, zużycie wody itd.)
 - Konieczność zastosowania odstępstw od projektu
- Ryzyka budowlane
 - Nieprawidłowe oszacowania czasowe
 - Procedury budowlane
 - Bezpieczeństwo na budowie
 - Pozwolenia na pracę
 - Media
 - Opóźnienia w dostarczaniu pomiarów, ich niekompletność lub błędność
 - Opóźnione dostawy i zakłócenia
 - Bezpieczeństwo pracowników i placu budowy
 - Projekty innowacyjne
 - Niewłaściwy sprzęt i materiały
 - Ryzyka środowiskowe (bliskość nieuregulowanej rzeki, tereny zalewowe, wybrzeże morskie, obszar pod nadzorem paleontologicznym itd.)
- Czynniki środowiskowe
 - Analiza środowiska niekompletna lub błędna
 - Obszary podmokłe na placu budowy i wokół niego
 - Błędy wstępnej analizy miejsca pod kątem odpadów niebezpiecznych
 - Brak wyspecjalizowanego personelu (biologia, antropologia, archeologia itd.)
- Błędne założenia co do kwestii technicznych w fazie planowania
- Wymogi arkusza informacji (odstępstwa od reguł)

B. RYZYKA ZEWNĘTRZNE

- Stosunki umowne
 - Niechęć właścicieli ziemi do sprzedaży
 - Zmiana priorytetów w odniesieniu do programu
 - Zmiany finansowania w danym roku fiskalnym
 - Opóźnienie wniosków o zmiany, składanych przez interesariuszy
 - Nowi interesariusze
 - Nowe potrzeby sformułowane przez interesariuszy
 - Nowe informacje niezbędne do uzyskania zezwoleń
 - niespójność celów w zakresie kosztów, czasu, zakresu i jakości
 - Zezwolenia i licencje
- Czynniki związane z siłą wyższą
 - Zmiana czynników politycznych (wpływ polityczny)
 - Klimat polityczny
 - Brak stabilności gospodarczej
 - Warunki rynkowe
 - Wahania kursów walut
 - Przepisy o bezpieczeństwie publicznym
- Czynniki społeczne
 - Zastrzeżenia społeczności lokalnych
- Czynniki środowiskowe
 - Zmiana przepisów dotyczących ochrony środowiska (np. jakości wody)
 - Nowe informacje wymagane w celu uzyskania zezwoleń
 - Wymagane oświadczenie o wpływie na środowisko
 - Miejsce historyczne, zagrożone gatunki, tereny podmokłe
 - Nacisk na uwzględnienie kwestii środowiskowych

C. RYZYKA ORGANIZACYJNE

- Niedoświadczony personel
- Utrata personelu o znaczeniu kluczowym w punkcie zwrotnym projektu
- Niewystarczający czas na planowanie
- Niespodziewane przeciążenie kierownika projektu
- Brak czasu na planowanie
- Zmiana priorytetów w stosunku do istniejącego programu
- Niespójność celów w zakresie kosztów, czasu, zakresu i jakości

D. RYZYKA ZARZĄDZANIA

- Zła definicja i brak zrozumienia celu projektu, potrzeb, dążeń, kosztów, produktów
- Brak kontroli nad priorytetami personelu
- Zbyt wiele projektu
- Opóźnienia ze strony konsultanta lub wykonawcy
- Oszacowanie i/lub identyfikacja błędów
- Problemy z komunikacją w zespole projektowym
- Brak koordynacji/ komunikacji
- Niedoświadczeni pracownicy/ brak dostępności siły roboczej/ zasobów

Skala niektórych projektów, odzwierciedlona długim terminem wykonania, dużą liczbą robotników i napiętym harmonogramem projektowania i budowy, to tylko przykładowy czynnik, niosący za sobą znaczną niepewność w kontekście projektów budowlanych. Niepewność należy jednak brać pod uwagę, dążąc do zredukowania i kontroli zidentyfikowanych czynników ryzyka (Guerra & Teixeira). Dlatego istotne jest uchwycenie wszystkich potencjalnych czynników ryzyka w projekcie i podjęcie wszelkich niezbędnych działań lub stworzenie warunków dla ich eliminacji lub prewencji. Alternatywnym rozwiązaniem może być ograniczenie skutków ryzyka i przypisanie ich tym stronom, które najlepiej poradzą sobie z zarządzaniem danym ryzykiem. Aby osiągnąć te cele, należy – zgodnie z dostępną literaturą – przyjąć podejście systematyczne w zakresie procesu zarządzania ryzykiem.

1.3 CHARAKTERYSTYKA PROCESU ZARZĄDZANIA RYZYKIEM

Całkowite wyeliminowanie ryzyka projektowych to zadanie złożone, które w wielu przypadkach okazuje się wręcz niemożliwe; dlatego też ryzykiem należy zarządzać. Zarządzanie ryzykiem to proces, w którym stosuje się narzędzia i techniki monitorowania i śledzenia zdarzeń o potencjalnym wpływie na wyniki projektu. Zarządzanie ryzykiem to element centralny zarządzania strategicznego każdej nowoczesnej organizacji, ukierunkowany na identyfikację i obsługę ryzyka. Według ISO 31000:2009 (ISO/IEC wytyczne 73):

- 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.

Zasadniczo, zarządzanie ryzykiem to proces, który towarzyszy projektowi od samego początku w fazie planowania, realizacji, aż do zakończenia. Wiele z tych procesów ulega aktualizacji w trakcie cyklu życia projektu; w dowolnym czasie istnieje możliwość identyfikowania nowych ryzyka. Zarządzanie ryzykiem

zapewnia wartość dodaną dla potrzeb organizacji i jej interesariuszy poprzez wspieranie celów organizacji. Podstawowe cele i korzyści to (ISO/FDIS 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 umożliwi 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

Kluczowy efekt zarządzania ryzykiem ma charakter dwojaki: organizacja dysponuje aktualnym, prawidłowym i całościowym zrozumieniem ryzyka związanych z działalnością; a ryzyka organizacji mieszczą się w przyjętych kryteriach.

Efektywne zarządzanie ryzykiem może przyczynić się do zrozumienia nie tylko rodzajów ryzyka, przed którymi stoimy, ale także do lepszego zarządzania tymi ryzykami podczas poszczególnych faz realizacji projektu. Opracowano liczne modele zarządzania ryzykiem, aby przyczynić się do lepszego zrozumienia: Co się stało i dlaczego? Jakie są tego konsekwencje? Jak jest prawdopodobieństwo ich wystąpienia? Czy istnieje możliwość złagodzenia lub zredukowania ryzyka?

Szereg modeli oceny ryzyka o różnej liczbie etapów przytacza dostępna literatura. Tabela 1 przedstawia niektóre modele zarządzania ryzykiem, opracowane przez duże, renomowane organizacje międzynarodowe, oraz podsumowanie głównych kroków ich wdrażania.

Tabela 1.1. Etapy procesu zarządzania ryzykiem

Organizacja/ Norma	Etapy procesu zarządzania ryzykiem
IEC/FDIS 31010	<ol style="list-style-type: none"> 1. Określenie kontekstu 2. Ocena ryzyka <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Identyfikacja ryzyka 2.2 Identyfikacja ryzyka 2.3 Ocena ryzyka 3. Zarządzanie ryzykiem 4. Monitorowanie i weryfikacja
UNCTAD²	<ol style="list-style-type: none"> 5. Określenie kontekstu 1. Identyfikacja ryzyka 2. Analiza ryzyka 3. Ocena ryzyka 4. Zarządzanie ryzykiem 5. Monitorowanie i weryfikacja 6. Komunikacja i konsultacje
OSI³	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identyfikacja 2. Analiza 3. Planowanie 4. Śledzenie i kontrola 5. Komunikacja
PMBOK® - wydanie czwarte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan zarządzania ryzykiem 2. Identyfikacja ryzyka 3. Przeprowadzenie jakościowej analizy ryzyka 4. Przeprowadzenie ilościowej analizy ryzyka 5. Zaplanowanie reakcji na ryzyko 6. Monitorowanie i kontrola

² UNCTAD Konferencja ONZ ds. Handlu i Rozwoju

³ OSI – Biuro ds. Integracji Systemowej

1.3.1 PRZYGOTOWANIE

Pierwszą czynnością, poprzedzającą próbę zarządzania ryzykiem, jest określenie kontekstu analizy przy zrozumieniu celów projektu i jego znaczenia dla całości działalności, zakresu i innych cech (Dallas, 2006). Wg IEC/FDIS 31010, celem tego etapu jest określenie i uzgodnienie celów oceny ryzyka, kryteriów ryzyka i programu oceny ryzyka. Należy położyć szczególny nacisk na zrozumienie środowiska, w którym funkcjonuje organizacja (najistotniejsze ryzyka mogą mieć charakter zewnętrzny – kulturowy, polityczny, prawny, finansowy, ekonomiczny itd.), a także na zrozumienie struktury i potencjału organizacji (polityka, procesy, interesariusze wewnętrzni, strategie itd.).

„Na tym etapie należy określić, z kim należy się konsultować w ramach identyfikacji ryzyka, i ustalić najlepszą metodę komunikacji” (Dallas, 2006)

1.3.2 IDENTYFIKACJA RYZYKA

Celem identyfikacji ryzyka jest określenie, rozpoznanie i zarejestrowanie czynników ryzyka, które mogą mieć wpływ na realizację celów projektu (Akintoye, Beck i Hardcastle, 2003). Jest to kluczowy element prawidłowej strategii zarządzania ryzykiem, obejmujący proces, w którym zagadnienia efektywnej realizacji projektu ulegają przełożeniu na zidentyfikowane ryzyka. Należy zauważyć, że zarządzanie ryzykiem nie polega wyłącznie na określeniu negatywnych skutków, ale także możliwości, czyli skutków pozytywnych.

Proces identyfikacji czynników ryzyka rozpoczyna się od ich kompilacji przez zespół projektowy. Czynniki ryzyka ujawniają się podczas analizy zagadnień i kwestii (elementów wejściowych), takich jak:

- Dokumentacja projektowa, raporty, założenia itd.
- Ogólne listy kontrolne, utworzone dla ryzyka powtarzających się;
- Kosztorys, tzn. prawdopodobny koszt realizacji zaplanowanych działań;
- Opisu projektu, tzn. cech produktu lub usługi zamówionych przez klienta (na ogół we wczesnej fazie projektu dysponujemy nielicznymi informacjami, ich zakres jednak wzrasta w miarę realizacji projektu);
- Harmonogram projektowania i budowy (ryzyka związane z przedziałami czasowymi przeznaczonymi na działania w ramach projektu, rezerwy czasowe itd.)

- Rejestry interesariuszy, informacje o organizacjach zaangażowanych w projekt, czynniki zewnętrzne (np. środowiskowe), metoda zarządzania ryzykiem itd.

Identyfikacja ryzyka powinna obejmować zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne czynniki ryzyka. Wewnętrzne czynniki ryzyka to te, które zespół projektowy jest w stanie kontrolować lub kształtować, na przykład wyznaczony do pracy personel i kosztorysy. Zewnętrzne czynniki ryzyka to te, na które zespół projektowy nie ma wpływu. Są to na przykład zmiany na rynku lub działania rządowe.

Istnieje szereg narzędzi i technik, wspierających proces identyfikacji ryzyka. Metody identyfikacji ryzyka mogą obejmować następujące elementy:

- Analizę danych i dokumentacji (raportów z ocen bezpieczeństwa, planów, założeń, wcześniejszych plików projektowych, umów itd.). Weryfikacja poprzednich projektów przeprowadzona przez zaangażowane organizacje umożliwia identyfikację problemów planowania i wdrażania i przyczynia się do określenia działań naprawczych i prewencyjnych w związku z projektem.
- Monitorowanie działań w ramach projektu (poprzez sesje burzy mózgów z grupami zainteresowanymi i inspekcje terenowe). Sesje burzy mózgów na każdym etapie projektu umożliwiają identyfikację i zapobieganie wystąpieniu najbardziej utajonych czynników ryzyka; inspekcje terenowe przyczyniają się do identyfikacji określonych czynników ryzyka (w rodzaju ograniczeń dostępności placu budowy, niebezpieczeństw związanych z warunkami gruntowymi itd.)
- Wywiady/ankiety i uczestnictwo w dyskusjach i spotkaniach (z różnymi interesariuszami projektu) mogą przyczynić się do identyfikacji czynników ryzyka, które nie zostały wykryte w ramach zwykłych działań z zakresu planowania. Doświadczenie osobiste i firmowe oraz konsultacje z ekspertami mogą pozwolić na wykrycie ryzyka trudniejszych do uchwycenia dzięki doświadczeniu tych osób w pracy przy podobnych projektach (np. błędy systematyczne).
- Analiza list kontrolnych (sklasyfikowanych wg wpływu, pochodzenia lub skutków) zapewnia uwzględnienie wszystkich czynników ryzyka. Technika ta umożliwia sporządzenie listy typowych czynników ryzyka, wymagających rozważenia.
- Techniki sporządzania diagramów (w rodzaju schematu przyczynowo-skutkowego, schematów technologicznych, schematów organizacji itp.) ułatwiają zespołowi zrozumienie przyczyn i skutków ryzyka.

Etapy identyfikacji ryzyka są zróżnicowane w zależności od charakteru projektu, umiejętności zespołu z zakresu zarządzania ryzykiem. Należy podkreślić, że osoby

i kultura zarządzania ryzykiem w organizacji mają znaczenie kluczowe dla identyfikacji. Narzędzia i techniki mogą jedynie wspierać te osoby w ocenie ryzyka, nie są zaś w stanie zastąpić rzetelnej oceny technicznej.

Zasadniczo, w ramach tego procesu identyfikuje się czynniki ryzyka, które mogą mieć wpływ na projekt oraz określa się ich cechy. Wynikiem fazy identyfikacji ryzyka jest zatem ich klasyfikacja wg źródła pochodzenia, potencjalnego wpływu na projekt oraz symptomów (pośrednia manifestacja ryzyka w rodzaju zdarzeń kosztowych, takich, jak przekroczenie budżetu, opóźnień itd.).

1.3.3 OCENA RYZYKA

Ocena lub analiza ryzyka to proces kwantyfikacji zdarzeń ryzykownych, udokumentowanych na poprzednim etapie. Proces ten realizują osoby, które znają metodę zarządzania ryzykiem; polega on na klasyfikacji i priorytetyzacji ryzyka. Ocena ryzyka obejmuje przede wszystkim kwantyfikację dwóch czynników, aby zdecydować, jakie działania należy podjąć w odniesieniu do każdego ze stwierdzonych czynników ryzyka:

- Prawdopodobieństwo wystąpienia
- Wpływ na projekt w przypadku materializacji

Ocena ryzyka umożliwia zrozumienie ryzyka, ich przyczyn, skutków i prawdopodobieństwa wystąpienia. Ponadto, ocena ryzyka to narzędzie wspierające podejmowanie decyzji w zakresie ewentualnego zarządzania danym czynnikiem ryzyka (i najlepszej metody działania), a także nowych możliwości, jakie mogą pojawić się w trakcie realizacji projektu (Wytyczne PMBOK). Ocena ryzyka koncentruje się więc głównie na określeniu czynników ryzyka wymagających reakcji (eliminacja występujących zagrożeń, o ile to możliwe, lub łagodzenie ich skutków) w celu minimalizacji (bezpośredniego lub pośredniego) wpływu na wyniki projektu (np. przekroczenie budżetu lub terminu).

Oszacowanie kosztów ryzyka jest zatem istotnym etapem oceny ryzyka, ponieważ czynniki ryzyka wywierają na ogół bezpośredni wpływ na projekt (np. opóźnienia mają wpływ na koszt). Jednakże oszacowanie kosztów jednoczesnej materializacji kilku czynników ryzyka może być trudne ze względu na problem związany z przewidywaniem skutków i mierzeniem konsekwencji takich zdarzeń (Dallas, 2006).

Po zakończeniu procesu oceny ryzyka, należy porównać szacowane ryzyko z kryteriami akceptacji ryzyka, określonymi przez organizację biorące udział w realizacji projektu (kryteria te mogą obejmować porównanie kosztów i korzyści,

wymogi prawne, czynniki społeczno-ekonomiczne i środowiskowe, kwestie dotyczące interesariuszy itd.).

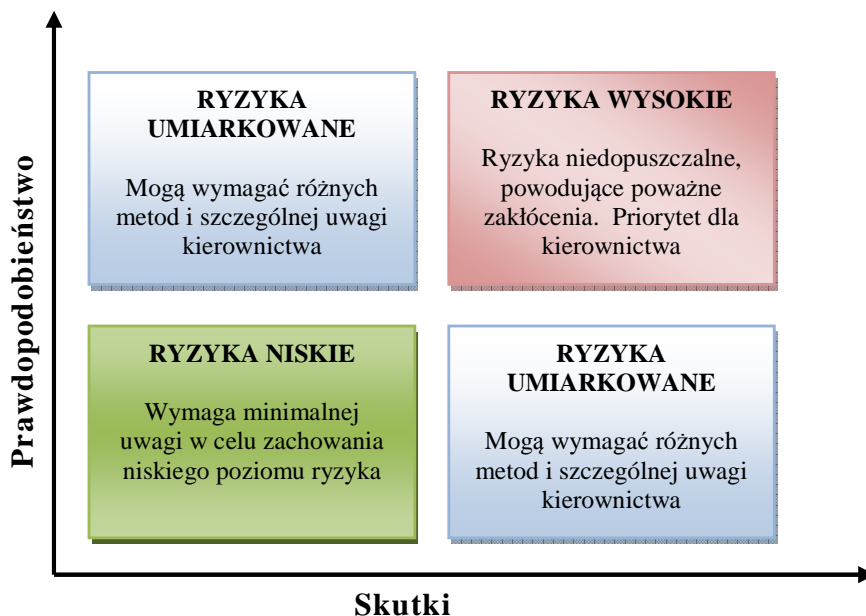
Najpopularniejsze techniki oceny ryzyka, zarówno jakościowe, jak i ilościowe, omówiono poniżej.

1) Jakościowa analiza ryzyka

Ocena jakościowa służy opracowaniu listy podstawowych źródeł ryzyka i opisaniu ich najbardziej prawdopodobnych skutków. Metodę tę stosuje się w przypadku wysokiego stopnia niepewności (Akintoye i in., 2003). Jest to proces priorytetyzacji ryzyka poprzez ich ocenę i połączenie prawdopodobieństwa wystąpienia oraz skutków każdego z czynników ryzyka (Wytyczne PMBOK, 2008). Ocena ma zasadniczo charakter subiektywny (na przykład, “niski, średni, wysoki” lub kody kolorów przypisane do analizowanych czynników ryzyka), wymaga zatem udziału eksperta (AbouRizk, 2003, Creedy, 2006). Dane wejściowe dla tego procesu są zróżnicowane i obejmują aktywa organizacji, definicję zakresu projektu, plan zarządzania ryzykiem oraz rejestry ryzyka. Dane wyjściowe analizy jakościowej ryzyka powinny obejmować następujące informacje:

- Klasyfikacja ryzyka – zidentyfikowane czynniki ryzyka należy sklasyfikować (pogrupować w kategorie); umożliwia to utworzenie list kontrolnych, rejestrów ryzyka i baz danych dla potrzeb przyszłych projektów.
- Skutki ryzyka – należy ocenić potencjalne konsekwencje dla projektu w przypadku materializacji danego czynnika ryzyka (tabela 1.2).
- Prawdopodobieństwo ryzyka – należy ocenić prawdopodobieństwo materializacji danego czynnika ryzyka (tabela 1.2).
- Bliskość ryzyka – okres czasu, w którym można spodziewać się materializacji danego czynnika ryzyka (na przykład, ryzyko może być krótko-, średnio- lub długoterminowe).
- Dotkliwość ryzyka – miara istotności ryzyka, bazująca na ocenie potencjalnych skutków materializacji danego czynnika ryzyka i prawdopodobieństwa jego materializacji. Najczęściej, jest to iloczyn oceny skutków i oceny prawdopodobieństwa materializacji danego czynnika ryzyka, umożliwiający określenie jego wagi (wskaźnika dotkliwości) w skali punktowej.
- Narażenie na ryzyko – jakościowa interpretacja oceny dotkliwości ryzyka dla celów projektu, lub organizacji realizującej projekt (rys.1.3). Ocena narażenia na ryzyko jest wykorzystywana dla priorytetyzacji działań służących łagodzeniu ryzyka.

- Łagodzenie ryzyka – opracowane i wdrożenie działań, eliminujących lub redukujących skutki i/lub prawdopodobieństwo materializacji danego czynnika ryzyka.



Rys. 1.3. Wykres procesu oceny ryzyka

2) *Ilościowa ocena 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.

Tabela 1.2. Prawdopodobieństwo i skutki ryzyka (Guerra & Teixeira)

		DEFINICJA		
KWALIFIKACJA	OPIS	PRAWDOPODOBIEŃSTWO		
5	Niemal pewne	Prawdopodobieństwo wystąpienia powyżej 80%. Jest niemal pewne lub bardzo prawdopodobne, że ryzyko wystąpi. Ocenia się, że wystąpi co najmniej raz w trakcie cyklu życia projektu. Występuje kilkakrotnie w przypadku podobnych projektów.		
4	Wysoce prawdopodobne	Prawdopodobieństwo wystąpienia od 50% do 80%. Prawdopodobnie wystąpi raz w ciągu cyklu życia projektu. Duże prawdopodobieństwo wystąpienia w podobnych projektach.		
3	Prawdopodobne	Prawdopodobieństwo wystąpienia od 10% do 50%. Może wystąpić raz w czasie cyklu życia projektu.		
2	Mало prawdopodobne	Prawdopodobieństwo wystąpienia od 1% do 10%. Rzadko występuje w trakcie cyklu życia projektu		
1	Niskie prawdopodobieństwo	Prawdopodobieństwo wystąpienia poniżej 1%. Niskie prawdopodobieństwo wystąpienia w trakcie cyklu życia projektu		
		PRAWDOPODOBIEŃSTWO		
KWALIFIKACJA	OPIS	KOSZT	HARMONOGRAM	REPUTACJA
5	Bardzo istotny	Wzrost budżetu o ponad 30% Strata pieniędzy	Opóźnienie kluczowego etapu realizacji	Negatywny wizerunek w mediach krajowych / międzynarodowych Interwencja rządu Duży niepokój opinii publicznej
4	Istotny	Wzrost budżetu o 20-30% Strata produkcji	Opóźnienie o kilka miesięcy	Negatywny wizerunek w mediach krajowych Interwencja rządu Oświadczenie administracji
3	Umiarkowany	Wzrost budżetu o 10-20% Strata produkcji	Opóźnienie o 3 do 7 miesięcy	Negatywny wizerunek w mediach regionalnych Oświadczenie zarządu
2	Niewielki	Wzrost budżetu o 5-10% Strata produkcji	Opóźnienie o kilka miesięcy	Negatywny wizerunek w mediach regionalnych Raport do zarządu
1	Niski	Niewielki wzrost	Opóźnienie marginalne	Nie przyciąga uwagi mediów
		SKUTEK		

1.3.4 ŁAGODZENIE RYZYKA

Łagodzenie ryzyka (plan lub zarządzanie ryzykiem) nazywa się także planowaniem lub opracowaniem reakcji na ryzyko (Wytyczne PMBOK). Proces ten polega na identyfikacji sposobów zwiększania możliwości lub reagowania na zagrożenia, a także na przekładaniu sposobów ich łagodzenia na plany działania. W większości przypadków, całkowite wyeliminowanie danego ryzyka jest mało prawdopodobne, jakkolwiek istnieje możliwość zredukowania go do dopuszczalnego poziomu. Niski i bardzo niski poziom ryzyka jest na ogół dopuszczalny, jakkolwiek wymaga ciągłego monitorowania; inne ryzyka należy natomiast uwzględnić w planie zarządzania.

Organizacje w rodzaju firm budowlanych powinny dążyć do eliminacji ryzyka związanych z projektami, w szczególności tymi, które charakteryzuje najwyższa istotność, aby uniknąć skutków zagrożeń. Nawet, jeśli skutki te nie są spektakularne (np. poważne zdarzenia), firmy dążą na ogół do ograniczenia ryzyka swojej działalności, ponieważ ich materializacja może skutkować złą prasą, co z kolei wpływa negatywnie na wiarygodność firmy i prowadzi do utraty projektów w przyszłości.

Strategię łagodzenia ryzyka powinny wspierać odpowiednie plany („listy zadań”), opracowane we wczesnej fazie projektu, aby zapewnić jego płynną realizację. Najnowsze strategie łagodzenia ryzyka to (Akintoye i in., 2003):

- Eliminacja ryzyka – przy pomocy takich środków, jak częściowe lub pełne przeprojektowanie, zmiana strategii lub metody (zmiana projektu w celu uniknięcia ryzyka); ryzyko może zostać całkowicie wyeliminowane, co jednak może pociągać za sobą konieczność zastosowania dość drastycznych, a zarazem bardzo kosztownych metod.
- Redukcja ryzyka – zredukowanie niepewności poprzez uzyskanie większej ilości informacji; z reguły prowadzi to do ponownej oceny prawdopodobieństwa lub wpływu.
- Przeniesienie ryzyka – przeniesienie elementu ryzyka poprzez zlecenie objętych nim robót w celu jego optymalnego przypisania stronie, która będzie w stanie zarządzać nim w sposób optymalny i niedrogi; metoda ta nie oznacza wyeliminowania ryzyka, ale jedynie przeniesienie odpowiedzialności.
- Akceptacja ryzyka – przejęcie (całkowite lub częściowe) tych czynników ryzyka, które nie zostały wyeliminowane lub przeniesione.

- Ubezpieczenie – ryzyko można zminimalizować dzięki umowom ubezpieczeniowym. Jest to tylko jeden z mechanizmów zarządzania ryzykiem projektu i jego przenoszeniem (dla wielu uczestników projektu, koncepcja zarządzania ryzykiem jest mniej więcej tożsama z ubezpieczeniem, co jednak jest błędem, ponieważ tylko niektóre z czynników ryzyka projektu podlegają ubezpieczeniu na wypadek ich materializacji).

Najskuteczniejszymi mechanizmami redukcji/ unikania ryzyka są odpowiednie planowanie poprzedzające budowę, korzystanie ze sprawdzonych metod i środków budowlanych, wykorzystanie doświadczonego personelu i zastosowanie restrykcyjnych programów bezpieczeństwa.

Każda z kategorii ryzyka posiada własne sposoby ich łagodzenia; dla każdej z nich zdefiniowano określoną strategię w tym zakresie. Działania podejmowane w celu złagodzenia ryzyka powinny być udokumentowane w rejestrze ryzyka i okresowo weryfikowane. Podstawowe wyniki procesu łagodzenia ryzyka to działania, które należy podjąć w celu ograniczenia prawdopodobieństwa wystąpienia i/lub wpływu każdego ze zidentyfikowanych ryzyka oraz opracowanie planu awaryjnego, umożliwiającego zarządzanie pozostałymi ryzykami. W przypadku jednak, gdy po wykorzystaniu wszystkich sposobów złagodzenia ryzyka pozostaje ono na niedopuszczalnym poziomie, najlepszą strategią wydaje się być rezygnacja z realizacji projektu.

1.3.5 MONITOROWANIE I WERYFIKACJA

Monitorowanie i weryfikacja ryzyka to proces wdrażania strategii łagodzenia ryzyka (plany reagowania na ryzyko), śledzenia i weryfikacji ryzyka już zidentyfikowanych, monitorowania ryzyka pozostałych i identyfikowania ewentualnych nowych czynników ryzyka. Ponadto, etap ten musi umożliwiać identyfikację zdarzeń, które mogą wywołać zagrożenia zidentyfikowane wcześniej oraz realizację tych samych etapów, co poprzednio, w odniesieniu do nowo zidentyfikowanych czynników ryzyka (takich, które nie zostały wcześniej zidentyfikowane lub które dopiero powstały). Ponadto, jako, że ryzyko jest podatne na zmiany w trakcie realizacji projektu, wystąpienie roszczeń jest niemal nieuchronne. Dlatego ogromnie istotne jest regularne monitorowanie i weryfikowanie ryzyka (Leidel & Alfen, 2009).

Wymienione wyżej działania powinny być realizowane przez cały cykl życia projektu, aby zapewnić równomierne zarządzanie czynnikami ryzyka. Osoby odpowiedzialne muszą monitorować działania i procesy, co pozwoli na określenie

dokładności założeń planowania i skuteczności metod zarządzania ryzykiem. Metody te mogą obejmować:

- Politykę audytów i zarządzania zgodnością ze standardami w celu identyfikacji możliwości poprawy;
- Audytowanie ryzyka;
- Ponowną ocenę ryzyka;
- Zebrania w celu składania sprawozdań o postępach.

Proces monitorowania powinien zapewnić odpowiednie środki kontroli oraz zrozumienie i przestrzeganie procedur. Rezultatem jest aktualny plan zarządzania ryzykiem, obejmujący identyfikację, pomiar i zarządzanie nowymi czynnikami ryzyka.

1.3.6 INTERAKCJE POMIĘDZY ETAPAMI ZARZĄDZANIA RYZYKIEM

Wszystkie etapy procesu zarządzania ryzykiem są ze sobą wzajemnie powiązane. Dlatego też zarządzanie ryzykiem powinno być traktowane jako powtarzający się proces, a nie jako odrębne fazy identyfikacji, oceny, łagodzenia i kontroli (Akintoye i in. 2003). Każdy proces może wymagać działania jednej lub wielu jednostek bądź grup zgodnie z potrzebami projektu i na ogół występuje jednokrotnie w każdej fazie projektu. Powtarzalność procesu zarządzania ryzykiem trwa do chwili osiągnięcia zadowalającego wyniku.

Skuteczność zarządzania ryzykiem jest uzależniona od jakości komunikacji i konsultacji z interesariuszami, co zapewnia dobre zrozumienie i uwzględnienie interesów związanych z projektem. Proces ten może przynieść różnorodne efekty. Należą do nich między innymi:

- Analiza dotkliwości poszczególnych ryzyka
- Prawdopodobieństwo potencjalnego wpływu każdego ze zidentyfikowanych ryzyka
- Środki przeciwdziałania występowaniu ryzyka
- Decyzje o alokacji ryzyka (komu ryzyko jest przypisane lub z kim jest współdzielone)
- Ryzyka podlegające ubezpieczeniu
- Potencjalny koszt wystąpienia ryzyka
- Plany i strategie łagodzenia ryzyka
- Istotne postanowienia umowne, podlegające uwzględnieniu w kontrakcie

Większość tych informacji można umieścić w matrycy ryzyka. W złożonych projektach, dokument ten ma duże znaczenie dla zespołu projektowego, umożliwia bowiem szeroki ogląd ryzyka, ułatwiając zarazem komunikację z kierownictwem wyższego szczebla w kwestii kluczowych czynników ryzyka (tabela 1.3)

Tabela 1.3. Schemat procesu zarządzania ryzykiem (przykład skrócony)

<p>Schemat</p>	<p>Etapy procesu</p>	<p>Dane wejściowe</p>	<p>Narzędzia i techniki</p>	<p>Dane wyjściowe</p>
	<p>1. Plan zarządzania ryzykiem 2. Opis projektu 3. Kosztorys 4. Harmonogram projektowania i budowy 5. Dokumentacja projektowa 6. Rejestr interesariuszy 7. Poprzednie listy kontrolne</p>	<p>1. Wszystkie informacje z etapu identyfikacji ryzyka 2. Potencjalne zdarzenia ryzykowne 3. Udokumentowane ich źródła</p>	<p>1. Analiza jakościowa ryzyka 2. Analiza ilościowa ryzyka 3. Wywiady i konsultacje z ekspertami 4. Analiza list kontrolnych 5. Techniki przygotowania schematów</p>	<p>1. Lista ryzyka (wg źródeł i kategorii) 2. Zdarzenia ryzykowne 3. Dane dla innych procesów</p>
	<p>1. Wszystkie informacje z poprzednich etapów 2. Plan zarządzania ryzykiem 3. Rejestr wyników 4. Dane ryzyka</p>	<p>1. Eliminacja ryzyka 2. Redukcja ryzyka 3. Przeniesienie ryzyka 4. Zatrzymanie ryzyka 5. Ubezpieczenia</p>	<p>1. Audyty zgodności z polityką i procedurami 2. Audyt ryzyka 3. Ponowna ocena ryzyka 4. Sprawozdania z postępów</p>	<p>1. Status łagodzenia ryzyka 2. Nowe ryzyka zidentyfikowane 3. Plan zarządzania ryzykami (aktualizowany)</p>

(*) jeśli ryzyko jest dopuszczalne, podlega monitorowaniu i weryfikacji (nie uwzględnia się etapu łagodzenia ryzyka) - w przeciwnym razie wymaga złagodzenia, a następnie kontroli i weryfikacji

ROZDZIAŁ 2

PROJEKTY BUDOWLANE I ZAWIERANIE UMÓW (J. C. TEIXEIRA)

2.1 ZAKRES RZECZOWY PROJEKTÓW BUDOWLANYCH

Pod względem rodzajów obiektów realizowanych w ramach projektów (przedsięwzięć) budowlanych, można wyróżnić:

- **Budynki**, charakteryzujące się ogromnym zróżnicowaniem funkcji, skali i złożoności:
 - **Budynki mieszkalne** takie, jak domy wolnostojące jednorodzinne i wielorodzinne. Znaczna liczba firm budowlanych dąży do uzyskania kontraktów na budynki mieszkalne, ponieważ stosowane obecnie procesy budowlane w tej dziedzinie charakteryzują się uporządkowaną i stosunkowo typową metodologią działania. Rynek budownictwa mieszkaniowego jest uzależniony od popytu i charakteryzuje go wysoki poziom konkurencyjności, potencjalnego ryzyka, jak również zysku.
 - **Budynki użyteczności publicznej i komercyjne** to kategoria obejmująca niezwykle różnorodne projekty, w tym szpitale i uczelnie wyższe, obiekty sportowe, centra handlowe, biurowce – drapacze chmur, hotele itd. W tym przypadku, projektowaniem zajmują się wyspecjalizowani w tej dziedzinie architekci i inżynierowie. Na rynku działa niewielu konkurentów w porównaniu z branżą budownictwa

mieszkaniowego ze względu na wysoki poziom wyspecjalizowania oraz dużą wartość projektów.

- **Budowle**, w tym przede wszystkim:
 - **Obiekty przemysłowe:** stanowią z reguły własność dużych korporacji przemysłowych, działających w branży produkcyjnej, energetycznej, medycznej czy paliwowej. Tego rodzaju projekty charakteryzuje ogromna skala i wysoki stopień złożoności technologicznej. Podlegają one również istotnemu wpływowi instytucji zajmujących się ochroną środowiska oraz innych agencji sektorowych. Ze względu na swą skalę, projekty te wymagają wysokiego wyspecjalizowania personelu zarówno na etapach planowania i projektowania, jak i budowy oraz utrzymania.
 - **Obiekty infrastrukturalne.** Przedsięwzięcia w tym zakresie obejmują budowę, przebudowę i renowację dróg, autostrad, ulic, a także wodociągów i kanalizacji, oczyszczalni ścieków, budowli przeciwpowodziowych itd.
- **Obiekty małej architektury**, stanowiące urządzenie terenu inwestycji budowlanej.

Warto zauważyć, że ze względu na konieczność przestrzegania zasad zrównoważonego rozwoju, wszelkie rozwiązania należy odpowiednio przeanalizować przed wyborem najlepszego z nich w obliczu określonego problemu. Zarówno z perspektywy zrównoważonego rozwoju, jak i ekonomii, budowa nowego obiektu zamiast adaptacji i remontu istniejącego może okazać się najgorszym rozwiązaniem. Ponadto, wynajem istniejącego obiektu może być lepszym wyjściem z sytuacji, niż budowa nowego budynku.

Bez względu na wybór dokonany przez klienta, każda budowa jest złożonym przedsięwzięciem (na przykład, projekt remontu może okazać się daleko bardziej złożony, niż budowa nowego obiektu). Większość klientów (szczególnie ci, którzy mają mniejsze doświadczenie w tej dziedzinie) potrzebuje wsparcia w prawidłowej realizacji projektu budowlanego, ponieważ borykają się z naturalnymi trudnościami, związanymi ze zdefiniowaniem jego zakresu, ustaleniem budżetu i harmonogramu, przewidywaniem problemów itd. Z wyjątkiem projektów o bardzo małej skali, klienci potrzebują doradcy, który byłby członkiem ich wewnętrznego zespołu, odpowiedzialnym za rozwiązywanie problemów związanych z opracowaniem projektu oraz zapewniającym profesjonalne wsparcie w zakresie aspektów zewnętrznych dla projektu (podatkowe i prawne, badania rynkowe itd.). Doradca powinien w pełni rozumieć cele klienta oraz jego wymogi i odnosić się do struktury projektu zewnętrznej w stosunku do zespołu klienta (np. kierownika projektu, lidera zespołu projektowego), nie powinien natomiast uczestniczyć w

samej realizacji projektu, aby uniknąć konfliktu interesów (Chartered Institute of Building, 2002).

2.2 ZAMÓWIENIA I KONTRAKTY BUDOWLANE

Zamówienia i kontrakty budowlane odgrywają kluczową rolę w procesie budowy. Obecnie istnieje szereg metod realizowania zamówień i zawierania kontraktów na profesjonalne usługi i roboty budowlane. Metody są dość zróżnicowane, można jednak zaklasyfikować je do trzech podstawowych kategorii:

- Zamówienia tradycyjne, czyli projekt – przetarg - realizacja
- Projekt i budowa
- Opłata za zarządzanie

Wszystkie metody zakładają, że klient zatrudnia, bezpośrednio lub pośrednio, usługodawców zajmujących się projektowaniem i świadczeniem innych profesjonalnych usług, takich, jak budowa, dostawa materiałów, a także szereg usług budowlanych w ramach kolejnych etapów realizacji procesu budowy. Bardzo istotne jest, aby klient rozważył mocne i słabe punkty każdej z metod przed wybraniem najkorzystniejszej z nich. Ocena taka obejmuje następujące aspekty:

- Poziom zaangażowania każdego z uczestników projektu (np. jakie role w procesie budowlanym odegrają klient, projektant, wykonawca?)
- Złożoność projektu
- Ramy czasowe projektowania i budowy
- Ograniczenia budżetowe
- Poziom wyspecjalizowania personelu własnego klienta
- Metoda finansowania projektu
- Poziom ryzyka, jakie klient jest skłonny ponieść w ramach projektu.

W świetle powyższego, ocena ryzyka stanowi istotny element sposobu rozumowania klienta, ponieważ różnorodne metody realizacji zamówień i zawierania umów są związane z poszczególnymi modelami współdzielenia ryzyka przez klienta i innych uczestników projektu. Wielu klientów nie dokonuje regularnych zakupów robót budowlanych, dlatego też szukają oni rozwiązań zgodnych z ich interesami i potrzebami, przy jednoczesnym założeniu ograniczenia

kosztów. Typowy klient ma podejście konserwatywne, dlatego też uznaniem cieszy się metoda tradycyjna.

Bez względu na powyższe, niektóre metody mogą nie nadawać się do realizacji projektów określonego typu przez określonych klientów; dokonanie odpowiedniego wyboru ma kluczowe znaczenie dla pomyślnej realizacji projektu. Zrozumienie celów projektu, jak również zdefiniowanie ról określonych interesariuszy (alokacja ryzyka i zobowiązań) to kwestie wymagające odpowiedniego zarządzania dla realizacji celów (w zakresie czasu, kosztów, jakości itd.) oraz uniknięcia roszczeń, sporów, dodatkowych kosztów, opóźnień itd. (AbouRizk, 2003).

Projekt, który nie zaspokaja potrzeb klienta (w zakresie jakości, funkcjonalności i wydajności) lub powoduje przekroczenie terminów i budżetów narzuconych przez klienta może wywrzeć negatywny wpływ na jego działalność. Strategia zamówień przyjęta przez klienta może przyczynić się do realizacji celów projektu. Jednakże zastosowanie metody skoncentrowanej wyłącznie na jednym czynniku ryzyka (np. na kosztach) może z kolei wywrzeć negatywny wpływ na pozostałe, powodując poważne problemy z punktu widzenia klienta. Dlatego też metodologia zamówień i zawierania umów powinna odpowiednio równoważyć ryzyka związane z poszczególnymi celami projektu; decyzję w tym zakresie należy podjąć na wczesnym etapie jego realizacji. Innymi słowy, proces składania zamówienia i zawierania kontraktów pozwala każdej ze stron prowadzić negocjacje, definiować i ograniczać prawa pozostałych (oraz ryzyka) z perspektywy zaplanowanych celów.

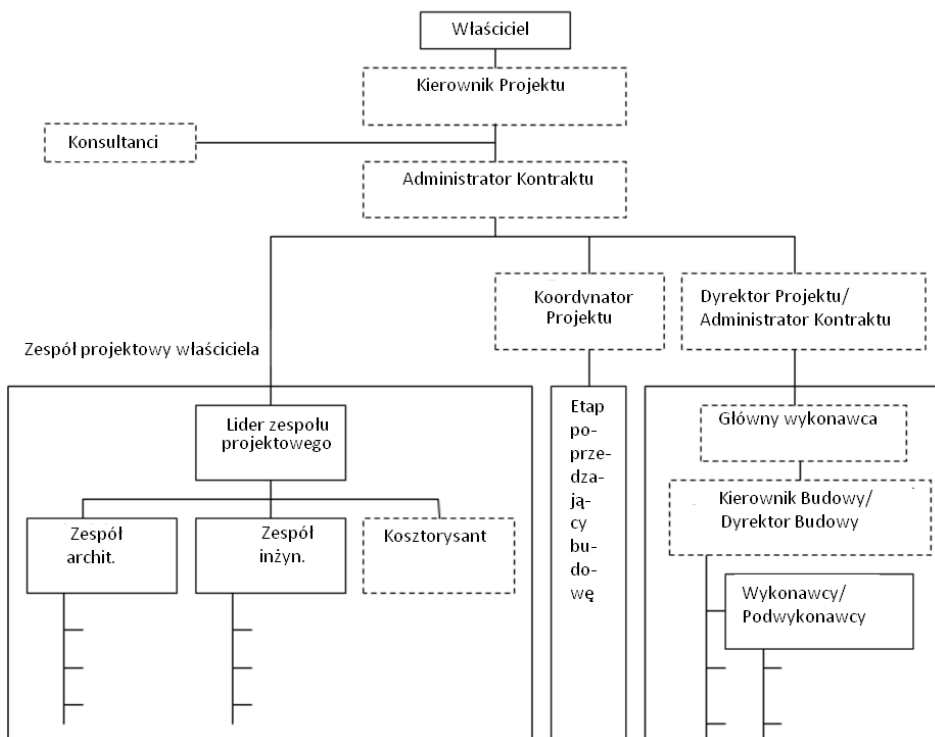
Aby wybrać odpowiedni model zamówienia, klient może zasięgnąć porady kierownika projektu, zespołu projektowego, wykonawców lub firm budowlanych, aby określić mocne i słabe punkty każdej z rozważanych strategii.

2.2.1 PODEJŚCIE TRADYCYJNE

Podejście tradycyjne (znane także jako metoda Projekt – Przetarg – Realizacja) bazuje na oddzielnych procesach zawierania umów na zaprojektowanie obiektu i na budowę obiektu. Podejście to polega na sporządzeniu dokumentacji wyszczególniającej wymagania klienta co do wyników procesu budowy, realizacji procesu przetargowego dla wyboru wykonawcy robót, przyznaniu kontraktu oraz na realizacji objętych nim robót.

Podjęcie tradycyjne oznacza konieczność zawarcia co najmniej dwóch oddzielnych kontraktów – jednego pomiędzy klientem a zespołem projektowym, a drugiego – pomiędzy klientem a wykonawcą robót budowlanych. Ta uproszczona struktura organizacyjna przedsięwzięcia ewoluowała w ostatnich dziesięcioleciach ze względu na stale rosnącą złożoność projektów oraz powiązań pomiędzy członkami zespołu projektowego. Co za tym idzie, ponieważ klienci odczuwali potrzebę lepszego uzasadnienia swoich decyzji w złożonym środowisku projektowym, podejście tradycyjne obejmuje dziś dodatkowe podmioty poza klientem (właścicielem przedsięwzięcia), zespołem projektowym i wykonawcą. Są to (rys. 2.1):

- Kierownik projektu zarządzający całym procesem;
- Administrator kontraktu, monitorujący i kontrolujący kontrakty pomiędzy stronami zaangażowanymi w realizację poszczególnych faz;
- Koordynator projektu, zajmujący się fazą poprzedzającą budowę;
- Dyrektor projektu, zajmujący się stosunkami umownymi pomiędzy podwykonawcami, niezależnymi specjalistami oraz ekspertami działającymi na rzecz właściciela (zadania te może realizować także administrator kontraktu).



Rys. 2.1. Struktura organizacyjna przedsięwzięcia budowlanego przy oddzielnym zamawianiu prac projektowych i robót budowlanych

Główną cechą modelu tradycyjnego jest oddzielenie zamówienia na opracowanie dokumentacji projektowej od zamówienia na wykonanie robót budowlanych. Często zdarza się, że zespół projektowy ponosi odpowiedzialność za przygotowanie:

- Dokumentacji technicznej inwestycji (projekt wstępny, projekt podstawowy, projekt wykonawczy), sporządzonej na podstawie założeń programowych przygotowanych przez klienta,
- Dokumentów wymaganych w celu uzyskania odpowiednich opinii i pozwoleń,
- Dokumentów niezbędnych dla uzyskania ofert i wyboru wykonawcy robót budowlanych.

Jednakże, właścicielem całej dokumentacji inwestycji pozostaje klient, co czyni go odpowiedzialnym za przekazanie wykonawcy dokumentów niezbędnych dla wykonania robót budowlanych. Klient ponosi również odpowiedzialność za jakość przekazanej dokumentacji technicznej, w tym za błędy projektowe, niejasności, nieodpowiednie rozwiązania projektowe, nieadekwatny przedmiar itd. Oznacza to, że w podejściu tradycyjnym, wykonawca bierze na siebie odpowiedzialność za wykonanie robót zgodnie z dokumentacją techniczną, natomiast ryzyko związane z nieodpowiednią jakością tej dokumentacji spoczywa na kliencie.

Zobowiązanie wybranej firmy budowlanej do realizacji robót (wdrożenia rozwiązań projektowych dostarczonych przez klienta) obejmuje na ogół:

- Opracowanie programu robót zgodnie z projektem;
- Przygotowanie i zarządzanie placem budowy;
- Realizację prac w terminie i za kwotę (cenę), uzgodnioną z klientem w umowie.

Wykonawcy ponoszą na ogół odpowiedzialność za robociznę, personel techniczny, materiały i sprzęt do wykonania robót zgodnie z projektem, dostarczonym przez klienta. Klient może jednakże dostarczyć wyposażenie inwestycji, w szczególności instalacje podlegające montażowi w budynku (np. zaawansowane systemy chłodnicze), które podlegają w takim wypadku wyłączeniu z zakresu odpowiedzialności wykonawcy.

Podejście tradycyjne wybiera wielu klientów, z następujących powodów:

- Po pierwsze dlatego, że klient jest w stanie zachować kontrolę nad całym procesem poprzez dobór wszystkich uczestników projektu (klient może korzystać ze wsparcia konsultantów – specjalistów różnego rodzaju, co ilustruje rys. 2.2).

- Po drugie, klient może brać bezpośredni udział w fazie projektowania oraz w podejmowaniu decyzji w fazie realizacji i kontrolować interakcje pomiędzy zespołem projektowym a wykonawcą, nadzorując zarazem działania projektowe (jakkolwiek działa za pośrednictwem konsultantów – specjalistów).
- Po trzecie, w przypadku niewielkich projektów, metoda tradycyjna może sprawdzić się lepiej od innych, ponieważ cały proces jest prostszy (odpowiedzialność uczestników projektu jest jasno zdefiniowana). To samo może jednak dotyczyć projektów złożonych technicznie, ponieważ podejście tradycyjne ułatwia pakietyzację (rozłożenie na elementy) robót prowadzonych na dużą skalę.
- Po czwarte, podejście tradycyjne zapewnia odpowiedni czas na wykonanie prac projektowych, co może przełożyć się na precyzyjne opracowanie specyfikacji warunków technicznych dla poszczególnych robót, umożliwiając zachowanie niskiego poziomu ryzyka.
- Wreszcie, metoda tradycyjna wydaje się wiązać z niskim ryzykiem dla klientów niedoświadczonych. Tym samym, jest idealnym rozwiązaniem dla tych klientów, którzy chcą zminimalizować ryzyko przekroczenia limitu kosztów, ryzyko przekroczenia limitu czasu czy też ryzyko błędów projektowych (Gokhale, 2005).

W większości krajów europejskich nie jest wymagane przez przepisy prawa zlecenie realizacji danej fazy projektu pojedynczemu wykonawcy. Co za tym idzie, istnieje możliwość zatrudnienia więcej niż jednego zespołu projektowego (np. architekt i zespoły inżynierskie lub niezależni specjaliści, zatrudnieni przez klienta, biorą udział w projektowaniu) i więcej niż jednego wykonawcy budowlanego (inaczej niż w przypadku modelu generalnego wykonawcy). Ponadto, każdy z zatrudnionych podmiotów może zawierać dalsze kontrakty z kolejnymi firmami i usługodawcami. Mogą tu pojawić się ograniczenia, wynikające z postanowień umownych lub przepisów prawa, na ogół w przypadku zamówień publicznych. Ponadto, jakkolwiek niektóre prace zleca się specjalistycznym firmom lub niezależnym specjalistom, to generalny wykonawca ponosi odpowiedzialność w stosunku do klienta za działania realizowane przez każdego z podwykonawców.

Istnieje szereg procedur przetargowych, stosowanych w podejściu tradycyjnym. Klienci prywatni mogą skorzystać z procedury przetargowej, która w największym stopniu odpowiada ich wymogom, począwszy od przetargów otwartych po zaproszenia; klienci publiczni muszą działać zgodnie z formularzami zamówień publicznych. W większości przypadków, procedura przetargowa polega na procesie złożenia i rozpatrzenia ofert. Wykorzystanie systemu ofertowego zwiększa konkurencję w zakresie kosztów i harmonogramu projektu, umożliwiając

zespołowi projektowemu i wykonawcy zwiększenie efektywności i jakości projektu na rzecz klienta. Na ogół wybiera się ofertę wykonawcy, który podał najniższą cenę, spełniając zarazem wymagania zawarte w dokumentacji przetargowej.

W świetle powyższego, można stwierdzić, że z podejściem tradycyjnym wiąże się następujące ryzyko:

- Wydłużenie procesu inwestycyjnego, ponieważ każda poprzednia faza przedsięwzięcia musi zostać ukończona przed rozpoczęciem kolejnej fazy;
- Antagonizm pomiędzy uczestnikami przedsięwzięcia (przede wszystkim, pomiędzy projektantami i wykonawcami robót);
- Nieprawidłowe lub niepraktyczne rozwiązania projektowe (np. wymagające użycia nieodpowiednich materiałów lub realizacji robót niebezpiecznych) z powodu braku korzystania z opinii wykonawców budowlanych podczas ustalania rozwiązań materiałowo – konstrukcyjnych projektowanych obiektów;
- Nieodpowiednia jakość dokumentacji przetargowej;
- Różnorodne roszczenia pod adresem klienta (w tym roszczenia wykonawcy, w szczególności w przypadku zastosowania kryterium najniższej ceny);
- Słaba innowacyjność rozwiązań materiałowo – konstrukcyjnych projektowanych obiektów ze względu na to, że dokumentacja techniczna jest przekazywana wykonawcom dopiero po jej kompletnym opracowaniu i uzyskaniu pozwolenia na budowę;
- Niechęć projektantów do przyjęcia alternatywnych rozwiązań, sugerowanych przez wykonawcę (które mogą okazać się tańsze, szybsze lub łatwiejsze we wdrożeniu);
- Zmiany w projekcie (np. z powodu błędów), powodujące zwiększenie kosztów lub wydłużenie terminów wykonania robót;
- Spory z wykonawcą, dotyczące oceny jakości i terminowości wykonania robót.

2.2.2 PROJEKT I BUDOWA

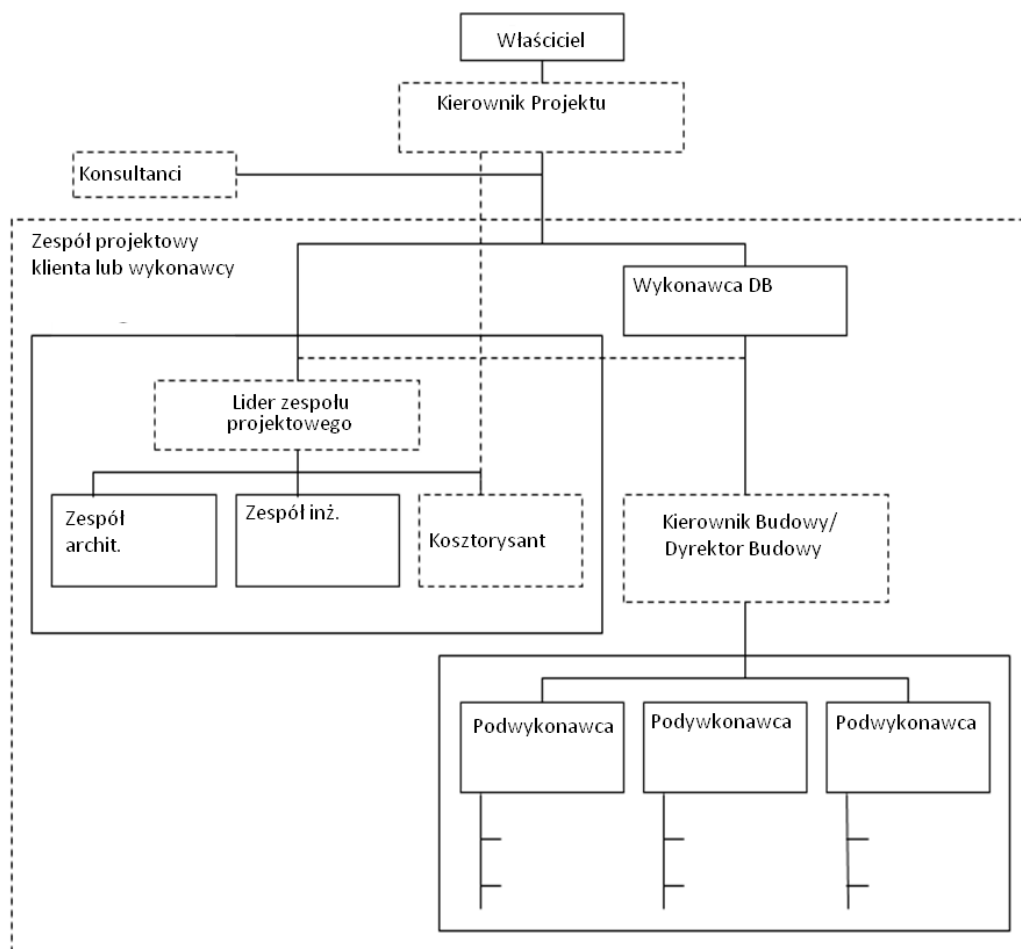
Wady podejścia tradycyjnego, spowodowane rozdzieleniem odpowiedzialności za projekt i za budowę, są przyczynami przechodzenia do rozwiązań alternatywnych w zakresie organizacji zamówień na wykonanie obiektów budowlanych. W ciągu ostatnich dziesięcioleci wzrosła popularność modelu Projekt i Budowa (Design & Build – DB), zarówno wśród klientów prywatnych, jak i instytucjonalnych. DB to

umowa, na podstawie której wykonawca oferuje zaprojektowanie i kompletną realizację obiektu „pod klucz”. Zespół projektowo-wykonawczy powstaje niejednokrotnie na bazie porozumienia konsorcjum pomiędzy generalnym wykonawcą robót (z reguły pełniącego w tym konsorcjum rolę nadrzędną) i specjalistycznego biura projektów.

W swej formie podstawowej, podejście DB wymaga zawarcia jednego kontraktu pomiędzy klientem i wykonawcą, który przyjmuje odpowiedzialność za zaprojektowanie i budowę obiektu oraz za zarządzanie całą fazą realizacji inwestycji. Na ogół jednak klient odczuwa potrzebę uzyskania wsparcia technicznego w realizacji projektu. Dlatego też wyznacza się również kierownika projektu i kilku konsultantów spoza organizacji wykonawcy. Ponadto, klient może także chcieć zachować możliwość wpływania na projekt. Dlatego też istnieje możliwość powołania oddzielnego zespołu projektowego, który – jeszcze przed uruchomieniem procedury DB – sporządza wstępną koncepcję programowo – przestrzenną inwestycji z bezpośrednim udziałem klienta. Klient może także życzyć sobie, aby ten zespół projektowy (lub jego lider) brał następnie udział w opracowaniu dokumentacji wykonawczej wraz z zespołem projektowym, zatrudnionym przez wykonawcę. Jeśli klient nie zatrudni kierownika projektu, istnieje możliwość powołania kosztorysanta, który będzie wspomagał klienta w procesie analizy i oceny ofert na zaprojektowanie i wykonanie obiektu, doradzając klientowi przy podejmowaniu decyzji o wyborze oferty najkorzystniejszej ze względu na koszt, termin i jakość realizacji przedsięwzięcia (rys. 2.2).

Pierwszym etapem realizacji przedsięwzięcia w podejściu Projekt i Realizacja jest wyznaczenie kierownika projektu. Decyzję podejmuje klient, który może również sprawować ta funkcję samodzielnie. Pierwszym zadaniem kierownika projektu jest sporządzenie założeń projektowych. Dokument ten definiuje wymagania funkcjonalne i techniczne, które musi spełniać wykonany obiekt i które muszą być uwzględnione w dokumentacji technicznej. Dodatkowo, kierownik projektu przygotowuje dokument opisujący zakres prac do wykonania przez zleceniobiorcę zamówienia na realizację kontraktu DB oraz obowiązki nałożone na zespół wykonawcy tego kontraktu. Oba dokumenty mają znaczenie kluczowe dla uniknięcia sporów.

W kontrakcie DB, klient może wymagać od zleceniobiorcy zagwarantowania kosztu i czasu kompletnej realizacji zamówienia. Taka gwarancja jest jednak uzależniona od braku istotnych zmian, wprowadzonych następnie przez klienta.



Rys. 2.2. Struktura organizacyjna przedsięwzięcia budowlanego przy kompleksowym zamawianiu prac projektowych i robót budowlanych (podejście Projekt i Budowa)

Drugim etapem jest procedura alokacji zamówienia i zawarcia kontraktu. Wykonawcę wybiera się na podstawie konkursu ofert lub negocjacji (w przypadku zamówień publicznych, istnieją jednak określone ograniczenia dla odstępstw od procedury konkursowej). Każdy z wykonawców zaproszonych do udziału w konkursie ofert jest starannie wybrany ze względu na swą wiarygodność finansową oraz merytoryczną (zdolności projektowe i zarządcze). Wykonawca ponosi odpowiedzialność za sporządzenie i zatwierdzenie dokumentacji wykonawczej przez konsultantów klienta, jak również przez odpowiednie władze. Wykonawca może zrealizować zamówienie siłami własnymi, jak również korzystając z

podwykonawców, realizujących specjalistyczne prace projektowe i roboty budowlane.

Strategia DB jest atrakcyjna dla wielu klientów:

- Po pierwsze dlatego, że jest mniej ryzykowna ze względu na fakt, że ten sam podmiot ponosi odpowiedzialność za zaprojektowanie obiektu i za jego budowę, co minimalizuje możliwość wystąpienia roszczeń wykonawcy z powodu nieprawidłowości dokumentacji technicznej (w odróżnieniu od metody tradycyjnej); po sporządzeniu kontraktu, zespół DB ponosi odpowiedzialność za wszelkie kwestie projektowe i budowlane i musi rozwiązywać problemy bez obciążania klienta dodatkowymi kosztami.
- Po drugie, metoda ta jest szybsza w porównaniu z metodą tradycyjną, ponieważ umożliwia nakładanie się na siebie fazy projektowania i fazy wykonywania robót, co pozwala na szybsze ukończenie budowy przy jednoczesnej oszczędności kosztów
- Po trzecie, własne rozwiązania materiałowe, konstrukcyjne i technologiczne są dla wykonawcy znane i wiarygodne, dlatego w większym stopniu gwarantują dobrą jakość techniczną obiektu, niż rozwiązania dostarczane przez klienta,
- Po czwarte, ceny kontraktowe w większym stopniu przystają do końcowego kosztu realizacji projektu, niż w przypadku podejścia tradycyjnego,
- Wreszcie, DB prowadzi do oszczędności czasu i kosztów, ponieważ projekt opracowany przez wykonawcę ma większe szanse spełniać jego oczekiwania w zakresie organizacji i metod budowlanych (istnieje dobra możliwość pogodzenia koncepcji projektowych ze sztuką budowlaną).

Jednakże, klient podejmuje zobowiązania finansowe w zakresie projektu i budowy na dużo wcześniejszym etapie w porównaniu z podejściem tradycyjnym. Co więcej, ceny dla kontraktów DB są z reguły wyższe, niż w przypadku oddzielnej realizacji prac projektowych i budowlanych, ponieważ wykonawca pobiera premię za ryzyko związane ze zintegrowaniem tych obszarów.

W świetle powyższego należy uznać, że DB nie musi sprawdzić się w każdej sytuacji. Metoda ta nie jest właściwa w przypadku projektów, dla których nie istnieje możliwość podania dokładnej specyfikacji w założeniach lub które wymagają znacznego zakresu interwencji klienta w fazie przygotowania dokumentacji wykonawczej bądź też niosą za sobą znaczący potencjał ewentualnych modyfikacji. W rzeczywistości, ingerowanie w projekt po przyznaniu kontraktu może doprowadzić do znaczących strat, ponieważ może mieć

wpływ nie tylko na zespół projektowy, ale także na całą strukturę kosztów wykonawcy. Spowoduje to niewątpliwie wystąpienie roszczeń wykonawcy, które mogą okazać się dla klienta niezwykle kosztowne. Z drugiej strony, roszczenia klienta mogą być związane z następującymi zagadnieniami:

- Niska jakość projektu opracowanego przez wykonawcę lub niewłaściwe pełnienie funkcji opisanych w założeniach projektu;
- Obiekt zaprojektowany przez wykonawcę nie może zostać zrealizowany lub też nie ma możliwości jego wybudowania przy ustalonym budżecie.

W przypadku wystąpienia takich roszczeń, zespół DB ponosi odpowiedzialność za rozwiązanie problemów bez obciążania klienta kosztami.

Krótko mówiąc, kluczowe warunki dobrego kontraktu DB to:

- Właściwe określenie wymogów – DB traci znacząco na atrakcyjności, gdy zmiany zachodzą w trakcie trwania kontraktu.
- Zapewnienie dobrej komunikacji – właściciel i twórca projektu muszą zapewnić dobrą komunikację wewnętrzną oraz pomiędzy sobą w celu realizacji projektu.
- Utrzymywanie dobrych relacji – zapewnienie prawdziwie zespołowej pracy projektantów i wykonawców.
- Zaangażowanie – metoda Projekt i Realizacja nie polega na “umywaniu rąk”, wymaga nieustannego zaangażowania klienta - właściciela przedsięwzięcia.

2.2.3 SYSTEMY ZAMÓWIEŃ Z WYDZIELONĄ USŁUGĄ ZARZĄDZANIA PROJEKTEM

W przypadku tej metody alokacji zamówień, dokumentacja techniczna i roboty budowlane są zamawiane oddzielnie. Zasadniczo, klient zatrudnia konsultantów, którzy opracowują dokumentację techniczną, a także zespół wykonawców, którzy dokonują jej wdrożenia. Obowiązki kierownika fazy projektowej obejmują opracowanie programu robót, podział tych robót na odpowiednie pakiety, opracowanie dokumentacji przetargowej oraz wspieranie klienta w fazie realizacji przetargu. Kluczowe cechy metody bazującej na wydzieleniu usługi zarządzania projektem to:

- Wykonawca dba o wykonalność praktyczną w fazie projektowania;
- Wykonawca jest w większym stopniu ukierunkowany na klienta w porównaniu z metodą tradycyjną,

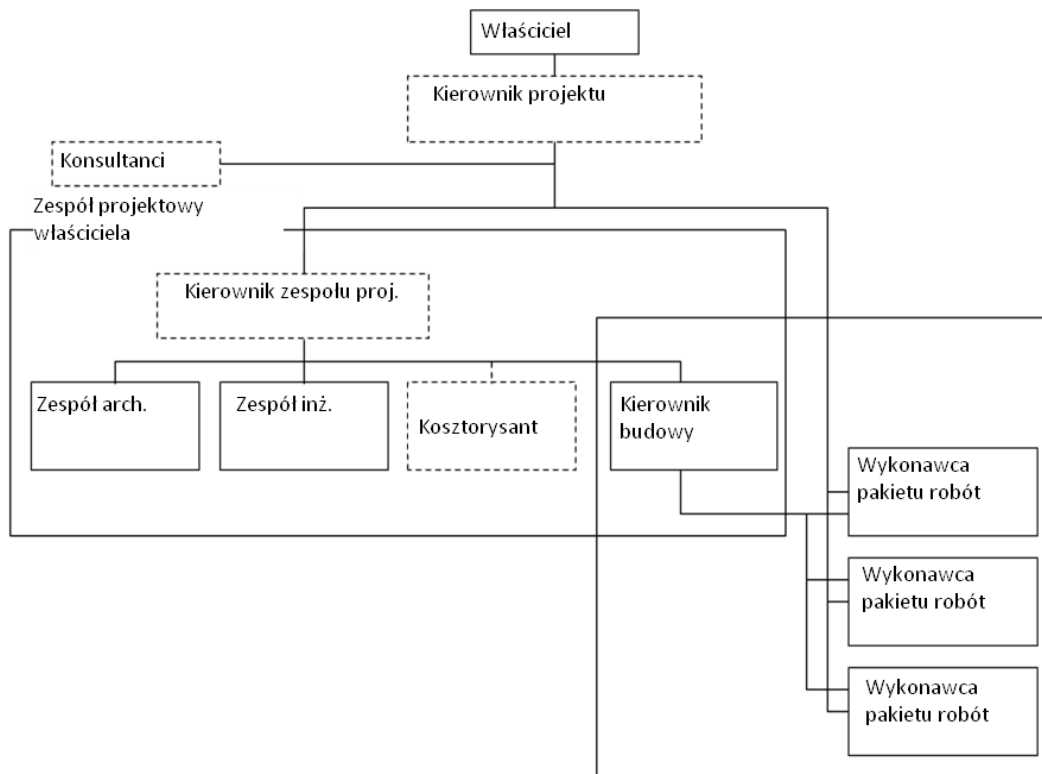
- Prace budowlane są realizowane przez wykonawców odpowiedzialnych za pakiety robót,
- Prace budowlane i projektowe niejednokrotnie nakładają się na siebie,
- Gwarancja niższej ceny (rola zarządcza głównego wykonawcy podlega przeniesieniu na zewnętrznego konsultanta)

Wydzielenie usługi zarządzania projektem (podlegającej odrębnej opłacie) sprawdza się w przypadku doświadczonych klientów, szybkiego tempa projektu i jego dużej złożoności. Nie nadaje się natomiast dla klientów, którzy nie mają doświadczenia, a także tych, którzy chcą przenieść większość ryzyka na wykonawcę. Metoda ta ma szereg wariantów; prawdopodobnie najbardziej znanymi są warianty znane jako Construction Management i Management Contracting.

1) Construction Management

Construction Management to metoda przyspieszonego kontraktowania robót budowlanych, umożliwiająca wczesne rozpoczynanie robót, tzn. jeszcze przed zaprojektowaniem dalszych pakietów robót. W tej metodzie zostaje wydzielona usługa związana z zarządzaniem działaniami, realizowanymi w fazie budowy obiektu. Klient zawiera umowę z zespołem projektowym na opracowanie dokumentacji technicznej i zatrudnia instytucjonalnego Kierownika Budowy – organizację, odpowiedzialną za przygotowanie i nadzorowanie wykonywania pakietów robót, obejmujących cały zakres prac budowlanych (rys. 2.3).

Kierownik Budowy nie ma powiązań umownych z zespołem projektowym, ale tylko z klientem, od którego otrzymuje zapłatę za wykonanie swojej pracy. Obowiązkiem Kierownika Budowy jest uczestniczenie w pracach zespołu projektowego oraz zarządzanie wykonawcami pakietu robót. Umowy o wykonanie robót są jednak zawierane bezpośrednio przez klienta i podwykonawców pakietów robót.



Rys. 2.3. Struktura organizacyjna przedsięwzięcia budowlanego z wydzieloną usługą zarządzania budową - Construction Management

Co za tym idzie, Kierownik Budowy nadzoruje i monitoruje cały proces realizacji inwestycji, od fazy projektowej po przetarg na budowę i samą budowę. Instytucjonalny Kierownik Budowy nie wykonuje żadnych prac budowlanych: działa jako doradca i przedstawiciel klienta w kontaktach z pozostałymi uczestnikami przedsięwzięcia. Zakres obowiązków i ryzyko Kierownika Budowy nie przewiduje jego odpowiedzialności za opóźnienia, przekroczenie kosztów czy złą jakość robót, o ile nie jest to spowodowane przez zaniedbania ze strony Kierownika Budowy. Dlatego, instytucjonalny Kierownik Budowy musi starannie zaplanować swoje działania w taki sposób, aby zapewnić ich ciągłość i jakość.

Construction Management sprawdza się w zmiennych środowiskach gospodarczych i przemysłowych, pozwalając na ograniczenie czasu i kosztów realizacji projektu. Wymaga stałego zaangażowania ze strony klienta, a co za tym idzie – jego doświadczenia. Z drugiej strony, klient ma możliwość ścisłego nadzorowania budżetu.

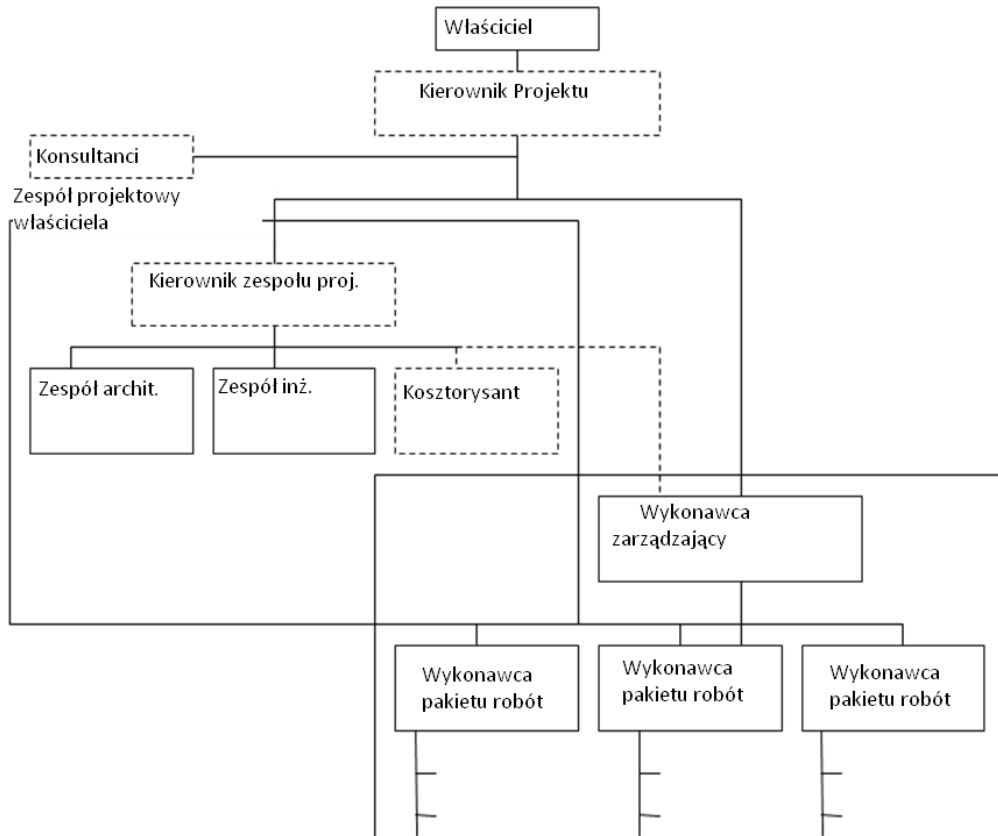
2) *Management Contracting*

Management Contracting bazuje na zawarciu przez klienta umowy z wykonawcą zarządzającym, który z kolei zawiera umowy z poszczególnymi wykonawcami pakietów robót. Jest to metoda szybka, która umożliwia nakładanie się na siebie prac projektowych i robót budowlanych oraz rozpoczęcie procesu budowy przed ukończeniem dokumentacji technicznej obiektu. Klient pokrywa koszt umów na roboty, jak również uiszcza opłatę za zarządzanie.

Podobnie, jak w przypadku Construction Management, wykonawca zarządzający nadzoruje (za opłatą) realizację obiektu, nie wykonując samodzielnie żadnych robót. Wykonawcę zarządzającego zatrudnia się we wczesnej fazie projektowania, aby doradzał klientowi co do wykonalności i planów, pomagał w opracowaniu pakietów robót dla potrzeb przetargów i w zarządzaniu robotami na placu budowy (rys. 2.4).

Natomiast, różnica w stosunku do modelu Construction Management polega na tym, że klient przyznaje cały kontrakt na roboty budowlane wykonawcy zarządzającemu, który podzleca wszystkie pakiety robót podwykonawcom w ramach procesu przetargowego opartego na konkursie. Wykonawca zarządzający realizuje ten proces niezależnie od klienta, pozostając jednakże pośrednikiem pomiędzy klientem a wykonawcami pakietów robót w trakcie budowy. Jednakże wykonawca zarządzający nie ma prawa przedłużyć terminu robót bez konsultacji z klientem (lub jego przedstawicielem – kierownikiem projektu), co do proponowanej decyzji, ani też potwierdzić ukończenia robót bez zgody klienta.

W trakcie fazy budowy, opracowuje się plan kosztów w celu ich nadzorowania (podlega on uzgodnieniu pomiędzy klientem a wykonawcą zarządzającym w chwili rozpoczęcia projektu), jakkolwiek faktyczny kosztorys opracowuje się dopiero po przyznaniu ostatniego kontraktu na pakiet robót – koszt końcowy jest więc znany dopiero po podzleceniu wszystkich pakietów robót.



Rys. 2.4. Struktura organizacyjna przedsięwzięcia budowlanego z wydzieloną usługą zarządzania budową - Management Contracting

2.2.4 PORÓWNANIE SYSTEMÓW ZAMÓWIEŃ

Wybranie odpowiedniego modelu zamówień ma znaczenie kluczowe dla wdrażania projektu. Modele zamówień różnią się od siebie pod względem zakresu obowiązków, kolejności działań, procesów i procedur, jak również organizacji realizacji projektu. Cechy poszczególnych modeli należy stosownie rozważyć przed wybraniem najlepszego. Tabela 2.1 przedstawia zestawienie najnowszych modeli, opisanych w poprzednich akapitach, uporządkowanych wg wybranych kryteriów.

Tabela 2.1. – Porównanie modeli zamówień (na podstawie CIOB, 2002)

	Metoda tradycyjna	Projekt i budowa	Construction Management	Management Contracting
Szybkie ukończenie (czas)	Niewystarczające	Doskonałe	Doskonałe	Doskonałe
Czas uzyskania gwarancji ceny	Umiarkowany	Wczesny	Późny	Późny
Gwarancja jakości	Umiarkowana	Umiarkowana	wysoka	Wysoka
Złożoność projektu	Niewystarczająca	Niewystarczająca	Doskonała	Doskonała
Zgodność ze stanem zaawansowania⁴	Doskonała	Doskonała	Doskonała	Doskonała
Odpowiedzialność	Umiarkowana	Ograniczona	Duża	Duża
Możliwość wprowadzania zmian	Duża	Niewielka	Duża	Duża
Strategia ryzyka	współdzielenie	alokacja	współdzielenie	zatrzymanie
Rekompensata strat⁵	Doskonała	Doskonała	Doskonała	Niewystarczająca
Wykonalność	Niewystarczająca	Doskonała	Doskonała	Doskonała
Monitorowanie jakości materiałów budowlanych i wykonawstwa	Umiarkowane	Umiarkowane	Umiarkowane	Doskonałe
Prawdopodobieństwo konfliktów	Wysokie	Umiarkowane	Umiarkowane	Niskie

W świetle powyższego można stwierdzić, że różne modele zamówień odzwierciedlają zasadnicze różnice pomiędzy strategiami ryzyka dla każdego z interesariuszy, co znajduje odbicie bezpośrednio w strategii zamówień, przyjętej na etapie przetargu. Z punktu widzenia zarządzania ryzykiem, wybór procedury zamówień powinien uwzględniać następujące etapy (Johannsen, 2009):

- Określenie ogólnych wymagań dla uczestników projektu (wymagania ustawowe i specyficzne dla danego projektu);

⁴ Chodzi tu o dostępność standardowej dokumentacji dla każdego systemu

⁵ Możliwość odzyskania kosztów bezpośrednio od wykonawcy

- Wybranie modelu cenowego, który najlepiej równoważy ryzyka dzielone przez uczestników projektu (np. ryczałt, ceny jednostkowy, cena stała).

ROZDZIAŁ 3

RYZYKO NA ETAPIE PRZETARGU (J. C. TEIXEIRA)

3.1 WPROWADZENIE

Przetarg to szczególny rodzaj procedury składania zamówień i przyznawania kontraktów w branży budowlanej. Klienci instytucjonalni muszą przestrzegać przepisów prawa zamówień publicznych, a klienci prywatni mogą przyjmować własne zasady, pod warunkiem, że są one zgodne z ogólnie obowiązującymi zasadami prawa. Większość robót w branży budowlanej zleca się obecnie na podstawie procesu przetargowego. Alternatywą jest bezpośrednie przyznanie kontraktów, jednakże możliwości w tym zakresie są poważnie ograniczone, jeśli chodzi o zamówienia publiczne (np. w zakresie charakteru i wartości kontraktu), a metoda ta rzadko ma zastosowanie do kontraktów prywatnych (o ile nie chodzi o projekty na bardzo małą skalę). Przetarg może być otwarty (przyjmuje się wszystkich kandydatów, którzy spełnili wymogi narzucone przez klienta) lub ograniczony (udział mogą w nim brać wyłącznie klienci o odpowiednich kwalifikacjach lub zaproszeni do udziału). Większość krajów europejskich przewiduje w swoim ustawodawstwie określenie minimalnej liczby kandydatów, zaproszonych do udziału w przetargach publicznych.

Proces przetargowy angażuje na ogół szereg uczestników i wymaga zainwestowania czasu i pieniędzy zarówno ze strony organizatora (przygotowanie dokumentacji przetargowej, ogłoszenie, reklamy i zaproszenia, wstępna kwalifikacja kandydatów, analiza propozycji, wybór itd.), jak i ze strony kandydatów biorących udział w przetargu (Berezowskyj, 2009).

Przetarg składa się w gruncie rzeczy z szeregu czynności o charakterze technicznym, wymagających udziału ekspertów, wyspecjalizowanych firm i wykwalifikowanego personelu po obu stronach, aby zapewnić:

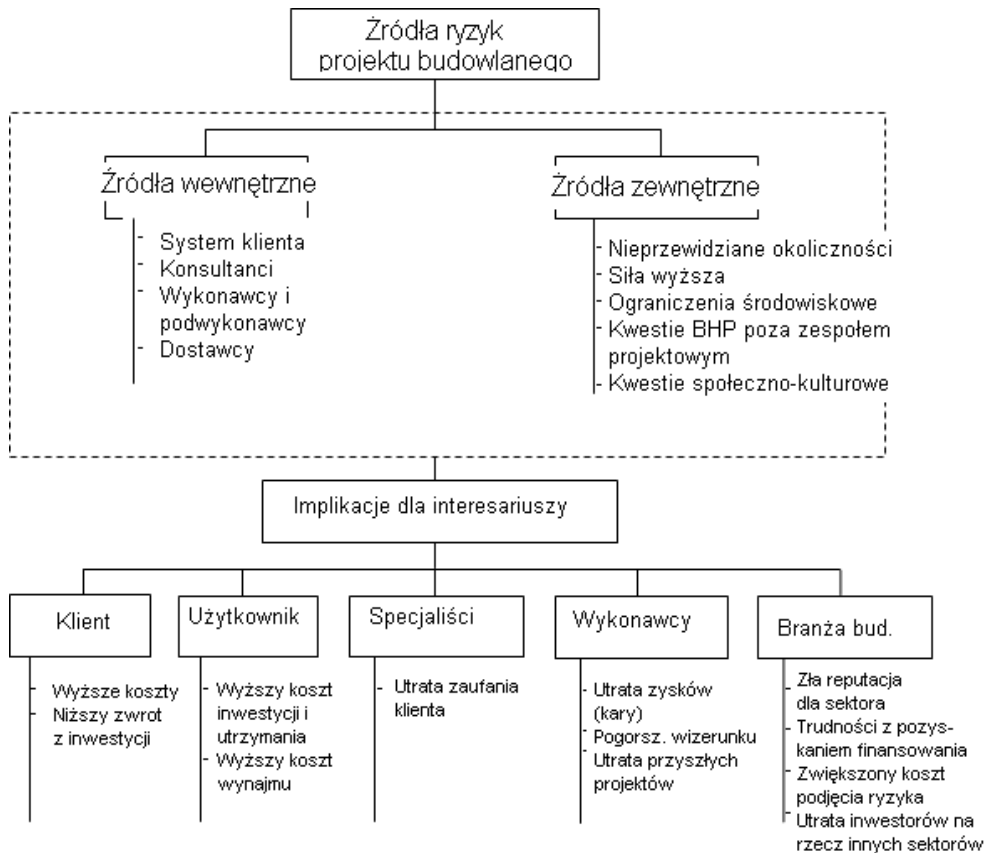
- Dobrą znajomość prawa (w celu zapewnienia zgodności z wytycznymi i polityką państwową, ustawodawstwem krajowym itd.)
- Wiedzę i doświadczenie praktyczne przy realizacji podobnych projektów (w celu wychwycenia i przeanalizowania problemów, jakie mogą się pojawić, i podjęcia odpowiednich kroków);
- Faktyczną zdolność do terminowego ukończenia robót
- Zdolności społeczne (w celu aktywnego uczestnictwa w spotkaniach i zebraniach)

Ponadto, każdy z kandydatów wdraża określoną strategię przetargową, uwzględniając przy tym szereg czynników (Cooke & Williams, 2004):

- Dotychczasowe doświadczenie w pracy z zespołem klienta
- Stabilność finansową klienta
- Warunki rynkowe i poziom konkurencji w walce o kontrakt
- Inflację
- Zrównoważenie ryzyka w kontrakcie.

Określenie, które ryzyka mogą wywrzeć wpływ na cele projektu (w szczególności czas, koszt i jakość) oraz udokumentowanie atrybutów każdego z czynników ryzyka to fundamentalne etapy procesów zarządzania ryzykiem na etapie przetargu (Mbachu & Vinasithamby, 2005). Zasadniczo, wszystkie projekty dążą do zrównoważenia kosztów (koszt łączny) i wartości (wartość produktu końcowego) dla wszystkich interesariuszy. Na przykład, klient oczekuje, aby oczekiwana wartość projektu (materialna i niematerialna) przewyższyła koszty (finansowe i inne) i definiuje wymaganą różnicę pomiędzy nimi (lub zysk w przypadku projektów komercyjnych) od początkowej fazy prac nad projektem. Klient jest więc żywo zainteresowany analizą źródeł ryzyka, które mogą mieć wpływ na wynik projektu, szczególnie w fazie przetargu.

Źródła ryzyka na etapie przetargu mogą mieć charakter zewnętrzny lub wewnętrzny w stosunku do środowiska projektowego, co ma określone implikacje dla interesariuszy. Mówiąc konkretnie, w przypadku projektów komercyjnych, do źródeł zewnętrznych mogą należeć warunki rynkowe, zmiany kursów walut, potencjalny wpływ na opóźnienie prac itd.



Rys. 3.1 . Źródła ryzyka w fazie przetargowej projektów budowlanych i implikacje dla interesariuszy (na podstawie Mbachu & Vinasithamby, 2005)

Procedury oceny ryzyka są zwykle uwzględnione w Planie Realizacji Projektu (Project Execution Plan - PEP), który stanowi kluczowy dokument dla zarządzających projektem po ukończeniu projektowania. PEP określa politykę i zawiera procedury zdefiniowane przez klienta (właściciela, sponsora itd.) lub przez kierownika projektu, dotyczące realizacji projektu w fazie budowlanej. Zasadnicza treść PEP obejmuje: definicję ogólną projektu, biznes plan, badania rynku, procedury finansowe, strategię rozwoju i ścieżkę zamówień, harmonogram i fazy projektu pozostałe do realizacji, pakiet dokumentacji wykonawczej, procedury przetargowe, dane dotyczące budowy, obsługi, bezpieczeństwa i ochrony środowiska itd.

Wydajność uczestników projektu na etapie budowy jest uzależniona od jakości PEP; co za tym idzie, przekroczenie kosztów i terminów ma na ogół miejsce w

przypadku, gdy jakość PEP jest niezadowalająca. Niestety, w wielu przypadkach PEP nie jest dobrze napisany – polega jedynie na zgromadzeniu informacji pochodzących z innych dokumentów tego samego rodzaju, które nie zawsze są dostosowane do wymogów projektu, do którego powinny zostać szczegółowo zaadaptowane (np. różne warunki lokalne i kontraktowe lub różne programy robót).

3.2 ZASADY ZARZĄDZANIA RYZYKIEM NA ETAPIE PRZETARGU

Z perspektywy klienta, efektywność zarządzania ryzykiem na etapie przetargu jest silnie uzależniona od przygotowania, tzn. od działań na etapie poprzedzającym przetarg. Johannsen, (2009) wymienia ogólne zasady zarządzania ryzykiem na etapie poprzedzającym przetarg:

- Rozważenie ryzyka związanego z ogólnym opracowaniem projektu (grunt, finanse, zezwolenia), ryzyka związanych z procesem zamówień (działania poprzedzające kwalifikację, zaproszenie do przetargu, procedura przetargowa i przydzielenie kontraktów) oraz ryzyka uzależnione od realizacji budowy
- Zachowanie ostrożności podczas korzystania z matrycy ryzyka (są one często wykorzystywane jako jedyne narzędzie identyfikacji ryzyka zamiast szczegółowego procesu analizy)
- Zrozumienie, że każdy projekt jest inny pod względem skali, złożoności, technologii, harmonogramu, budżetu itd.
- Przypisanie ryzyka stronom najlepiej przygotowanym do zarządzania nimi (w zależności od rodzaju stosunków umownych, warunków rynkowych, akceptacji itd.)
- Przyjęcie, że analiza ryzyka może różnić się znacznie w zależności od stanowiska każdego z interesariuszy
- Każde ryzyko i scenariusze ryzyka należy zapisywać w Rejestrze Ryzyka Projektu, który wymaga ciągłej weryfikacji i aktualizacji.

Z punktu widzenia wykonawcy, kluczem do efektywnego zarządzania ryzykiem na etapie przetargu jest uzyskanie dostępu do jak największej ilości informacji o projekcie, środowisku projektowym, kliencie, innych interesariuszach itd.

Większość wykonawców próbuje uzyskać dostęp do istotnych informacji przed uruchomieniem przez klienta procedury przetargowej, ponieważ są informowani o zamiarach klienta (np. znają plan inwestycyjny). Tym niemniej, w przypadku tradycyjnej metody przyznawania zamówień, informacje są zasadniczo dostarczane przez klienta (projekt, wyniki badań terenowych, ryzyka związane z BHP itd.) w dokumentacji przetargowej. Proces zarządzania ryzykiem, realizowany przez wykonawcę, powinien uwzględniać wszelkie ryzyko określone w dokumentacji przetargowej, jak również inne ryzyko określone drogą analizy w trakcie fazy przetargowej. Jednakże krótki okres czasu, przeznaczony na ogół na procedurę przetargową, jak i intensywność konkurencji sprawiają, że wykonawcy ignorują ryzyko lub ich nie doceniają na tym etapie działania. Dlatego też, w przypadku wystąpienia nieprzewidzianego ryzyka w czasie budowy, wykonawca nie jest przygotowany, aby zaoferować właściwe rozwiązanie problemu. Aby temu zapobiec, wykonawca uwzględnia z reguły w ofercie rezerwę na ryzyko, wyrażoną na ogół jako procentowa część łącznych kosztów.

Rola klienta w zapobieganiu ryzykom na etapie przetargu może zostać w skrócie przedstawiona następująco:

- Zapewnienie czytelności i zrozumiałości dokumentacji przetargowej i warunków kontraktu
- Udzielenie odpowiedzi na pytania kandydatów
- Przekazanie wyjaśnień kandydatom we właściwym terminie.

Rola wykonawcy w zapobieganiu ryzykom na etapie przetargu obejmuje:

- Zrozumienie ryzyka przetargowych i budowlanych
- Zapoznanie się ze wszystkimi dokumentami i warunkami kontraktu
- Wyjaśnienie wszelkich wątpliwości przed złożeniem oferty
- Świadomość możliwości wystąpienia nieudokumentowanych ryzyka.

Etap przetargu można podzielić na następujące fazy, które zostały omówione bardziej szczegółowo poniżej:

- Przygotowanie dokumentów przetargowych
- Wstępna kwalifikacja oferentów
- Ogłoszenie/ zaproszenia, otwarcie ofert
- Ocena ofert i przyznanie kontraktu

3.2.1 PRZYGOTOWANIE DOKUMENTACJI PRZETARGOWEJ

Konsultanci klienta mogą zostać poproszeni o przygotowanie dokumentacji przetargowej, obejmującej na ogół instrukcję dla oferentów, formularz przetargowy lub załączniki, formularz kontraktu budowlanego i inne materiały w rodzaju dokumentacji zarządzania ryzykiem, kryteriów oceny ofert i systemu klasyfikacji (Berezowskyj, 2009)

Zarządzanie ryzykiem na tym etapie z perspektywy klienta składa się zasadniczo ze sprawdzenia, czy odpowiednie dokumenty przetargowe zostały przygotowane w terminie, włącznie z tymi, które umożliwiają realizację robót (rozbiórki, oczyszczenie terenu, dostęp, rusztowania) i upewnienia się, że dokumenty te podają szczegółowe wymagania klienta (Instytut Dyplomowanych Inżynierów Budowlanych, 2002). Niestety, jednakże, dokumentacja przetargowa jest często kompilowana na podstawie poprzednich przetargów bez sprawdzenia zgodności z wymogami danego projektu, dla którego jest ona przeznaczona; w innych przypadkach, dokumentacja przetargowa jest sporządzana przez różne osoby bez dbałości o scalenie jej w pojedynczy, spójny dokument. Może to prowadzić do problemów związanych z jej interpretacją i spowodować spory, które mogą zagrozić pomyślnej realizacji projektu.

Zastosowanie odpowiednich procedur przygotowania dokumentacji przetargowej to istotny krok dla zgromadzenia odpowiednich ofert, a co za tym idzie, wybrania najlepszego wykonawcy dla celów i potrzeb projektu.

Ciekawym aspektem tej fazy jest oszacowanie kosztów, poprzedzające przetarg. Jest to istotne źródło informacji przy podejmowaniu decyzji w ramach planowania i projektowania; oszacowanie takie stanowi na ogół element dokumentacji przetargowej dla osób składających oferty. W przypadku zamówień publicznych, informacja taka jest również wykorzystywana w celu określenia oczekiwanej wartości kontraktu, która stanowi wartość sugerowaną (istnieje także ograniczenie związane z zamówieniami publicznymi, występujące w przepisach prawnych niektórych państw europejskich, gdzie pozwolenia na budowę są klasyfikowane wg klas wartości) lub maksymalnej wartości kontraktu, jaką klient jest skłonny zapłacić (jak w przypadku zamówień publicznych w niektórych państwach Europejskich).

Na ogół jednak oszacowanie kosztów sporządza się przy pomocy wartości szacunkowych oraz wskaźników bazujących na doświadczeniu. Mogą zatem pojawić się istotne różnice pomiędzy kosztem szacunkowym a faktycznym. Istnieje szereg czynników, które mają wpływ na koszt budowy, związanych z projektem (np. koszt materiałów jest wyższy od obliczonego na etapie poprzedzającym przetarg), organizacją

budowy (np. sprzęt wykonawcy ma wyższą wydajność, niż prognozowano na etapie poprzedzającym przetarg) lub zewnętrznych (np. modyfikacja zakresu projektu, zmiany natury ekonomicznej, prawnej czy technologicznej).

Dodatnie różnice kosztowe mają negatywne skutki dla wykonawców, którzy mogą ponieść straty (a nawet zbankrutować, pozostawiając nieskończoną pracę), jak również doświadczyć pogorszenia wizerunku, a także dla klientów, którzy mogą być zmuszeni do pokrycia nadwyżki kosztów, a co za tym idzie, wybrania tańszych opcji realizacji, lub do zatrudnienia innego wykonawcy (COBRA, 2004).

3.2.2 KWALIFIKACJA WSTĘPNA OFERENTÓW

Powodzenie projektu budowlanego jest uzależnione w dużej mierze od możliwości wykonawcy (i podwykonawców). Co za tym idzie, kwalifikacja wstępna może okazać się użytecznym narzędziem w przypadku niektórych projektów, jako, że umożliwi opracowanie listy wykonawców najlepiej przygotowanych do ich realizacji. Oczywiście, wymaga to solidnej procedury oceny i wiąże się z pewnym ryzykiem dla klienta. Korzyści płynące ze wstępnej kwalifikacji można podsumować następująco: (Standardowy Dokument Kwalifikacji Wstępnej ADB, 2006):

- Wyeliminowanie kosztów udziału w procedurze gorzej wykwalifikowanych wykonawców (którzy nie zostali poddani wstępnej selekcji) i uproszczenie procesu oceny (ponieważ liczba ofert jest ograniczona do wybranych).
- Wybrani wykonawcy wiedzą, że ich konkurentami są inne wykwalifikowane firmy, które prawdopodobnie przedstawią realistyczne oferty (istotne dla strategii składania ofert przez konkurentów).
- Znaczące zredukowanie lub wyeliminowanie problemów z odrzuconymi ofertami, w których zaproponowano niską cenę przy jednoczesnej niskiej wiarygodności oferenta
- Pomoc w zidentyfikowaniu potencjalnych konfliktów interesu pomiędzy stronami biorącymi udział w przetargu (tzn. pomiędzy wykonawcą a pracownikiem lub konsultantem klienta)
- Zmotywowanie wykonawców do tworzenia wspólnych przedsięwzięć (co wzmacnia ich pozycję).

Z drugiej strony, istnieją też ryzyka związane z etapem kwalifikacji wstępnej (Standardowy Dokument Kwalifikacji Wstępnej ADB, 2006).

- Wydłuża proces przetargowy w stosunku do przetargu otwartego

- Wymaga starannej oceny wszystkich wniosków uwzględnionych w procesie kwalifikacji wstępnej, podczas, gdy podczas dalszej kwalifikacji bierze się pod uwagę wyłącznie oferty o najniższej cenie.
- Zwiększone ryzyko niejawnego porozumienia pomiędzy wykonawcami, którzy przeszli proces kwalifikacji wstępnej.

Należy zauważyć, że kwalifikacja wstępna dla potrzeb zamówień publicznych musi poprzedzać procedurę przetargu otwartego w większości krajów europejskich. Inaczej jest z procedurą zaproszeń do przetargu, która umożliwia klientowi dokonanie wstępnego wyboru wykonawców bez konieczności organizowania konkursu. Dlatego też procedura zaproszeń może rodzić roszczenia związane z utrudnianiem uczciwej konkurencji, a jej zastosowanie ograniczone jest do szczególnych przypadków (np. przy maksymalnej wartości kontraktu). Jednakże kwalifikacja wstępna jest zarezerwowana dla dużych i złożonych projektów; jest więc obecnie rzadko stosowana.

3.2.3 OGŁOSZENIE/ ZAPROSZENIE I OTWARCIE OFERT

W trakcie tej fazy, klient przy wsparciu swoich konsultantów powinien zająć się dystrybucją informacji o przetargu (ogłoszenie w dziennikach urzędowych w przypadku zamówień publicznych, ewentualna reklama w mediach w przypadku przetargów otwartych⁶) lub przygotowaniem listy firm, które zostaną zaproszone do udziału w przetargu (w przypadku zaproszenia do przetargu lub po procedurze kwalifikacji wstępnej).

Termin składania ofert przez kandydatów powinien być jednoznacznie sprecyzowany; w przypadku zamówień publicznych należy również określić termin oceny ofert. W niektórych krajach europejskich, oferty złożone przez wykonawców pozostają zamknięte aż do publicznej sesji ich otwarcia. W innych krajach (np. w Portugalii), cały proces odbywa się obecnie za pośrednictwem platformy elektronicznej (dostęp do dokumentacji przetargowej, zapytania i

⁶ Przyznanie zamówienia publicznego drogą przetargu otwartego ma na celu zapewnienie przejrzystości procedury zamówień publicznych, zapewnienie maksymalnej ekonomiczności i efektywności procesu, promowanie zdrowej konkurencji pomiędzy oferentami, zapewnienie uczciwego i równego traktowania wszystkich oferentów i wyeliminowanie nieprawidłowości, zakłóceń i korupcji.

wyjaśnienia, przekazywanie przez klienta wszelkich danych, składanie ofert, ocena ofert, ogłoszenie wyników, kierowanie roszczeń itd.).

Ciekawym zagadnieniem w tej fazie jest weryfikacja, czy nie wystąpił konflikt interesów. Konflikt taki ma miejsce, gdy uczestnik procedury przetargowej posiada udziały lub ma powiązania, które mogą wpływać negatywnie na jego neutralność (MALCOE, 2005). W przypadku wczesnego wykrycia i wyeliminowania konfliktu interesów nie musi jednak dojść do naruszeń. Na przykład, członkowie personelu klienta lub jego konsultanci powinni ujawnić wszelkie konflikty interesów, jakie pojawią się podczas procedury zamówień; potencjalni usługodawcy także powinni mieć obowiązek ujawnienia takich konfliktów, jakie mogą pojawić się w odniesieniu do oferentów.

Należy zauważyć, że konflikt interesów może również wystąpić pomiędzy oferentami, na przykład, jeśli jeden z nich lub członek wspólnego przedsięwzięcia dojdzie do porozumienia z innym oferentem lub członkiem. Dlatego oferenci powinni ujawnić możliwość wystąpienia konfliktu interesów, co pozwoli zapobiec problemom w przyszłości.

3.2.4 OCENA OFERT I PRYZNANIE KONTRAKTU

Ocena ofert powinna uwzględniać stosunek jakości do ceny jako kluczowe kryterium ewaluacji. Obejmuje ono takie czynniki, jak cena, zapewnienie jakości (w odniesieniu do zespołu projektowego oraz rezultatów projektu), koszty cyklu życia, alternatywne rozwiązania projektowe itd. W rezultacie nie jest powiedziane, że zarekomendowana zostanie oferta o najniższej cenie.

Co za tym idzie, wykonawcy powinni dokładać starań, aby ich oferty miały charakter ambitny i innowacyjny, zgodny z wymaganiami klienta przy jednoczesnym jak najniższym poziomie kosztów. Nie jest to łatwe, ponieważ najatrakcyjniejsze oferty z punktu widzenia klienta nie są korzystne dla wykonawcy (wysokie ryzyko lub niewielki zysk). Ponadto, zasoby wykorzystane do realizacji projektu muszą być adekwatne, a personel musi dysponować wystarczającym doświadczeniem w realizacji projektów podobnego typu. Dzięki temu klient ma pewność, że projekt zostanie opracowany zgodnie z przyjętymi założeniami; z drugiej strony, brak tej pewności może zagrozić pozytywnej ocenie oferty przez klienta, a wysiłek włożony w jej przygotowanie (koszt i czas) nie przyniesie spodziewanego rezultatu.

Jednakże wielu klientów skupia się w zbyt dużym stopniu na ofertach proponujących najniższą cenę jako jedynym kryterium wyboru, a wykonawcy dostosowują się do tych oczekiwań. Opcja taka może jednak okazać się ryzykowna, generując problemy na etapie realizacji projektu (tzn. przekroczenie kosztów, opóźnienia, niska jakość projektu itd.), ponieważ wykonawcy cierpiący z powodu niedoboru zleceń będą skłonni składać oferty o niskich cenach tylko po to, aby zapewnić sobie przyznanie kontraktu (Creedy, 2006). Co za tym idzie, selekcja musi bazować na ich zasobach i możliwości osiągnięcia przewagi konkurencyjnej oraz opracowania strategii pozyskiwania kontraktów dzięki osiąganym wynikom z uwzględnieniem kosztów i jakości wykonanej pracy (Tan, Shen, & Langston, 2010).

Ocena ofert wyłącznie pod kątem ceny powinna być zarezerwowana dla przypadków, w których wszelkie pozostałe warunki są spełnione w porównywalnym stopniu przez wszystkich oferentów, co jest możliwe jedynie dzięki zastosowaniu kwalifikacji wstępnej (tzn. zaproszenia do przetargu, wystosowanego wyłącznie do oferentów wyłonionych w drodze kwalifikacji wstępnej przy zastosowaniu restrykcyjnych warunków selekcji). Zaproszenie może jednak zagrażać zasadom konkurencji, o ile nie poprzedza go proces wstępnej kwalifikacji wykonawców, którzy przystąpili do otwartego przetargu, o którym mowa powyżej. Konkurs ofert natomiast zapewnia przejrzystość oceny, szczególnie w przypadkach, gdy czynniki oceny są znane wszystkim kandydatom przed złożeniem ofert, które podlegają ocenie wyłącznie na podstawie zdefiniowanych z góry kryteriów.

Ocena ofert to działanie obciążone dużym ryzykiem dla klienta, jego pośredników i konsultantów i powinno ono obejmować (Eskesen, 2009):

- Ocenę ryzyka dla wszystkich złożonych ofert.
- Specjalistyczne procedury zarządzania ryzykiem wykonawcy
- Zdolność wykonawcy do kontrolowania ryzyka dzięki zastosowaniu odpowiednich rozwiązań technicznych.

Po wybraniu najlepszej oferty należy bezzwłocznie wysłać list intencyjny do wybranego oferenta (jak również powiadomienia, skierowane do oferentów, którzy nie wygrali przetargu). Jego wysłanie oznacza zakończenie procedury selekcji i procesu przetargowego.

Po wybraniu wykonawcy, który będzie odpowiedzialny za realizację robót, klient i wykonawca powinni wspólnie przystąpić do realizacji procedury zarządzania ryzykiem, aby zapewnić najlepszą metodę łagodzenia zidentyfikowanych ryzyka, w szczególności tych, które mają największe znaczenie dla powodzenia

przedsięwzięcia. Proces zarządzania ryzykiem po zakończeniu procedury przetargowej może przyczynić się do zidentyfikowania niewykrytych uprzednio ryzyka lub obszarów szczególnie istotnych, jak również mogą pojawić się ryzyka dodatkowe (np. z wiązane z podzlecaniem robót i kwalifikacjami technicznymi podwykonawców, ich terminowością, wydajnością i stabilnością finansową). Z chwilą zakończenia procesu zarządzania ryzykiem, wszystkie ryzyka powinny zostać uwzględnione w kontrakcie zawartym pomiędzy klientem a wykonawcą (dodatkowe zapisy dotyczące łagodzenia ryzyka mogą zostać wpisane do kontraktu, o ile okaże się to konieczne); powinny one obejmować zapisy szczegółowe dotyczące systemu zarządzania ryzykiem, który podlega wdrożeniu w fazie realizacji projektu (Eskesen, 2009).

ROZDZIAŁ 4

RYZYO NA ETAPIE PRZYGOTOWANIA I REALIZACJI ROBÓT (J. KULEJEWSKI, M. KRZEMIŃSKI, J. ZAWISTOWSKI)

4.1 PROCESY ZARZĄDZANIA RYZYKIEM

Podejmując decyzję o złożeniu oferty w przetargu na roboty budowlane, Wykonawca bierze pod uwagę możliwość spełnienia wymagań dotyczących:

- zakresu robót,
- jakości wykonania robót,
- nieprzekraczalnego terminu wykonania robót.

Jeżeli Zamawiający akceptuje ofertę Wykonawcy, dochodzi do zawarcia umowy o wykonanie robót. Tym samym, zostaje ustalony nieprzekraczalny koszt budowy. Jednak warunki realizacji projektów budowlanych są niepowtarzalne (zgodnie z informacją podaną w p. 2.1, pojęcie projekt budowlany oznacza tutaj przedsięwzięcie inwestycyjno – budowlane). W związku z tym, Wykonawca prognozuje, że w trakcie realizacji robót mogą z określonym prawdopodobieństwem wystąpić zdarzenia lub okoliczności, stanowiące zagrożenie dla spełnienia co najmniej jednego z powyższych wymagań. Takie zagrożenie jest określane przez Wykonawcę jako **Ryzyko**. Wydarzenia lub okoliczności, przewidywane jako prawdopodobne przyczyny takiego zagrożenia, są **czynnikami ryzyka**. Rzeczywiste wystąpienie każdego takiego zdarzenia lub okoliczności w trakcie wykonywania robót, jest określane dalej jako **materializacja danego czynnika ryzyka**. W wyniku materializacji danego czynnika ryzyka, może nastąpić ograniczenie zakresu rzeczywiście wykonanych robót, obniżenie ich jakości, wydłużenie czasu ich wykonania lub wzrost kosztu ich wykonania w stosunku do określonego limitu. W etapie przetargu, ze względu na niepowtarzalność warunków realizacji projektów budowlanych, Wykonawca może

co najwyżej przewidywać, mniej lub bardziej prawdopodobne zagrożenia, wynikające z materializacji danego czynnika ryzyka. Jeżeli odpowiednie działania w zakresie zarządzania ryzykiem nie zostaną podjęte już w podczas przygotowywania oferty, materializacja danego czynnika ryzyka w trakcie realizacji robót może stać się **problemem**.

Aktywnie identyfikując i analizując czynniki ryzyka projektu oraz odpowiednio na nie reagując, można rozsądnie zaplanować projekt i doprowadzić do jego pomyślnego zakończenia. Dla realizacji tego założenia, **zarządzanie ryzykiem w projekcie** obejmuje następujące procesy (tabela 4.1):

1. Zaplanowanie zarządzania ryzykiem projektu: *ustalenie, co, kiedy, jak i przez kogo ma zostać wykonane w ramach poszczególnych procesów zarządzania ryzykiem;*
2. Identyfikację ryzyka: rozpoznanie, jakie czynniki ryzyka mogą wystąpić, co jest przyczyną danego czynnika ryzyka oraz na osiągnięcie których celów projektu i w jaki sposób może wpłynąć dany czynnik ryzyka;
3. Jakościową analizę i ocenę ryzyka: szacunkową ocenę wpływu poszczególnych czynników ryzyka na osiągnięcie celów projektu oraz ustalenie, które czynniki ryzyka zaakceptować i w jakiej kolejności reagować na pozostałe czynniki ryzyka;
4. Ilościową analizę i ocenę ryzyka: doprecyzowanie oceny wpływu poszczególnych czynników ryzyka na osiągnięcie celów projektu i numeryczną ocenę prawdopodobieństwa dotrzymania wymaganego czasu i kosztu realizacji projektu;
5. Przygotowanie odpowiedzi na ryzyko: ustalenie, jak ograniczyć prawdopodobieństwo materializacji danego czynnika ryzyka, jak ograniczyć skutki jego wystąpienia i co zrobić, jeżeli podjęte działania zapobiegawcze okażą się niewystarczające;
6. Monitorowanie i kontrolę ryzyka: sprawdzanie skuteczności wdrażania odpowiedzi na ryzyko i reagowanie w przypadku ich nieskuteczności, względnie w przypadku ujawnienia się nowych czynników ryzyka.

Tabela 4.1. Procesy zarządzania ryzykiem i ich cele

Proces	Cel procesu
1. Planowanie zarządzania ryzykiem projektu	Podejmowanie decyzji o podejściu do zarządzania ryzykiem w konkretnym projekcie
2. Identyfikacja ryzyka	Ustalenie, które czynniki ryzyka mogą wpływać na osiągnięcie celów projektu i opisanie ich cech charakterystycznych
3. Analiza i ocena jakościowa ryzyka	Przybliżona ocena prawdopodobieństwa, skutków wystąpienia i wynikającej stąd ważności zidentyfikowanych czynników ryzyka; uszeregowanie czynników ryzyka pod względem priorytetu w zakresie kolejności planowania i wdrażania reakcji na ryzyko
4. Analiza i ocena ilościowa ryzyka	Numeryczna ocena prawdopodobieństwa dotrzymania ograniczenia czasu i kosztu realizacji projektu oraz doprecyzowanie jakościowej oceny ważności zidentyfikowanych czynników ryzyka ze względu na zagrożenia wynikające z ich materializacji
5. Planowanie reakcji na ryzyko	Określenie działań zmniejszających potencjalne zagrożenia wynikające z materializacji zidentyfikowanych czynników ryzyka
6. Monitorowanie i kontrola ryzyka	Obserwacja zidentyfikowanych czynników ryzyka, identyfikacja nowych czynników ryzyka, wdrażanie odpowiedzi na ryzyko oraz ocena skuteczności odpowiedzi na ryzyko przez cały okres realizacji projektu

4.2 PLANOWANIE ZARZĄDZANIA RYZYKIEM

4.2.1 GŁÓWNE ELEMENTY PROCESU

Planowanie zarządzania ryzykiem to proces decydowania o organizacji i sposobie realizacji pozostałych pięciu procesów zarządzania ryzykiem w podejmowanym projekcie.

Podjęte decyzje powinny być wspólnierne do:

- ważności poszczególnych celów projektu dla zamawiającego;
- ogólnej polityki firmy wykonawczej w zakresie zarządzania ryzykiem;
- znaczenia danego projektu dla Wykonawcy.

Ogólny schemat procesu planowania zarządzania ryzykiem przedstawiono na rys. 4.1.



Rys. 4.1. Ogólny schemat procesu planowania zarządzania ryzykiem

Dane wejściowe do planowania **zarządzania** ryzykiem obejmują:

- Dane o projekcie i warunkach jego realizacji, wynikające z dokumentacji projektu (rodzaj obiektu, zakres robót, wymagany poziom jakości wykonania robót, struktura organizacyjna projektu, warunki lokalne na

- placu budowy, ograniczenia czasu i kosztu realizacji robót), z przepisów prawnych, z ogólnej sytuacji ekonomicznej i z warunków rynkowych;
- Dane historyczne o zakresie dotychczasowych praktyk firmy wykonawczej w zakresie zarządzania ryzykiem i o odpowiedniości tych praktyk dla osiągnięcia założonych celów podobnych projektów w przeszłości.

Wynikiem procesu jest *Plan zarządzania ryzykiem w projekcie budowlanym*.

4.2.2 NARZĘDZIA I TECHNIKI WSPOMAGAJĄCE

Podstawowym narzędziem planowania zarządzania ryzykiem jest analiza danych o projekcie i o zewnętrznych warunkach jego realizacji, w powiązaniu z danymi historycznymi. W wyniku takiej analizy, należy ustalić:

- metodykę zarządzania ryzykiem, uwzględniającą ogólną strategię zarządzania ryzykiem przez firmę wykonawczą oraz specyfikę projektu;
- podział odpowiedzialności za zarządzanie ryzykiem projektu;
- zasoby (pracownicy, oprogramowanie, środki finansowe) niezbędne dla zarządzania ryzykiem projektu.

Pomocniczym narzędziem planowania zarządzania ryzykiem są spotkania, organizowane przez Kierownika Projektu z udziałem Zespołu Zarządzającego Projektem i innych osób z firmy wykonawczej, odpowiedzialnych za działania związane z planowaniem i realizacją projektu. W spotkaniach mogą również uczestniczyć przedstawiciele dostawców i podwykonawców oraz zewnętrzni specjaliści, dysponujący odpowiednią wiedzą prawną, techniczną, rynkową i inną, w dostosowaniu do specyfiki i zakresu projektu.

4.2.3 PLAN ZARZĄDZANIA RYZYKIEM

Dla udokumentowania ustaleń podjętych w wyniku analizy danych o projekcie i o warunkach jego realizacji, powinien zostać opracowany *Plan zarządzania ryzykiem w projekcie budowlanym*. Jednak, nie istnieje uniwersalny wzór takiego dokumentu. Poszczególne firmy wykonawcze ustalają własne wzory *Planu zarządzania ryzykiem*, uwzględniające:

- zalecenia, przedstawione w uznanych standardach zarządzania projektami, na przykład w *the Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*,

- wzorce planów zarządzania ryzykiem, publikowane przez organizacje prowadzące działalność edukacyjną w zakresie zarządzania projektami (na przykład, firmy konsultingowe),
- indywidualne potrzeby w zakresie dokumentowania wytycznych dla zarządzania ryzykiem, wynikające ze złożoności technicznej podejmowanych przedsięwzięć oraz z umiejętności i doświadczenia personelu odpowiedzialnego za zarządzanie ryzykiem projektu.

Na podstawie przedstawianych zaleceń i publikowanych wzorców, można wskazać następujący, ramowy zakres *Planu zarządzania ryzykiem w projekcie budowlanym*:

1. Opis podziału odpowiedzialności (*kieruje / uczestniczy / jest informowany / zatwierdza*) Kierownika Projektu i członków Zespołu Zarządzającego Projektem za działania związane z identyfikacją, analizą i oceną czynników ryzyka, planowaniem reakcji na ryzyko oraz monitorowaniem i kontrolą ryzyka;
2. Opis metodyki realizacji działań związanych z poszczególnymi procesami zarządzania ryzykiem, w tym wymagania dotyczące:
 - utworzenia, utrzymania i aktualizacji *Rejestru czynników ryzyka*, ze wskazaniem wzoru tego dokumentu do wykorzystania w danym projekcie,
 - sposobu identyfikacji czynników ryzyka, z odwołaniem do standardowego wykazu lub schematu czynników ryzyka w projekcie budowlanym,
 - sposobu przeprowadzenia analizy jakościowej zidentyfikowanych czynników ryzyka projektu, ze wskazaniem skali ocen prawdopodobieństwa materializacji i dotkliwości skutków materializacji czynników ryzyka oraz zasad kwalifikacji czynników ryzyka do dalszej analizy i ceny ilościowej,
 - sposobu przeprowadzenia analizy i oceny ilościowej ryzyka projektu, ze wskazaniem:
 - zasad kwalifikacji ryzyka do oceny ilościowej,
 - źródeł danych ilościowych o prawdopodobieństwie i skutkach ryzyka,
 - wymaganych technik przeprowadzenia ilościowej oceny ryzyka,
 - progów akceptacji ryzyka oraz zasad planowania reakcji na ryzyko;
3. Wytyczne, dotyczące organizacji spotkań dla planowania zarządzania ryzykiem w projekcie i dla oceny wyników realizacji procesów zarządzania ryzykiem;

4. Ustalenie, dotyczące budżetu przeznaczanego przez Wykonawcę na zarządzanie ryzykiem w projekcie;
5. Wytyczne, dotyczące zasad reagowania na ryzyko w projekcie;
6. Wytyczne, dotyczące zasad komunikowania, interesariuszom wewnętrznym i zewnętrznym, wyników realizacji procesów zarządzania ryzykiem w projekcie.

4.3 IDENTYFIKACJA RYZYKA

4.3.1 WPROWADZENIE DO PROCESU

Identyfikacja ryzyka to proces ustalania i opisywania czynników ryzyka - zdarzeń, sytuacji lub okoliczności mogących stanowić zagrożenia dla osiągnięcia założonych celów projektu.

Identyfikacja ryzyka obejmuje następujące działania:

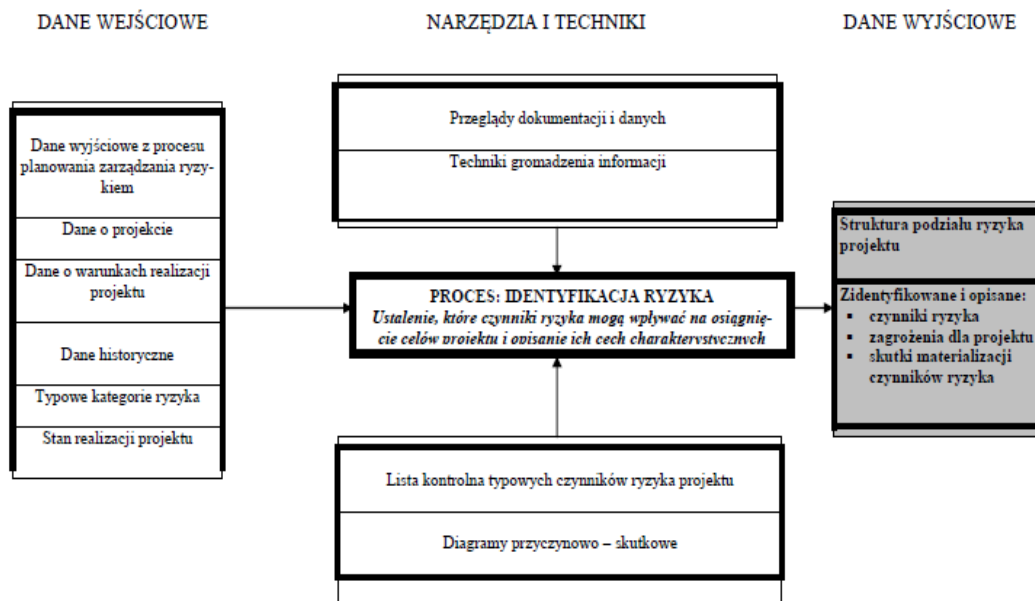
- dla uporządkowania identyfikowanych czynników ryzyka, wprowadza się kategorie ryzyka, odpowiadające typowym źródłom zagrożeń dla zakresu, jakości, terminowości i zgodności rzeczywistego kosztu wykonania robót z założonym limitem;
- w ramach każdej kategorii ryzyka, wydziela się przyczyny ryzyka, mogące powodować zdarzenia kwalifikowane jako czynniki ryzyka;
- ustala się poszczególne czynniki ryzyka, spowodowane wspólną przyczyną ryzyka;
- ustala się istotę i obszar przewidywanych zagrożeń, powstających jako skutek materializacji danego czynnika ryzyka.

Na przykład:

Kategoria ryzyka:	ryzyko zewnętrzne
Przyczyna ryzyka:	warunki pogodowe
Czynnik ryzyka:	okresowo występujące intensywne opady atmosferyczne
Przewidywane zagrożenie:	obniżenie wydajności zespołów roboczych, powodujące wydłużenie czasu wykonania robót ziemnych

Ogólny schemat procesu identyfikacji ryzyka w projekcie przedstawiono na rys. 4.2. Jest to proces realizowany do momentu zakończenia budowy, ponieważ

podczas realizacji robót mogą ujawnić się czynniki ryzyka, nie dostrzegane w momencie podejmowania decyzji o złożeniu oferty.



Rys. 4.2. Ogólny schemat procesu identyfikacji ryzyka

Dane wejściowe do identyfikacji ryzyka w projekcie budowlanym obejmują:

- Dane wyjściowe z procesu planowania zarządzania ryzykiem, obejmujące wytyczne dotyczące sposobu identyfikacji czynników ryzyka projektu i wzór *Rejestru czynników ryzyka w projekcie budowlanym*;
- Dane o projekcie i warunkach jego realizacji, wynikające z dokumentacji technicznej i z warunków umowy (rodzaj obiektu, zakres robót, wymagany poziom jakości wykonania robót, struktura organizacyjna projektu, warunki lokalne na placu budowy, ograniczenia czasu i kosztu realizacji robót) oraz z przepisów prawnych, z ogólnej sytuacji ekonomicznej i z warunków rynkowych;
- Typowe kategorie ryzyka, systematyzujące podstawowe źródła zagrożeń dla zakresu, jakości, terminowości i zgodności rzeczywistego kosztu wykonania robót z założonym limitem;
- Dane historyczne, zawierające informacje na temat zagrożeń ujawniających się podczas realizacji podobnych projektów w przeszłości;
- Stan realizacji budowy, jako sytuacja istniejąca obiektywnie (*zaawansowanie budowy sprzyja ujawnieniu się nowych czynników ryzyka, nie uwzględnionych podczas sporządzania oferty*).

W wyniku realizacji procesu, należy ustalić:

- strukturę podziału ryzyka w projekcie;
- podstawowe informacje do umieszczenia w *Rejestrze czynników ryzyka*.

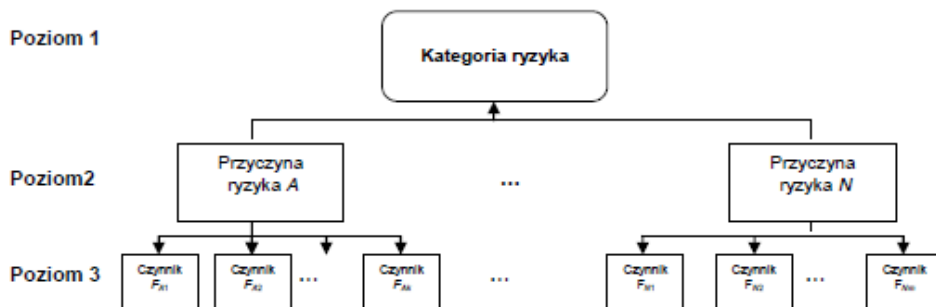
4.3.2 NARZĘDZIA I TECHNIKI WSPOMAGAJĄCE

Narzędzia i techniki wspomagające proces identyfikacji ryzyka obejmują:

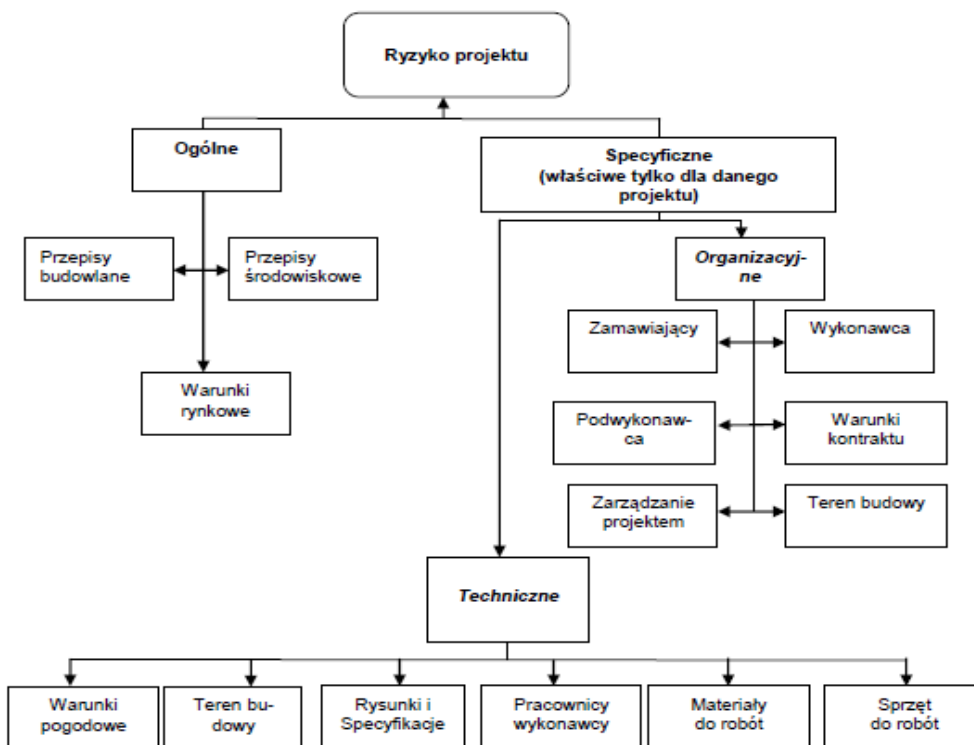
- przeglądy dokumentacji technicznej projektu, warunków umowy o roboty budowlane, danych o warunkach realizacji projektu oraz wyników technicznego, organizacyjnego i finansowego planowania budowy;
- techniki gromadzenia informacji o czynnikach ryzyka w projekcie;
- listę kontrolną czynników ryzyka w projekcie;
- diagramy przyczynowo – skutkowe.

Na podstawie danych historycznych, można szczegółowo ustalić źródła potencjalnych zagrożeń w przedsięwzięciach budowlanych podejmowanych przez daną firmę wykonawczą. W rezultacie, można utworzyć wzorcową **strukturę podziału czynników ryzyka** - wielopoziomową strukturę hierarchiczną typowych zagrożeń dla pomyślnej realizacji określonej roboty budowlanej lub całego projektu (jeżeli skutków materializacji danego czynnika ryzyka nie można przypisać do określonej roboty).

Ogólny schemat hierarchizacji czynników ryzyka przedstawiono na rys. 4.3. Ryzyko dla całego projektu lub dla danej roboty jest wynikiem występowania określonych kategorii ryzyka (poziom 1), grupujących czynniki ryzyka o podobnym źródle pochodzenia. Poszczególne czynniki ryzyka (poziom 3) o wspólnych przyczynach (poziom 2) są zdarzeniami, których wystąpienie może stanowić zagrożenie dla projektu lub dla roboty. Na rys. 4.4 przedstawiono przykład struktury podziału czynników ryzyka w projekcie budowlanym.



Rys. 4.3. Ogólny schemat hierarchizacji czynników ryzyka



Rys. 4.4. Przykład struktury podziału czynników ryzyka w projekcie budowlanym

Tabela 4.2. Przykładowa lista kontrolna czynników ryzyka dla przedsięwzięcia budowlanego

Kategorie ryzyka	Przyczyny ryzyka	Przykładowe czynniki ryzyka
Ryzyko ogólne (GR)	<i>Przepisy budowlane (GR1)</i>	Rygorystyczność wymagań prawnych dotyczących prowadzenia budowy (GR1.1)
	<i>Przepisy środowiskowe (GR2)</i>	Rygorystyczność wymagań prawnych dotyczących ochrony środowiska (GR2.1)
	<i>Warunki rynkowe (GR3)</i>	Niestabilność cen czynników produkcji (GR3.1)
Specyficzne ryzyko organizacyjne (SRO)	<i>Zamawiający (SRO1)</i>	Nierealistyczne wymagania Zamawiającego (SRO1.1)
		Brak współpracy koniecznej dla prawidłowego wykonania robót (SRO1.2)
		Częste i nieuzasadnione ingerencje w przebieg budowy (SRO1.3)
	<i>Wykonawca (SRO2)</i>	Nieodpowiednie doświadczenie personelu w zakresie doboru metod wykonania robót dla spełnienia wymagań podanych w specyfikacjach technicznych (SRO2.1)
		Nieodpowiednie doświadczenie personelu w zakresie kierowania zespołami ludzkimi (SRO2.2)
		Niestabilność zespołu zarządzającego projektem (SRO2.3)
		Złe stosunki międzyludzkie, utrudniające komunikację pomiędzy kluczowym personelem (SRO2.4)
		Trudna sytuacja finansowa, ograniczająca możliwość finansowania budowy w okresach międzyfakturowych (SRO2.5)
	<i>Podwykonawca (SRO3)</i>	Niska dostępność podwykonawców o odpowiednim doświadczeniu produkcyjnym (SRO3.1)
		Niedostateczna wiedza o warunkach technicznych wykonania i odbioru podzlecanych robót (SRO3.2)
	<i>Organizacja projektu (SRO4)</i>	Niejasny podział obowiązków pomiędzy uczestników projektu (SRO4.1)
		Nieczytelność procedur zarządzania projektem (SRO4.2)
		Niedostosowanie procedur zarządzania do charakteru i zakresu projektu (SRO4.3)
	<i>Warunki kontraktu (SRO5)</i>	Niejasności i rozbieżności w warunkach kontraktu (SRO5.1)
		Niekompletność rysunków i specyfikacji technicznych (SRO5.2)

Specyficzne ryzyko techniczne (SRT)		Niejasności, rozbieżności i błędy w rysunkach i w specyfikacjach technicznych (SRO5.3)
	Teren budowy (SRO6)	Niepewne warunki uzyskania terenu na cele zaplecza budowy
		Niedostateczna powierzchnia terenu dostępnego na cele zaplecza budowy (SRO6.1)
	Warunki pogodowe (SRT1)	Okresowo występujące intensywne opady atmosferyczne (SRT1.1)
		Okresowo występujący silny i porywisty wiatr (SRT1.2)
		Okresowo występujące niskie temperatury (SRT1.3)
	Teren budowy (SRT2)	Niepełne dane o warunkach gruntowo – wodnych (SRT2.1)
		Niepełne dane o istniejących obiektach podziemnych (SRT2.2)
		Podatność otoczenia terenu budowy na uszkodzenia spowodowane wykonywaniem robót (SRT2.3)
	Pracownicy wykonawcy (SRT3)	Niska dostępność pracowników o wymaganych kwalifikacjach (SRT3.1)
		Niedostateczne motywacje pracowników (SRT3.2)
		Zakłócenia w komunikacji pomiędzy zespołami roboczymi (SRT3.3)
	Materiały do robót (SRT4)	Niska dostępność materiałów o wymaganej jakości (SRT4.1)
		Niska zdolność dostawców do zapewnienia rytmiczności dostaw materiałów na plac budowy (SRT4.2)
		Podatność materiałów na uszkodzenia podczas transportu i składowania (SRT4.3)
	Sprzęt do robót (SRT5)	Niska dostępność sprzętu o wymaganych parametrach technicznych (SRT5.1)
		Podatność sprzętu na awarie i uszkodzenia (SRT5.2)

Lista kontrolna czynników ryzyka jest dokumentem wewnętrznym Wykonawcy, przeznaczonym do wielokrotnego wykorzystania. Dokonując przeglądu dokumentacji i danych dla konkretnego projektu, należy ustalić, które z typowych czynników ryzyka ujętych na liście kontrolnej mogą stanowić zagrożenie dla pomyślnej realizacji tego projektu.

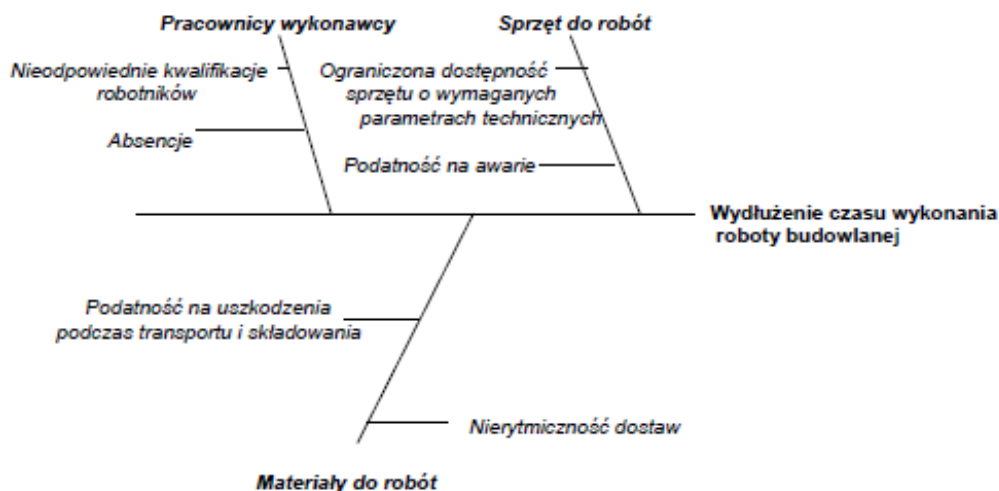
Dla gromadzenia informacji o czynnikach ryzyka w konkretnym projekcie, można wykorzystać *technikę delficką* oraz *burzę mózgów*. Technika delficka polega na formułowaniu hipotez przez niezależnych ekspertów na temat źródeł potencjalnych zagrożeń dla projektu. Każdy z ekspertów pracuje kameralnie, wykorzystując własną wiedzę i doświadczenie. Natomiast, burza mózgów jest przeprowadzana przez członków zespołu zarządzającego podczas spotkań dla przeglądu dokumentacji technicznej projektu, warunków umowy i innych danych o

warunkach realizacji projektu . Na podstawie wyników przeglądu i doświadczenia z realizacji podobnych projektów, członkowie zespołu zarządzającego przedstawiają swoje hipotezy dotyczące źródeł i przyczyn ryzyka w projekcie. Następnie, analizując założenia planistyczne przyjęte dla oszacowania czasu i kosztu realizacji projektu, weryfikują ich kompletność, spójność i pewność. W wyniku uzgodnień opinii, doprecyzowuje się charakterystykę opisową danego czynnika ryzyka, według ogólnego schematu:

przyczyna → czynnik ryzyka → skutek dla danego celu projektu

Jako pomocnicze narzędzie dla identyfikacji czynników ryzyka podczas *burzy mózgów* można rozważyć wykorzystanie diagramu przyczynowo – skutkowego (diagram Ichikawy), będącego powszechnie stosowanym narzędziem w zarządzaniu jakością. Tego typu diagram (rys. 4.5) umożliwia graficzną prezentację powiązań czynników ryzyka, wywołujących określony skutek w odniesieniu do jakości, czasu i kosztu wykonania danej roboty budowlanej. Ze względu na kształt, diagram Ichikawy często jest nazywany *schematem rybiej ości*:

- *głowa ryby* symbolizuje skutek materializacji pewnej ilości czynników ryzyka,
- *ości* to przyczyny i czynniki ryzyka, których materializacja powoduje dany skutek.



Rys. 4.5. Przykład wykorzystania diagramu Ichikawy dla identyfikacji czynników ryzyka powodujących wydłużenie czasu wykonania roboty budowlanej

4.3.3 REJESTR CZYNNIKÓW RYZYKA

Ramowy zakres *Rejestru czynników ryzyka* w projekcie budowlanym powinien być następujący:

1. Podstawowe informacje o każdym ze zidentyfikowanych czynników ryzyka, w tym:

- unikalne oznaczenie (*symbol, numer*) każdego czynnika ryzyka, ułatwiające jego monitorowanie i kontrolę,
- datę wpisu do *Rejestru czynników ryzyka*,
- nazwę i charakterystykę każdego czynnika ryzyka (*czym spowodowany, na osiągnięcie którego z celów projektu może oddziaływać i jakie istotne skutki może powodować jego materializacja – zwykle w odniesieniu do czasu i kosztu realizacji ważnych robot lub całego projektu*),
- wskazanie właściciela danego czynnika ryzyka (*osoba lub grupa osób, odpowiedzialna za dalsze działania związane z zarządzaniem ryzykiem*);

2. Informacje o ocenie każdego ze zidentyfikowanych czynników ryzyka; dla zapewnienia czytelności *Rejestru czynników ryzyka*, w dokumencie tym podaje się zwykle wyniki jakościowej oceny ryzyka, w tym:

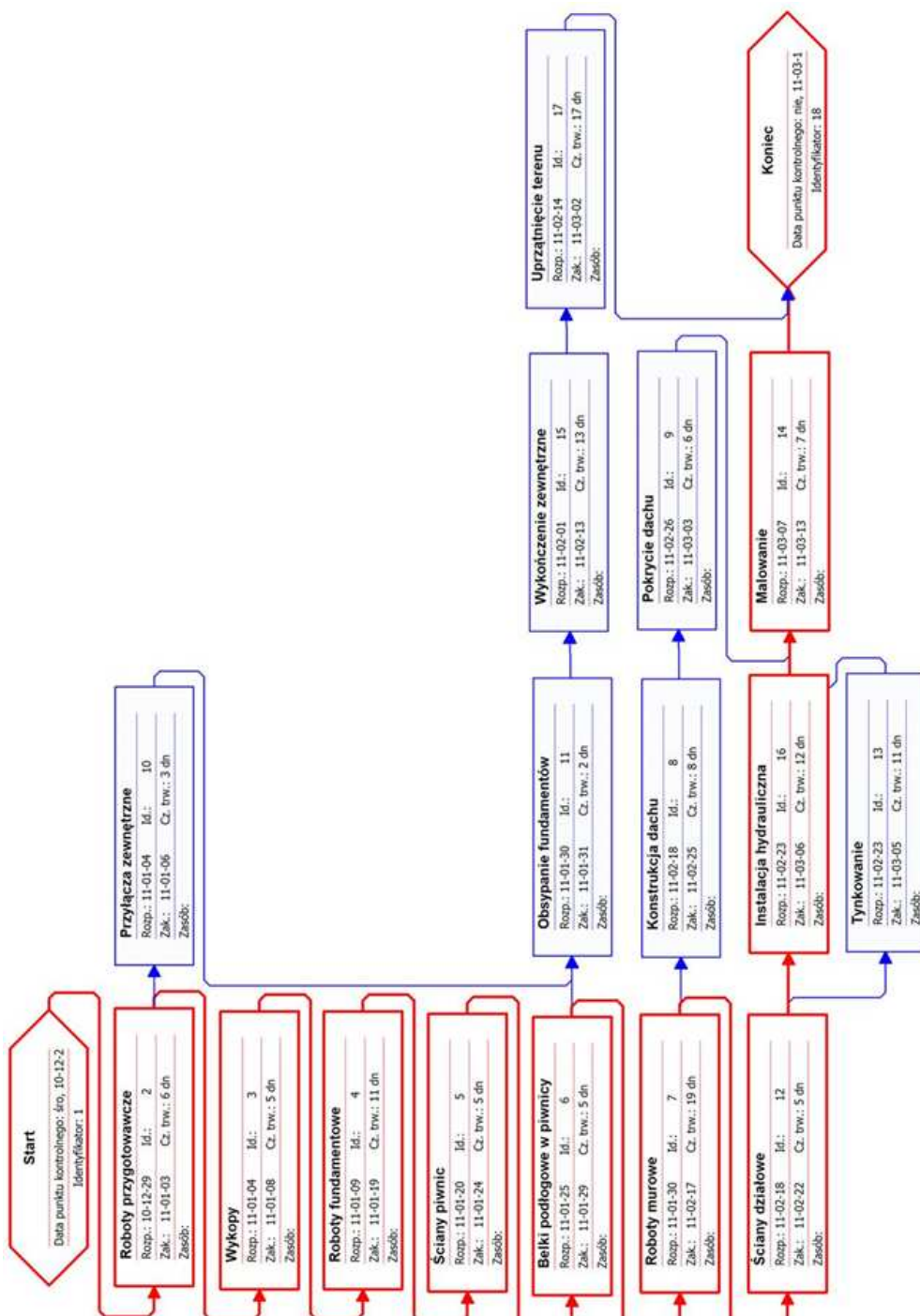
- ocenę szacunkową prawdopodobieństwa materializacji danego czynnika ryzyka,
- ocenę szacunkową skutków materializacji danego czynnika ryzyka,
- ocenę wagi danego czynnika ryzyka (*szacunkowego wpływu danego czynnika ryzyka na osiągnięcie poszczególnych celów projektu*)

3. Informacje o odpowiedzi na ryzyko, w tym:

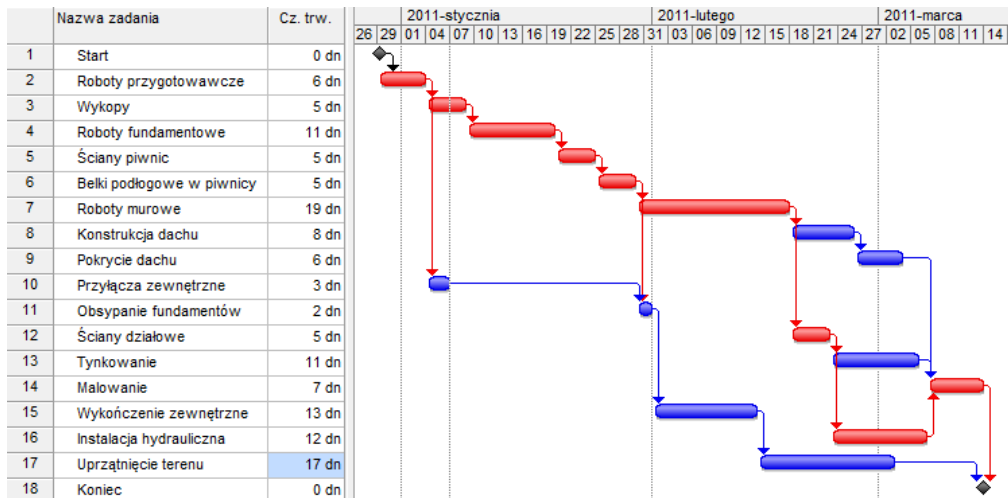
- planowane i zrealizowane działania minimalizujące prawdopodobieństwo materializacji danego czynnika ryzyka,
- planowane i zrealizowane działania ograniczające skutki materializacji danego czynnika ryzyka,
- status danego czynnika ryzyka: otwarty (*zagrożenie wciąż istniejące i podlegające przeglądowi*) lub zamknięty (*zagrożenie nie podlegające dalszym przeglądom*).

4.3.4 PRZYKŁAD IDENTYFIKACJI CZYNNIKÓW RYZYKA BUDOWY

Komórka organizacyjna odpowiedzialna w firmie wykonawczej za zarządzanie ryzykiem ma za zadanie zidentyfikować czynniki ryzyka w nowo podejmowanym projekcie. Projekt dotyczy budowy obiektu kubaturowego. W skład projektu wchodzi roboty budowlane i instalacyjne. Dla projektu została opracowana sieć zależności (rys. 4.6) i harmonogram (rys. 4.7).



Rys. 4.6. Sieć zależności dla przykładowego projektu budowlanego



Rys. 4.7. Harmonogram dla przykładowego projektu budowlanego

Wyniki identyfikacji ryzyka przedstawiono w tabeli 4.3 (patrz załącznik 1). Kolumna pierwsza tabeli to liczba porządkowa określająca numer zidentyfikowanego czynnika ryzyka. W kolumnie drugiej została podana data identyfikacji czynnika ryzyka. W kolumnie trzeciej podano osobę która dokonała identyfikacji czynnika ryzyka, natomiast w kolumnie czwartej określono charakter ryzyka. W kolumnie piątej podana została nazwa czynności projektu, na którą może mieć wpływ dany czynnik ryzyka. W kolumnie szóstej opisano możliwe skutki materializacji czynnika ryzyka. Kolumna siódma definiuje do jakiej kategorii należy zidentyfikowane ryzyko. W kolumnie ósmej podano przewidywany termin pojawienia się niepożądanych skutków materializacji danego czynnika ryzyka. W kolumnie dziewiątej wskazano osoby odpowiedzialne za działania mające na celu przeciwdziałanie materializacji danego czynnika ryzyka i skutkom jego materializacji. Symbol KB oznacza Kierownika Budowy, natomiast symbol PM oznacza Kierownika Projektu. Kolumna dziesiąta informuje o dacie ostatniej aktualizacji. W ostatniej kolumnie podano informację o statusie danego czynnika ryzyka.

4.4 ANALIZA I OCENA JAKOŚCIOWA RYZYKA

4.4.1 SEDNO PROCESU

Zidentyfikowane czynniki ryzyka budowy powinny zostać przeanalizowane dla oceny, które z nich:

- mogą zostać zaakceptowane bez dalszych działań;
- wymagają monitorowania, z czasowym zawieszeniem planowania i realizacji odpowiedzi na ryzyko;
- powinny być przedmiotem dalszej analizy i zaplanowania reakcji na ryzyko.

Uszeregowanie (hierarchizacja) czynników ryzyka według ich dotkliwości umożliwia ustalenie kolejności przygotowania i wdrożenia reakcji (odpowiedzi) na ryzyko.

Miarą dotkliwości danego czynnika ryzyka jest jego waga R , oceniana na podstawie iloczynu prawdopodobieństwa P i przewidywanych skutków I jego materializacji. Jeżeli ocenę prawdopodobieństwa i skutków materializacji czynnika ryzyka przeprowadza się z wykorzystaniem skali punktowej, wagę czynnika ryzyka wyznacza się jako:

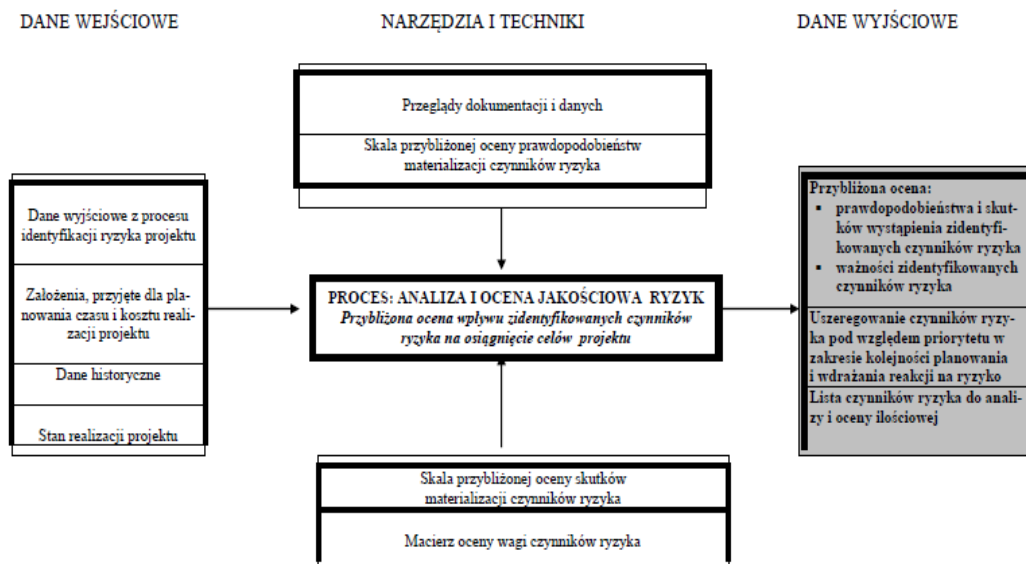
$$R = P \times I. \quad (4.1)$$

Dla oceny narażenia projektu na ryzyko, dokonuje się jakościowej interpretacji wyników oceny dotkliwości danego czynnika ryzyka z wykorzystaniem skali ocen, przyjętej przez wykonawcę robót.

Schemat procesu jakościowej analizy ryzyka przedstawiono na rys. 4.8.

Danymi wejściowymi do analizy jakościowej ryzyka są:

- Dane wyjściowe z procesu identyfikacji czynników ryzyka projektu - charakterystyki zidentyfikowanych czynników ryzyka, podane w *Rejestrze czynników ryzyka*;
- Założenia przyjęte dla oszacowań czasu i kosztu wykonania robót;



Rys. 4.8. Ogólny schemat procesu analizy i oceny jakościowej ryzyka

Dane historyczne, zawierające informacje na temat problemów i zagrożeń, napotkanych w realizacji podobnych projektów;

- Stan realizacji projektu, jako sytuacja istniejąca obiektywnie (*zaawansowanie realizacji projektu umożliwia weryfikację pierwotnej oceny prawdopodobieństwa i skutków materializacji danego czynnika ryzyka*).

Wyniki analizy jakościowej ryzyka powinny umożliwić:

- przybliżoną ocenę prawdopodobieństwa i skutków wystąpienia zidentyfikowanych czynników ryzyka;
- przybliżoną ocenę ważności zidentyfikowanych czynników ryzyka ze względu na ich wpływ na możliwość dotrzymania ustalonych ograniczeń czasu i kosztu realizacji robót;
- uszeregowanie zidentyfikowanych czynników ryzyka pod względem priorytetu w zakresie planowania i wdrażania reakcji na ryzyko.

Czynniki ryzyka, których wagę ocenia się jako co najmniej średnią, są kierowane do dalszej analizy i oceny ilościowej.

4.4.2 NARZĘDZIA I TECHNIKI WSPOMAGAJĄCE

Narzędzia i techniki wspomagające analizę jakościową ryzyka w projekcie budowlanym obejmują:

- Przeglądy dokumentacji i danych, przeprowadzane dla oceny kompletności, spójności i pewności założeń planistycznych, przyjętych dla oszacowania czasu i kosztu wykonania robót;
- Przeglądy danych historycznych, wspomagające – w połączeniu z wynikami oceny założeń planistycznych – szacunkową ocenę prawdopodobieństwa materializacji i zakresu skutków materializacji danego czynnika ryzyka;
- Skalę przybliżonej oceny prawdopodobieństw wystąpienia czynników ryzyka;
- Skalę przybliżonej oceny zakresu skutków materializacji czynników ryzyka;
- Macierz oceny wagi ryzyka na podstawie przybliżonej oceny prawdopodobieństwa wystąpienia danego czynnika ryzyka oraz przybliżonej oceny skutków materializacji danego czynnika ryzyka.

W tabelach 4.4 i 4.5 przedstawiono przykładowe skale oceny prawdopodobieństwa i skutków materializacji czynników ryzyka dla analizy jakościowej ryzyka w projekcie budowlanym. W przedstawionych przykładach, do punktowej oceny prawdopodobieństw zastosowano skalę liniową, a do punktowej oceny skutków materializacji czynników ryzyka – skalę nieliniową (progresywną). Wykorzystanie skali progresywnej pozwala na uwypuklenie czynników ryzyka o bardzo dotkliwych skutkach materializacji. W tabelach 4.6 i 4.7 przedstawiono przykłady macierzy oceny wagi danego czynnika ryzyka na podstawie oceny prawdopodobieństwa i skutków jego wystąpienia.

Tabela 4.4. Przykład skali oceny prawdopodobieństwa materializacji czynników ryzyka dla analizy jakościowej ryzyka w projekcie budowlanym.

Szacunkowe prawdopodobieństwo	Opis prawdopodobieństwa	Ocena w skali opisowej	Ocena w skali punktowej
1 – 9%	Minimalne, praktycznie niemożliwe	A	0,10
10 – 19%	Niewielkie, ale możliwe	B	0,30
20 – 39%	Średnie	C	0,50
40 – 59%	Wysokie	D	0,70
60 – 99%	Bardzo wysokie	E	0,90

Tabela 4.5. Przykład skali oceny skutków materializacji czynników ryzyka dla analizy jakościowej ryzyka w projekcie budowlanym.

Opis	Ocena w skali opisowej	Ocena w skali punktowej	Wpływ materializacji czynnika ryzyka na:			
			Planowany zakres projektu	Harmonogram projektu	Koszt realizacji projektu	Jakość realizacji projektu
Pomijalne	I	0,05	Niezauważalne ograniczenie planowanego zakresu robót	Niezauważalne lub minimalne wydłużenie czasu	Niezauważalny lub minimalny wzrost kosztów	Pogorszenie jakości prawie niezauważalne
Łagodnie-akceptowalne	II	0,10	Wpływ na zakres mniej istotnych robót	Wydłużenie czasu do 5% ¹⁾ , możliwe do zablokowania dzięki wykorzystaniu dostępnych zapasów czasu	Wzrost kosztów do 5% ¹⁾	Wpływ na mniej istotne parametry robót
Umiarkowanie-marginalne	III	0,20	Wpływ na zakres bardziej istotnych robót	Nieuniknione niewielkie (5% do 10% ¹⁾) wydłużenia czasu realizacji niektórych działań na ścieżce krytycznej	Wzrost kosztów od 5% do 10% ¹⁾	Wpływ na bardziej istotne parametry robót
Dotkliwie-krytyczne	IV	0,40	Nieakceptowalne ograniczenie zakresu robót	Nieuniknione znaczne (10% do 20% ¹⁾) wydłużenia czasu realizacji niektórych działań na ścieżce krytycznej	Wzrost kosztów od 10% do 20% ¹⁾	Nieakceptowalne obniżenie jakości wykonania robót
Bardzo dotkliwie-katastrofalne	V	0,80	Zrealizowany zakres robót praktycznie bezużyteczny	Nieuniknione znaczne wydłużenia czasu realizacji wszystkich działań na ścieżce krytycznej	Wzrost kosztów o ponad 20% ¹⁾	Wykonane roboty praktycznie bezużyteczne

¹⁾ wskaźniki procentowe są przykładowe

Tabela 4.6. Przykład tabeli oceny wagi danego czynnika ryzyka w przypadku opisowej oceny prawdopodobieństwa i skutków jego wystąpienia.

Prawdopodobieństwo	Skutki				
	I	II	III	IV	V
A	1	2	4	8	10
B	3	4	8	13	14
C	5	6	12	16	18
D	7	8	16	20	22
E	9	10	21	24	25
Ocena wagi ryzyka			Interpretacja		
1 - 5			Ryzyko niskie; planowanie i realizację odpowiedzi na ryzyko odroczyć do momentu podwyższenia oceny wagi czynnika ryzyka przy ponownym przeglądzie zagrożeń dla projektu		
6 – 10			Ryzyko umiarkowane; zaplanować i wdrożyć odpowiedź na ryzyko w przypadku stwierdzenia symptomów materializacji określonego czynnika ryzyka		
11 - 25			Ryzyko wysokie; bezzwłocznie zaplanować i wdrożyć odpowiedź na ryzyko		

Tabela 4.7. Przykład tabeli oceny wagi danego czynnika ryzyka w przypadku punktowej oceny prawdopodobieństwa i skutków jego wystąpienia.

Prawdopodobieństwo	Skutki				
	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08
Ocena wagi czynnika ryzyka			Interpretacja		
0 – 0,040			Ryzyko niskie; planowanie i realizację odpowiedzi na ryzyko odroczyć do momentu podwyższenia oceny wagi czynnika ryzyka przy ponownym przeglądzie zagrożeń dla projektu		
0,041 – 0,170			Ryzyko umiarkowane; zaplanować i wdrożyć odpowiedź na ryzyko w przypadku stwierdzenia symptomów materializacji określonego czynnika ryzyka		
>0,170			Ryzyko wysokie; bezzwłocznie zaplanować i wdrożyć odpowiedź na ryzyko		

4.4.3 PRZYKŁAD JAKOŚCIOWEJ ANALIZY I OCENY RYZYKA BUDOWY

Na podstawie danych zawartych w tabeli 4.3 i dodatkowych analiz, sporządzono tabelę 4.8 zawierającą wyniki oceny jakościowej zidentyfikowanego ryzyka (patrz załącznik 2). Do oceny jakościowej wykorzystano skalę oceny prawdopodobieństwa materializacji czynników ryzyka według tabeli 4.4 oraz skalę oceny skutków materializacji czynników ryzyka według tabeli 4.6. W wyniku analizy jakościowej, wyodrębniono czynniki ryzyka dla których należy przeprowadzić analizę ilościową oraz zaplanować działania zapobiegające negatywnym skutkom ich materializacji. Czynniki te oznaczono przez zacięniowanie odpowiednich wierszy w tabeli 4.8.

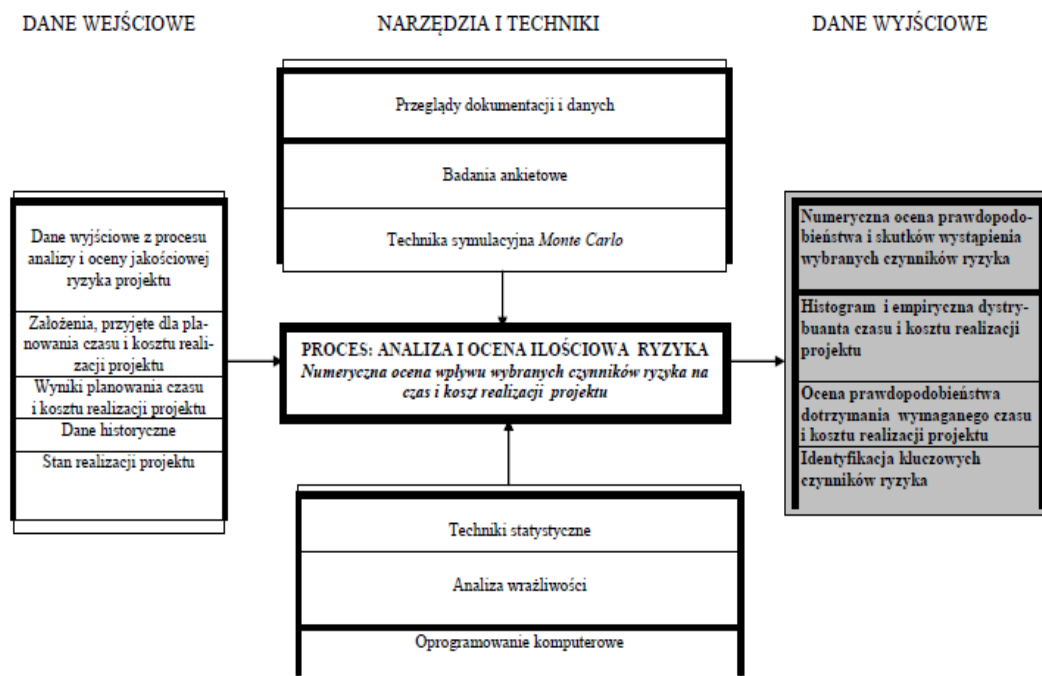
4.5 ANALIZA I OCENA ILOŚCIOWA RYZYKA

4.5.1 KWINTESENCJA PROCESU

Analiza ilościowa ryzyka polega na numerycznym ustaleniu:

- prawdopodobieństwa realizacji projektu w wyznaczonym czasie i w ramach wyznaczonego limitu kosztu;
- udziału wybranych czynników ryzyka w ogólnym ryzyku niepomyślnej realizacji projektu.

Schemat procesu analizy i oceny ilościowej ryzyka przedstawiono na rys. 4.9.



Rys. 4.9. Ogólny schemat procesu analizy i oceny ilościowej ryzyka

Danymi wejściowymi procesu analizy ilościowej ryzyka są:

- Dane wyjściowe z procesu jakościowej analizy i oceny ryzyka w projekcie - lista czynników ryzyka do analizy i oceny ilościowej wpływu na cele projektu;
- Założenia przyjęte dla oszacowania czasu i kosztu wykonania poszczególnych robót;
- Wyniki szacowania czasów i kosztów wykonania poszczególnych robót;
- Dane historyczne, zawierające informacje na temat problemów i zagrożeń, napotkanych w realizacji podobnych projektów;
- Stan realizacji projektu jako sytuacja istniejąca obiektywnie (*zaawansowanie realizacji projektu umożliwia weryfikację pierwotnej oceny prawdopodobieństwa i skutków materializacji danego czynnika ryzyka*).

Decyzja o przeprowadzeniu analizy i oceny ilościowej ryzyka może powodować konieczność opracowania pomocniczego *Rejestru czynników ryzyka do analizy i oceny ilościowej*, zawierającego następujące informacje:

- symbol lub numer czynnika ryzyka, nadany podczas identyfikacji ryzyka w projekcie budowlanym,

- nazwę czynnika ryzyka, nadaną podczas identyfikacji ryzyka w projekcie (*charakterystyka czynnika ryzyka powinna być podana w Rejestrze czynników ryzyka*),
- wartość liczbową szacowanego prawdopodobieństwa materializacji określonego czynnika ryzyka,
- parametr projektu, którego dotyczy oddziaływanie skutków materializacji danego czynnika ryzyka (*zwykle, czas i koszt realizacji projektu*),
- nazwę czynności projektu lub roboty budowlanej, na którą działa dany czynnik ryzyka (*poszczególne czynniki ryzyka mogą oddziaływać na cały projekt względnie tylko na niektóre roboty*),
- szacowane skutki materializacji danego czynnika ryzyka (*jeżeli czynnik ryzyka działa tylko na niektóre roboty, podaje się szacowany rozkład przewidywanych skutków jego materializacji w odniesieniu do czasu i/lub kosztu realizacji danej roboty*).

4.5.2 NARZĘDZIA I TECHNIKI WSPOMAGAJĄCE

Narzędzia i techniki procesu analizy ilościowej ryzyka obejmują:

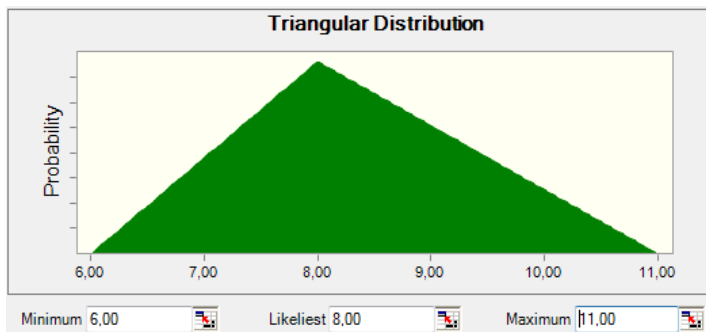
- Przeglądy dokumentacji i danych, przeprowadzane dla oceny kompletności, spójności i pewności założeń przyjętych dla planowania czasu i kosztu wykonania robót;
- Przeglądy danych historycznych, wspomagające – w połączeniu z wynikami oceny założeń planistycznych – numeryczną ocenę prawdopodobieństwa i skutków materializacji danego czynnika ryzyka;
- Wywiady przeprowadzane wśród ekspertów na temat prawdopodobieństwa i skutków wystąpienia określonych czynników ryzyka;
- Technikę symulacyjną *Monte Carlo*, umożliwiającą generowanie wariantowych scenariuszy materializacji zidentyfikowanych czynników ryzyka;
- Techniki statystyczne, umożliwiające badanie uzyskanych rozkładów prawdopodobieństwa czasu i kosztu realizacji projektu z uwzględnieniem wariantowych scenariuszy materializacji zidentyfikowanych czynników ryzyka;
- Analizę wrażliwości, umożliwiającą numeryczne określenie wpływu poszczególnych czynników ryzyka na ogólne ryzyko projektu;
- Oprogramowanie komputerowe, wspomagające przeprowadzanie symulacji, analizę uzyskanych rozkładów prawdopodobieństw oraz analizę wrażliwości.

Zidentyfikowanie jednego lub więcej czynników ryzyka dla danej roboty budowlanej powoduje, że jej czas lub koszt wykonania staje się niepewny. Najczęściej, tą niepewność wyraża się z wykorzystaniem dyskretnego lub ciągłego rozkładu prawdopodobieństwa.

Rozkład dyskretny prawdopodobieństwa wykorzystuje się, gdy przewiduje się wystąpienie kilku wariantowych wartości procentowych lub liczbowych skutków materializacji danego czynnika ryzyka, przy czym każda z tych wartości może wystąpić z określonym prawdopodobieństwem. Oczywiście, suma prawdopodobieństw wystąpienia wariantowych skutków materializacji danego czynnika ryzyka musi być równa 1,00 (lub 100%). Na przykład, przewiduje się, że w przypadku ulewnych opadów deszczu, czas wykonania robot ziemnych wyniesie 10 dni roboczych z prawdopodobieństwem 70% lub 12 dni roboczych z prawdopodobieństwem 30%. Można również przewidywać, że wydłużenie czasu wykonania robot ziemnych w stosunku do oszacowania przeprowadzonego z pominięciem czynników ryzyka, wyniesie 3 zmiany robocze z prawdopodobieństwem 70% lub 5 dni roboczych z prawdopodobieństwem 30%.

Rozkład ciągły prawdopodobieństwa wykorzystuje się, gdy można oszacować jedynie przybliżony zakres wartości procentowych lub liczbowych skutku materializacji danego czynnika ryzyka. Jeżeli wykonawca robót budowlanych nie dysponuje odpowiednimi danymi statystycznymi, decyzja o przyjęciu określonego, teoretycznego rozkładu prawdopodobieństwa skutków materializacji danego czynnika ryzyka jest podejmowana na podstawie opinii ekspertów. W praktyce, najczęściej znajdują zastosowanie dwa rodzaje ciągłego rozkładu prawdopodobieństwa:

- rozkład jednostajny, jeżeli można oszacować jedynie dolną i górną granicę przedziału czasu i kosztu realizacji danej roboty; zakłada się wtedy, że wszystkie wartości pośrednie są jednakowo prawdopodobne;
- rozkład trójkątny (rys. 4.10), jeżeli można oszacować wartość optymistyczną, pesymistyczną i najbardziej prawdopodobną zmiany czasu i kosztu realizacji danej roboty.



Rys. 4.10. Przykład trójkątnego rozkładu prawdopodobieństwa czasu wykonania roboty budowlanej

Dostępne oprogramowanie komputerowe wspomaga przeprowadzanie symulacji czasu i kosztu realizacji projektu, będących wynikiem losowości czasów i kosztów realizacji poszczególnych robót. Jednak, najpierw należy opracować model obliczeniowy, pozwalający na wyznaczanie czasu i kosztu realizacji projektu (*zmiennne wyjściowe*) na podstawie symulowanych czasów i kosztów realizacji poszczególnych robót (*zmiennne wejściowe*). Można w tym celu wykorzystać formuły obliczeniowe, stosowane w analizie modelu sieciowego projektu z wykorzystaniem metody ścieżki krytycznej (CPM). Analizując model sieciowy projektu, wyznacza się:

- terminy najwcześniejszego rozpoczęcia es_j i terminy najwcześniejszego zakończenia ef_j poszczególnych czynności $j = 1, 2, \dots, J$ w modelu sieciowym:

$$es_j = 0 \text{ dla } \{Prec(j)\} = \{\emptyset\}, \quad (4.2)$$

lub:

$$es_j = \max_{i \in \{Prec(j)\}} \{es_i + t_i\} \text{ jeżeli } \{Prec(j)\} \neq \{\emptyset\}, \quad (4.3)$$

oraz

$$ef_j = es_j + t_j, \quad (4.4)$$

gdzie: $\{Prec(j)\}$ – zbiór bezpośrednich poprzedników czynności j ,
 t_j – czas wykonania czynności j ;

- terminy najpóźniejszego rozpoczęcia ls_j i terminy najpóźniejszego zakończenia lf_j czynności w modelu sieciowym:

$$lf_i = 0 \quad \text{dla} \quad \{Succ(i)\} = \{\emptyset\}, \quad (4.5)$$

lub:

$$lf_i = \min_{j \in \{Succ(i)\}} \{lf_j - t_j\} \quad \text{jeżeli} \quad \{Succ(i)\} \neq \{\emptyset\}, \quad (4.6)$$

oraz:

$$ls_i = lf_i - t_i, \quad (4.7)$$

gdzie: $\{Succ(i)\}$ – zbiór bezpośrednich następników czynności i .

Na tej podstawie, w każdej symulacji można wyznaczyć:

- całkowity czas realizacji projektu:

$$t = ef_J; \quad (4.8)$$

- całkowity koszt realizacji projektu:

$$k = tk_p + \sum_{j=1}^N k_j, \quad (4.9)$$

gdzie: k_p – stawka kosztów pośrednich budowy, przypadających na jednostkę czasu,

k_j – bezpośredni koszt wykonania j -tej roboty (czynności w modelu sieciowym).

Mając opracowany model obliczeniowy, można przeprowadzić symulację *Monte Carlo* i wyznaczyć rozkład prawdopodobieństwa czasu i rozkład prawdopodobieństwa kosztu realizacji projektu na podstawie rozkładów prawdopodobieństwa czasów i rozkładów prawdopodobieństwa kosztów wykonania poszczególnych robót.

Technika *Monte Carlo* polega na losowaniu wartości zmiennych wejściowych, podlegających założonym rozkładom prawdopodobieństwa, a następnie na wyliczaniu wartości zmiennych wyjściowych. Wielokrotne powtarzanie tego postępowania, prowadzi do uzyskania zestawu danych, zwanych dalej *próbą* i przedstawiających rozkład wartości danej zmiennej wyjściowej. Wykorzystując *techniki statystyczne*, można ustalić najważniejsze charakterystyki liczbowe tego rozkładu - tabela 4.9.

Tabela 4.9. Najważniejsze charakterystyki liczbowe rozkładu wartości zmiennej wyjściowej

Charakterystyki liczbowe	Podstawowe miary
Wartości centralne rozkładu zmiennej wyjściowej	\bar{X} : wartość średnia z próby
	x^d : wartość modalna (moda, dominanta) z próby
	x^m : mediana z próby (wartość środkowa)
Zróżnicowanie wartości zmiennej wyjściowej	R : rozstęp z próby
	s^2 : wariancja z próby
	s : odchylenie standardowe z próby
	CV : współczynnik zmienności z próby
Asymetria rozkładu zmiennej wyjściowej	A_s : współczynnik skośności z próby

Wartością średnią (średnią, wartością przeciętną) \bar{x} z próby nazywa się średnią arytmetyczną liczb tworzących zestaw uzyskanych wartości zmiennej wyjściowej:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}, \quad (4.10)$$

gdzie: n – liczebność próby (liczba uzyskanych wartości zmiennej wyjściowej).

Wartością modalną (modą, dominantą) nazywa się tą wartość zmiennej wyjściowej, która w zestawie danych występuje najczęściej.

Medianą (wartością środkową) z próby nazywa się liczbę dzielącą uporządkowany niemalejąco (lub nierosnąco) zestaw wartości zmiennej wyjściowej na dwie części o równej liczebności.

Rozstępem z próby nazywa się liczbę równą różnicy między największą, a najmniejszą wartością w zestawie danych z próby:

$$R = x_{\max} - x_{\min}. \quad (4.11)$$

Wariancją z próby nazywa się średnią arytmetyczną kwadratów różnic między poszczególnymi danymi, a wartością średnią tych danych:

$$s^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}. \quad (4.12)$$

Odchyleniem standardowym z próby nazywa się średnią kwadratową odchyień od średniej arytmetycznej. Odchylenie standardowe jest równe pierwiastkowi kwadratowemu z wariancji:

$$s = \sqrt{s^2}. \quad (4.13)$$

Im większe jest rozproszenie obserwowanych wartości zmiennej wyjściowej, tym większa jest wartość odchylenia standardowego z próby.

Współczynnikiem zmienności z próby nazywa się liczbę równą ilorazowi odchylenia standardowego i wartości średniej:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}}. \quad (4.14)$$

Współczynnikiem skośności z próby nazywa się liczbę A_s , wyznaczaną jak niżej:

$$A_s = \frac{(x_1 - \bar{x})^3 + (x_2 - \bar{x})^3 + \dots + (x_n - \bar{x})^3}{(n-1)s^3}. \quad (4.15)$$

Jeżeli $A_s < 0$, rozkład wartości zmiennej wyjściowej ma skośność dodatnią (jest prawostronnie skośny). Rozkład taki ma wartość średnią większą od mediany.

Jeżeli $A_s > 0$, rozkład wartości zmiennej wyjściowej ma skośność ujemną (jest lewostronnie skośny). Rozkład taki ma wartość średnią mniejszą od mediany.

Jeżeli $A_s = 0$, rozkład jest symetryczny. Wartość średnia takiego rozkładu jest równa medianie i wartości modalnej.

Dla wyznaczenia wartości modalnej i mediany z próby, sporządza się dwa wykresy, przedstawiające histogram i dystrybuantę empiryczną zmiennej wyjściowej (rys. 4.11).

Punktem wyjścia dla sporządzenia obu wykresów jest utworzenie szeregu rozdzielczego uzyskanych wartości zmiennej wyjściowej. W tym celu, zbiór ten dzieli się na k przedziałów klasowych (zwykle, prawostronnie domkniętych) o granicach dolnych x_{1i} i granicach górnych x_{2i} , gdzie i oznacza numer kolejnego przedziału klasowego. Suma liczebności w poszczególnych przedziałach klasowych musi odpowiadać liczebności całej próby:

$$\sum_{i=1}^k n_i = n. \quad (4.16)$$

Następnie, wyznacza się częstości empiryczne w_i , z jakimi wartości zmiennej wyjściowej występują w poszczególnych przedziałach klasowych:

$$w_i = \frac{n_i}{n}, \quad (4.17)$$

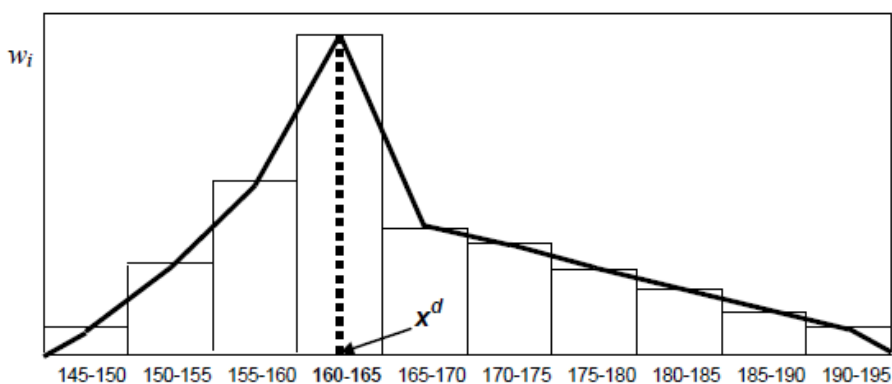
gdzie: n_i - liczebności wartości zmiennej wyjściowej w poszczególnych przedziałach klasowych.

Częstości empiryczne informują o prawdopodobieństwie, z jakim zmienna wyjściowa przyjmuje wartość z poszczególnych przedziałów klasowych. Przykładowy szereg rozdzielczy wartości pewnej zmiennej wyjściowej, uzyskanych dla 50000 symulacji, przedstawiono w tabeli 4.10.

Tabela 4.10. Przykładowy szereg rozdzielczy i częstości empiryczne wartości pewnej zmiennej wyjściowej

i	x_{1i}	x_{2i}	n_i	w_i
1	2	3	4	6
1	145	150	1000	0,020
2	150	155	5000	0,100
3	155	160	8000	0,160
4	160	165	15000	0,300
5	165	170	6000	0,120
6	170	175	5000	0,100
7	175	180	4000	0,080
8	180	185	3000	0,060
9	185	190	2000	0,040
10	190	195	1000	0,020
suma			50000	1,000

Histogram jest przybliżonym, dyskretnym modelem funkcji rozkładu zmiennej wyjściowej (funkcji gęstości prawdopodobieństwa). Histogram uzyskany na podstawie danych z tabeli 4.10 przedstawiono na rys. 4.11. Łącząc ciągłą linią środki sąsiadujących ze sobą słupków histogramu, można wyznaczyć przybliżony wykres funkcji rozkładu zmiennej wyjściowej. Funkcja ta określa prawdopodobieństwo występowania wartości zmiennej wyjściowej z dowolnego przedziału klasowego, czyli ich udziału w całej próbie. Wartości zmiennej wyjściowej o największym udziale w próbie tworzą przedział modalny histogramu. W środku tego przedziału znajduje się wartość modalna zmiennej wyjściowej. Jest to teoretyczna wartość zmiennej wyjściowej, najczęściej powtarzającej się w próbie - nie odpowiada żadnej z wartości uzyskanych w wyniku symulacji.



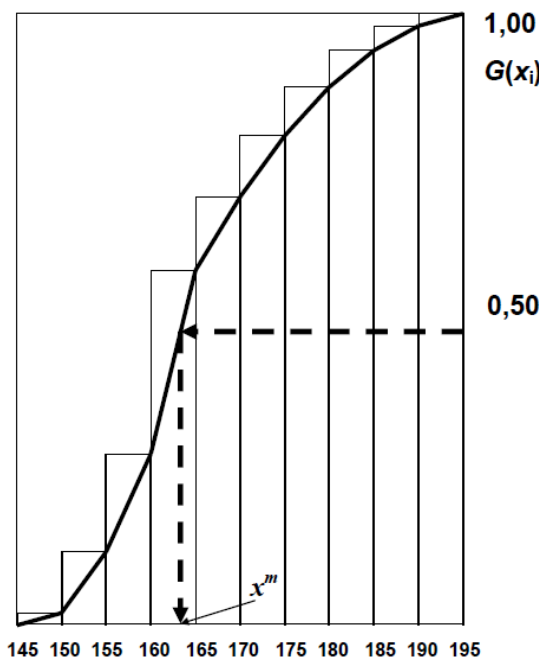
Rys. 4.11. Histogram uzyskany na podstawie danych z tabeli 14.

W celu sporządzenia wykresu dystrybuanty empirycznej, należy wyznaczyć częstości skumulowane $G(x_i)$, sumując narastająco częstości empiryczne w_i - patrz tabela 4.11.

i	x_{1i}	x_{2i}	n_i	w_i	$G(x_i)$
1	2	3	4	5	6
1	145	150	1000	0,020	0,020
2	150	155	5000	0,100	0,120
3	155	160	8000	0,160	0,280
4	160	165	15000	0,300	0,580
5	165	170	6000	0,120	0,700
6	170	175	5000	0,100	0,800
7	175	180	4000	0,080	0,800
8	180	185	3000	0,060	0,940
9	185	190	2000	0,040	0,980
10	190	195	1000	0,020	1,000
suma			50000	1,000	

Tabela 4.11. Częstości skumulowane pewnej zmiennej wyjściowej

Diagram słupkowy częstości skumulowanych przedstawiono na rys. 4.12. Łącząc linią ciągłą górne granice kolejnych, sąsiadujących ze sobą słupków wartości kumulowanych, uzyskuje się wykres empirycznej dystrybuanty zmiennej wyjściowej. Na tej podstawie, można wyznaczyć medianę, od której 50% uzyskanych wartości zmiennej wyjściowej jest mniejsza lub większa. Wartość mediany jest również teoretyczna - nie odpowiada żadnej z wartości zmiennej wyjściowej, uzyskanych w wyniku symulacji.



Rys. 4.12. Diagram słupkowy częstości skumulowanych zmiennej wyjściowej

W rezultacie wykorzystania symulacji Monte Carlo i technik statystycznych, można otrzymać:

- histogram i empiryczną dystrybuantę czasu T realizacji projektu, oraz
 - histogram i empiryczną dystrybuantę kosztu K realizacji projektu,
- dla przyjętych rozkładów prawdopodobieństwa czasów i kosztów realizacji poszczególnych robót.

Na tej podstawie, można ustalić:

1) dla zmiennej losowej T czasu realizacji projektu:

- wartości optymistyczne t^a i pesymistyczne t^b czasu realizacji projektu; odpowiadające w praktyce dystrybuancie empirycznej $G(t^a) = 0,10$ i dystrybuancie empirycznej $G(t^b) = 0,90$;
- wartość średnią \bar{t} czasu realizacji projektu;
- wartość najbardziej prawdopodobną t^d czasu realizacji projektu,
- medianę t^m czasu realizacji projektu, dla której $G(t^m) = 0,50$;

- prawdopodobieństwo $P(T \leq t_d) = G(t_d)$ realizacji projektu w wyznaczonym czasie t_d ;

2) dla zmiennej losowej K kosztu realizacji projektu:

- wartości optymistyczne k^a i pesymistyczne k^b kosztu realizacji projektu, odpowiadające w praktyce dystrybuancie empirycznej $G(k^a) = 0,10$ i dystrybuancie empirycznej $G(k^b) = 0,90$;
- wartość średnią \bar{k} kosztu realizacji projektu,
- wartość najbardziej prawdopodobną k^d kosztu realizacji projektu,
- medianę k^m kosztu realizacji projektu, dla której $G(k^m) = 0,50$;
- prawdopodobieństwo $P(K \leq k_d) = G(k_d)$, że koszt realizacji projektu nie przekroczy zadanej wartości k_d .

Na podstawie obliczeń całkowitego zapasu czasu danej czynności w każdej symulacji:

$$tf_j = ls_j - es_j, \quad (4.18)$$

Można również ocenić prawdopodobieństwo krytyczności tej czynności i ukierunkować planowanie działań zapobiegawczych.

Jednak, z punktu widzenia zarządzania ryzykiem, większe znaczenie ma identyfikacja krytycznych czynników ryzyka, najbardziej zagrażających realizacji projektu w wyznaczonym czasie i w ramach ustalonego limitu kosztu. Dla tych potrzeb, można wykorzystać następującą procedurę:

1. Identyfikacja czynności projektu o losowych (niepewnych) czasach i kosztach wykonania.

Identyfikacji dokonuje się na podstawie *Rejestru ryzyka do analizy i oceny ilościowej*.

2. Ustalenie czynników ryzyka, powodujących losowość czasu i kosztu wykonania danej czynności.

Ustalenia czynników ryzyka, powodujących wskazanym czynnościom dokonuje się na podstawie *Rejestru czynników ryzyka do analizy i oceny ilościowej*.

3. Ustalenie prawdopodobieństwa materializacji danego czynnika ryzyka

Wartość tego prawdopodobieństwa powinna być podana w *Rejestrze czynników ryzyka do analizy i oceny ilościowej*. Dla potrzeb symulacji, można przyjąć dwupunktowy (zero – jedynkowy) rozkład prawdopodobieństwa materializacji danego czynnika ryzyka. Jest to

rozkład dyskretny, w którym istnieją tylko dwie realizacje zmiennej losowej X : $X = 1$ lub $X = 0$. Prawdopodobieństwo realizacji zmiennej losowej o rozkładzie dwupunktowym wynosi:

$$P(x_i) = p \text{ dla } X = 1 \quad (4.19)$$

lub

$$P(x_i) = q = 1 - p \text{ dla } X = 0, \quad (4.20)$$

gdzie $i = 1$ lub 2 . Rozkład dwupunktowy prawdopodobieństwa materializacji danego czynnika ryzyka można otrzymać na podstawie rozkładu Bernoulliego, przyjmując liczbę prób równą 1 oraz prawdopodobieństwo sukcesu w jednej próbie równe ustalonemu prawdopodobieństwu materializacji danego czynnika ryzyka.

4. Ustalenie rozkładu prawdopodobieństwa skutków materializacji danego ryzyka, oddzielnie dla każdej ze wskazanych czynności projektu.

Rozkłady prawdopodobieństwa czasu i bezpośredniego kosztu realizacji każdej z czynności projektu w przypadku materializacji danego ryzyka powinny być podane w *Rejestrze czynników ryzyka do analizy i oceny ilościowej*.

5. Ustalenie, dla każdej ze wskazanych czynności projektu, wszystkich możliwych scenariuszy materializacji czynników ryzyka, przypisanych do tej czynności.

Jeżeli do danej czynności projektu przypisano n ryzyka, to liczba możliwych scenariuszy materializacji czynników ryzyka wynosi dla tej czynności 2^n . Na przykład, dla trzech czynników ryzyka R_1 , R_2 i R_3 , należy uwzględnić osiem następujących scenariuszy ich realizacji (1 oznacza materializację, 0 – brak materializacji danego czynnika ryzyka).

Tabela 4.12. Osiem scenariuszy materializacji czynników ryzyka.

Numer scenariusza	R_1	R_2	R_3
1	0	0	0
2	1	0	0
3	1	1	0
4	1	1	1
5	1	0	1
6	0	1	1
7	0	0	1
8	0	1	0

6. Ustalenie, dla każdego z możliwych scenariuszy materializacji czynników ryzyka, rozkładu prawdopodobieństwa czasu i rozkładu prawdopodobieństwa kosztu wykonania danej czynności projektu.

Należy zwrócić uwagę, że skutek jednoczesnej materializacji dwóch lub więcej czynników ryzyka jest zwykle większy od algebraicznej sumy skutków materializacji tych czynników, rozpatrywanych oddzielnie. Można to uwzględnić w następujący sposób:

- czas wykonania j -tej czynności projektu, oszacowany z pominięciem wszelkich czynników ryzyka, przyjmuje się jako $t_j = 100\%$,
- przewiduje się, że podczas wykonywania tej roboty, mogą zmaterializować się dwa czynniki ryzyka, oznaczone jako R_1 i R_2 ,
- skutki oddzielnej materializacji czynnika R_1 i czynnika R_2 w postaci skrócenia lub wydłużenia czasu wykonania czynności opisuje się z wykorzystaniem trójkątnego rozkładu prawdopodobieństwa, z wartością optymistyczną $t_j^{(a)k}$, wartością najbardziej prawdopodobną $t_j^{(m)k}$ oraz wartością pesymistyczną $t_j^{(b)k}$, $k = 1$ lub 2 , jak niżej:

Tabela 4.13. Skutki oddzielnej materializacji czynników ryzyka w postaci zmiany czasu wykonania czynności.

Czynnik ryzyka	$t_j^{(a)k}$	$t_j^{(m)k}$	$t_j^{(b)k}$
R_1	-10%	20%	30%
R_2	-15%	15%	25%

- skutki jednoczesnej materializacji czynnika R_1 i czynnika R_2 w postaci wydłużenia lub skrócenia czasu wykonania czynności opisuje się z wykorzystaniem trójkatnego rozkładu prawdopodobieństwa, z czasami $t_j^{(a)}$, $t_j^{(m)}$ i $t_j^{(b)}$, wyznaczonymi jak niżej:

$$t_j^{(a)} = (0,90 \times 0,85) \times 100\% = 76\%;$$

$$t_j^{(m)} = (1,20 \times 1,15) \times 100\% = 138\%;$$

$$t_j^{(b)} = (1,30 \times 1,25) \times 100\% = 163\%.$$

7. Ustalenie schematu symulacji czasu i kosztu realizacji projektu.

Można opracować arkusz kalkulacyjny, działający zgodnie z poniższym schematem:

- losowy wybór wartości 1 lub 0 z dwupunktowego rozkładu prawdopodobieństwa materializacji każdego z czynników ryzyka przypisanych do danej czynności projektu (patrz p. 4); na przykład, w przypadku trzech czynników ryzyka, można otrzymać wynik: $P(R_1) = 1$, $P(R_2) = 0$, $P(R_3) = 1$;
- identyfikacja scenariusza materializacji czynników ryzyka (patrz p. 6); dla podanego wyżej przypadku, jest to scenariusz nr 5;
- losowy wybór wartości z ustalonych rozkładów prawdopodobieństwa czasu i kosztu wykonania danej czynności projektu dla zidentyfikowanego scenariusza materializacji czynników ryzyka (patrz p. 7);
- wyznaczenie, na podstawie opracowanego uprzednio modelu obliczeniowego, czasu i kosztu realizacji projektu w danej symulacji.

8. Przeprowadzenie serii symulacji dla uzyskania jak największej ilości różnych wartości czasu i kosztu realizacji projektu.

Zaleca się wykorzystanie oprogramowania komputerowego, współpracującego z arkuszem kalkulacyjnym działającym zgodnie ze schematem podanym w p. 7.

9. Analiza wyników symulacji.

Zaleca się wykorzystanie oprogramowania komputerowego, współpracującego z arkuszem kalkulacyjnym działającym zgodnie ze schematem podanym w p. 7.

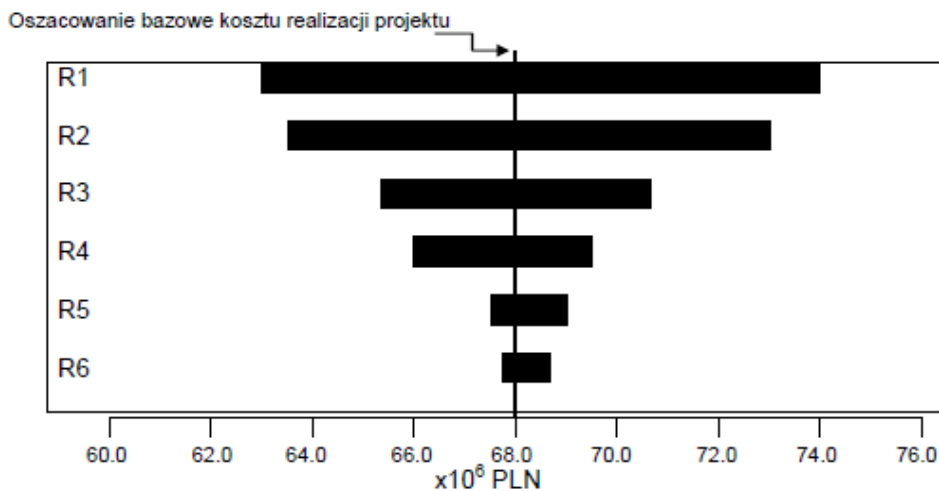
Poza wyznaczeniem charakterystyk liczbowych rozkładu wartości zmiennej wyjściowej T i zmiennej wyjściowej K (tabela 10), istotne znaczenie dla dalszych procesów zarządzania ryzykiem ma doprecyzowanie oceny wpływu poszczególnych czynników ryzyka na czas i koszt realizacji projektu. W tym celu można przeprowadzić:

- 1) Analizę *Tornado*;
- 2) Analizę wrażliwości z wykorzystaniem współczynników korelacji rangowej Spearmana.

Analizę *Tornado* przeprowadza się dla oceny wrażliwości czasu lub kosztu realizacji projektu na skutki materializacji danego czynnika ryzyka przy założeniu, że pozostałe czynniki ryzyka nie materializują się. Wynikiem analizy jest uszeregowanie czynników ryzyka pod względem wpływu na czas lub koszt realizacji projektu, jednak bez uwzględnienia skutków jednoczesnej materializacji dwóch lub więcej czynników.

Przykładowy wynik analizy *Tornado* przedstawiono na rys. 4.13. Jest to wykres słupkowy o następującej charakterystyce:

- długości słupków są proporcjonalne do wrażliwości czasu lub kosztu realizacji projektu na skutki materializacji poszczególnych czynników ryzyka, rozpatrywanych oddzielnie;
- słupki są ułożone w kolejności odpowiadającej malejącemu wpływowi poszczególnych czynników ryzyka na zmienność czasu lub kosztu realizacji projektu;
- odcięte końców poszczególnych słupków wyznaczają minimalny i maksymalny czas lub koszt realizacji projektu w przypadku materializacji danego czynnika ryzyka.



Rys. 4.13. Przykładowy wynik analizy Tornado

Analizę wrażliwości z wykorzystaniem *współczynników korelacji rangowej* przeprowadza się w celu zbadania siły związku monotonicznego, dodatniego lub ujemnego, pomiędzy skutkami materializacji poszczególnych czynników ryzyka a wynikającą stąd zmianą czasu lub kosztu realizacji projektu w stosunku do wartości oszacowanych bez uwzględnienia ryzyka. W ogólnym przypadku, dodatnia zależność monotoniczna zachodzi, gdy zwiększenie wartości zmiennej wejściowej powoduje zwiększenie wartości zmiennej wyjściowej. Natomiast, ujemna zależność monotoniczna zachodzi, gdy zwiększenie wartości zmiennej wyjściowej powoduje zmniejszenie wartości zmiennej wyjściowej. W przypadku próby statystycznej, wyznacza się estymator korelacji rangowej zmiennych X i Y , w następujący sposób:

1. Dla każdej porównywanej zmiennej przeprowadza się niezależnie rangowanie:

- obserwowane wartości danej zmiennej (w skali liczbowej lub interwałowej) zestawia się w porządku rosnącym,
- każdej wartości x_k zmiennej X przypisuje się rangę R_{x_k} , równą pozycji danej wartości tej zmiennej w porządku rosnącym (wartość najniższa uzyskuje rangę 1, wartość kolejna – rangę 2, itd.),
- podobnie, każdej wartości y_k zmiennej Y przypisuje się rangę R_{y_k} .

2. Po powrocie do pierwotnego porządku wartości zmiennych, wyznacza się estymator korelacji rangowej zmiennych:

$$r = \text{corr}(RX, RY), \quad (4.21)$$

gdzie: corr - klasyczny współczynnik korelacji Pearsona,

R_X - rangi zmiennej X w próbie,

R_Y - rangi zmiennej Y w próbie.

W przypadku niewielkiej próby i braku rang wiązanych (wartości nie powtarzają się w obrębie próby dla żadnej ze zmiennych z osobna), można wykorzystać wzór:

$$r = 1 - \frac{6 \sum_{k=1}^n d_k^2}{n(n^2 - 1)} \quad (4.22)$$

gdzie $d_k = R_{X_k} - R_{Y_k}$ jest różnicą pomiędzy rangami zmiennych X i Y dla k - tej obserwacji, natomiast n jest licznością d_k .

Na przykład:

Tabela 4.14. Wartości x,y , ich rangi oraz różnice rang do wyznaczenia estymatora korelacji rangowej zmiennych

Numer obserwacji, k	Wartość x_k	Wartość y_k	Ranga R_{X_k}	Ranga R_{Y_k}	d_k^2	$r = 0,94$
1	1,1	2,4	2	3	1	
2	1,6	2,5	4	4	0	
3	2,7	3,1	5	5	0	
4	1,4	2,3	3	2	1	
5	0,8	2,2	1	1	0	
6	3,1	3,9	6	6	0	
$\sum_{k=1}^6 d_k^2 =$					2	

Jeżeli dana wartość zmiennej występuje wielokrotnie, każdemu z jej wystąpień przypisuje się tą samą rangę, równą średniej arytmetycznej pozycji w porządku rosnącym (jest to ranga wiązana - ang. *tied rank*). Dlatego, mogą występować rangi ułamkowe, np. ranga 4,5. W przypadku występowania rang wiązanych, można również wykorzystać wzór Pearsona:

$$r = \frac{\sum_k (x_k - \bar{x})(y_k - \bar{y})}{\sqrt{\sum_k (x_k - \bar{x})^2 \sum_k (y_k - \bar{y})^2}} \quad (4.23)$$

Na przykład:

Tabela 4.15. Wartości x, y dla poszczególnych obserwacji.

Numer obserwacji, k	Wartość x_k	Wartość y_k
1	1,1	2,4
2	1,1	2,5
3	2,7	3,1
4	1,4	2,2
5	0,8	2,2
6	3,1	3,9
	$\bar{x} = 1,70$	$\bar{y} = 2,72$

$$\sum_k (x_k - \bar{x})(y_k - \bar{y}) = 2,99;$$

$$\sqrt{\sum_k (x_k - \bar{x})^2 \sum_k (y_k - \bar{y})^2} = 3,21;$$

$$r = 0,93.$$

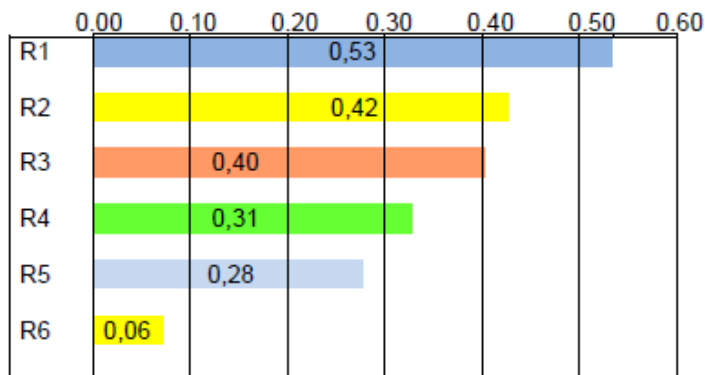
W specjalistycznym oprogramowaniu komputerowym, wspomagającym zarządzanie ryzykiem projektu z uwzględnieniem statystycznej analizy danych, wykorzystuje się jeszcze inne sposoby wyznaczania estymatorów korelacji rangowej zmiennych (na przykład, algorytm Imana – Conovera).

Współczynniki korelacji rangowej przyjmują wartości z przedziału [-1; 1]. Dodatnia wartość współczynnika korelacji rangowej oznacza, że pomiędzy skutkiem materializacji danego czynnika ryzyka a czasem i kosztem realizacji projektu istnieje zależność wprost proporcjonalna. Zatem, materializacja danego czynnika jest zagrożeniem dla planowanego czasu lub planowanego kosztu realizacji projektu. Natomiast, ujemna wartość współczynnika korelacji rangowej oznacza, że materializacja danego czynnika może zwiększyć szansę na realizację projektu w planowanym czasie i w ramach planowanego kosztu. Zerowa wartość współczynnika korelacji rangowej informuje o braku wpływu skutków materializacji danego czynnika ryzyka na czas lub koszt realizacji projektu.

Wynikiem analizy wrażliwości z wykorzystaniem współczynników korelacji rangowej jest uszeregowanie czynników ryzyka pod względem wpływu na zmianę czasu lub kosztu realizacji projektu, powstającą w przypadku jednoczesnego oddziaływania wszystkich czynników ryzyka o założonym prawdopodobieństwie materializacji i o założonych rozkładach prawdopodobieństwa skutków materializacji.

Przykładowy wynik analizy wrażliwości z wykorzystaniem współczynników korelacji rangowej przedstawiono na rys. 4.14. Jest to diagram słupkowy o następującej charakterystyce:

- długości słupków są proporcjonalne do wartości współczynników korelacji rangowej, określających w tym przypadku siłę związku pomiędzy skutkami materializacji poszczególnych czynników ryzyka a zmianą czasu realizacji projektu;
- słupki są ułożone w kolejności odpowiadającej malejącemu wpływowi poszczególnych czynników ryzyka na zmienność czasu realizacji projektu;
- dodatnie wartości współczynników korelacji rangowej wskazują, że materializacja każdego z uwzględnionych czynników ryzyka powoduje wydłużenie czasu realizacji projektu w stosunku do czasu planowanego bez uwzględniania ryzyka.

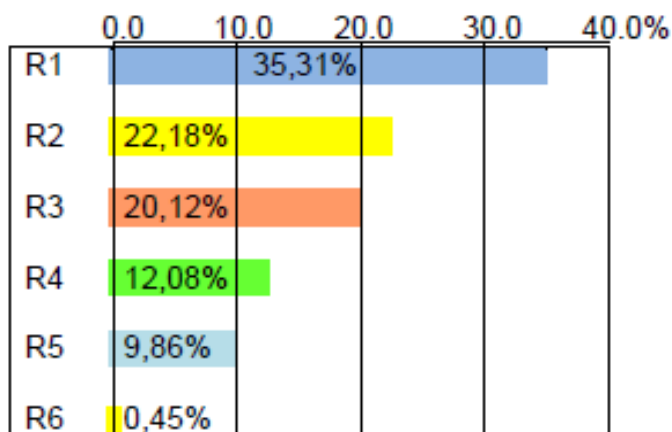


Rys. 4.14. Przykładowy wynik analizy wrażliwości z wykorzystaniem współczynników korelacji rangowej

Wartości współczynników korelacji rangowej można znormalizować, wykorzystując wzór:

$$r_{i,\%} = \frac{r_i^2}{\sum_{i=1}^I r_i^2} 100\%, \quad (4.24)$$

gdzie r_i jest wartością współczynnika korelacji rangowej pomiędzy skutkiem materializacji i – tego czynnika ryzyka a wynikającą stąd zmianą czasu lub kosztu realizacji projektu. W rezultacie, uzyskuje się diagram słupkowy jak na rys. 4.15. Diagram ten informuje o procentowym udziale skutków materializacji poszczególnych czynników ryzyka w zmianie czasu lub kosztu realizacji projektu.



Rys. 4.15. Przykładowy wynik analizy wrażliwości po normalizacji współczynników korelacji rangowej

Wyniki analizy *Tornado* i analizy wrażliwości z wykorzystaniem współczynników korelacji rangowej można następnie wykorzystać do ukierunkowania działań związanych z planowaniem reakcji na ryzyko. Na podstawie wyników analiz przedstawionych na rys. 4.15 można stwierdzić, że w przypadku czynnika ryzyka oznaczonego symbolem R6 można powstrzymać się od dalszych działań.

4.5.3 PRZYKŁAD ILOŚCIOWEJ ANALIZY I OCENY RYZYKA BUDOWY

Kontynuując przykład rozpatrywany w Rozdziałach 4.3.3 i 4.4.3, przeprowadzono analizę i ocenę ilościową ryzyka budowy. W przypadku pominięcia skutków materializacji czynników ryzyka, nominalny czas realizacji projektu wynosi 75 dni roboczych, a nominalny koszt realizacji projektu wynosi € 890.000.

Poszczególnym czynnikom ryzyka, poddanych analizie ilościowego wpływu na czas i koszt realizacji projektu, nadano symbole od R1 do R7. Następnie, ustalono:

- prawdopodobieństwo materializacji każdego z czynników ryzyka,
- możliwe scenariusze materializacji czynników ryzyka w odniesieniu do poszczególnych czynności projektu,
- rozkłady prawdopodobieństwa skutków realizacji poszczególnych scenariuszy materializacji czynników ryzyka w odniesieniu do poszczególnych czynności projektu.

Przyjęto, że:

- wymagany czas realizacji projektu wynosi 85 dni roboczych od dnia rozpoczęcia budowy,
- ze względu na zdolność produkcyjną, wykonawca może podjąć się realizacji projektu o koszcie wykonania nie przekraczającym kwoty € 1.000.000,
- prawdopodobieństwo materializacji czynnika ryzyka R1 związanego z dostępnością terenu na potrzeby zaplecza budowy wynosi 60%,
- prawdopodobieństwo materializacji czynnika ryzyka R2 związanego z uzyskaniem zezwoleń na usunięcie istniejącej roślinności wynosi 80%,
- prawdopodobieństwo materializacji czynnika ryzyka R3 związanego ze zmienną dostępnością materiałów do wykonania robót budowlanych wynosi 50%,
- prawdopodobieństwo materializacji czynnika ryzyka R4 związanego ze zmienną dostępnością materiałów do wykonania robót instalacyjnych wynosi 20%,
- prawdopodobieństwo materializacji czynnika ryzyka R5 związanego z kwalifikacjami robotników wykonującymi poszczególne prace wynosi 50%,
- prawdopodobieństwo materializacji czynnika ryzyka R6 związanego ze zmiennością warunków pogodowych wynosi 50%,
- prawdopodobieństwo materializacji czynnika ryzyka R7 związanego z możliwymi zmianami cen usług zewnętrznych wynosi 50%.

Możliwe scenariusze materializacji czynników ryzyka i rozkłady prawdopodobieństwa skutków ich materializacji zestawiono w tabeli 4.16. Przyjęto, założenie, że niepewność skutków realizacji poszczególnych scenariuszy materializacji czynników ryzyka można opisać za pomocą trójkątnych rozkładów prawdopodobieństwa.

Tabela 4.16. Zestawienie możliwych scenariuszy materializacji czynników ryzyka i rozkładów prawdopodobieństwa skutków ich materializacji

L. p.	Nazwa czynności	Scenariusz materializacji czynników ryzyka	Nominalny czas lub koszt wykonania czynności	W przypadku materializacji ryzyka		
				Wartość minimalna czasu lub kosztu wykonania czynności	Wartość modalna czasu lub kosztu wykonania czynności	Wartość maksymalna czasu lub kosztu wykonania czynności
Część I – oddziaływanie poszczególnych scenariuszy materializacji czynników ryzyka na czas wykonania czynności						
1	Roboty przygotowawcze	R1	6	6	8	11
		R2	6	7	8	10
		R1 i R2	6	7	11	17
2	Wykopy	R6	5	6	8	10
3	Pokrycie dachu	R6	6	7	8	10
4	Malowanie	R3	7	7	10	11
5	Wykończenie zewnętrzne	R6	13	15	18	24
6	Instalacja hydrauliczna	R4	12	15	18	21
		R5	12	13	14	16
		R4 i R5	12	17	22	27
Część II – oddziaływanie poszczególnych scenariuszy materializacji czynników ryzyka na koszt wykonania czynności						
7	Roboty przygotowawcze	R1	1200	1500	1900	2300
		R2	1200	1700	2300	2500
		R1 i R2	1200	1900	2600	2900
8	Wykopy	R6	3500	4500	5400	5500
9	Pokrycie dachu	R6	1800	2800	3800	4100
10	Malowanie	R3	5100	5500	6000	6300
11	Wykończenie zewnętrzne	R6	6300	7300	8900	10100
12	Instalacja hydrauliczna	R4	4200	4900	5700	6300
		R5	4200	4500	4900	5300
		R4 i R5	4200	4900	6300	6600
13	Uprzątnięcie placu budowy	R7	1400	2000	2800	4100

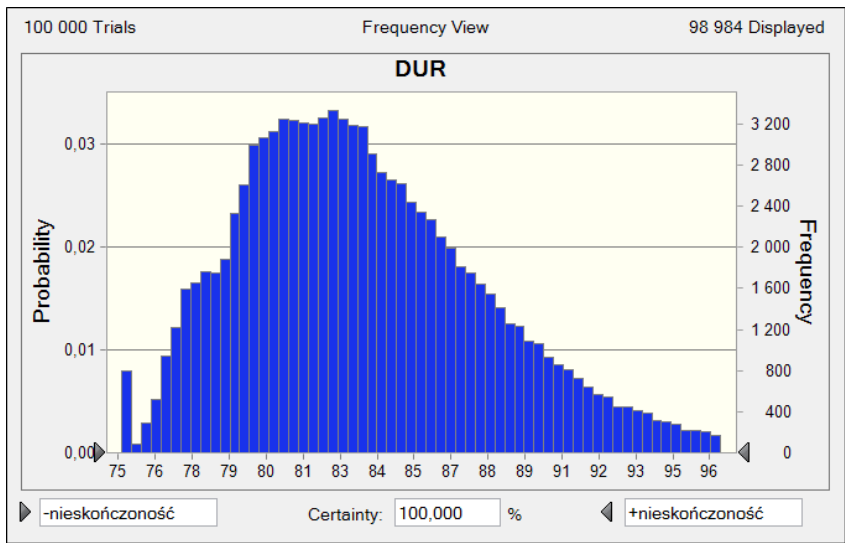
Analizę ilościową ryzyka wykonano z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego Excel i programu Crystal Ball (licencja edukacyjna). Wyniki analizy przedstawiono poniżej.

1. Analiza i ocena ilościowa oddziaływania poszczególnych scenariuszy materializacji czynników ryzyka na czas realizacji projektu

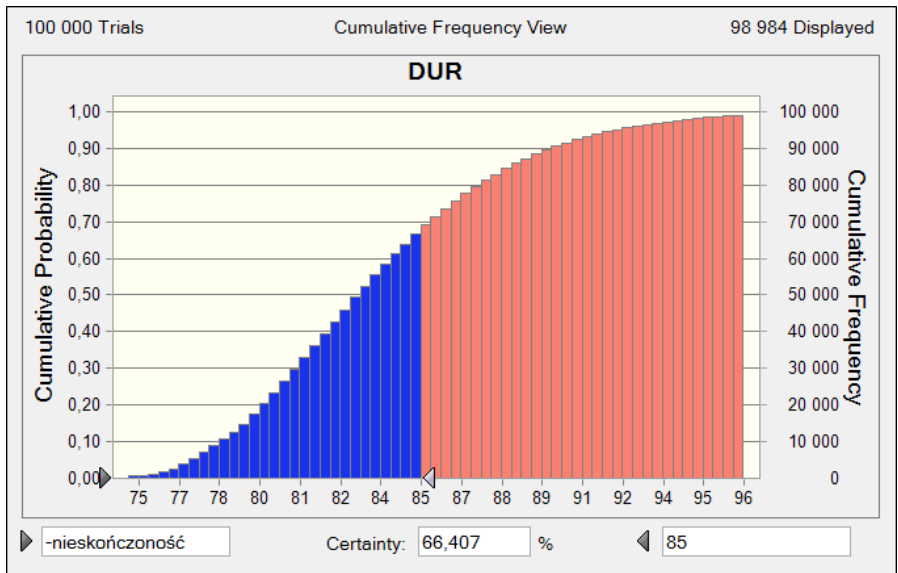
Z rys. 4.16 i z rys. 4.17 wynika, że:

- w wyniku możliwej realizacji różnych scenariuszy materializacji czynników ryzyka działających na poszczególne czynności projektu, czas realizacji projektu jest zmienna losową przyjmującą wartości od 75 do 96 dni roboczych,
- wartość oczekiwana zmiennej losowej czasu realizacji projektu wynosi 84 dni robocze, a mediana zmiennej losowej czasu realizacji projektu wynosi 83 dni robocze,
- w przedstawionym przykładzie, wartość najbardziej prawdopodobna zmiennej losowej czasu realizacji projektu jest równa medianie tej zmiennej,
- prawdopodobieństwo realizacji projektu w wymaganym czasie wynosi 66,4 %.

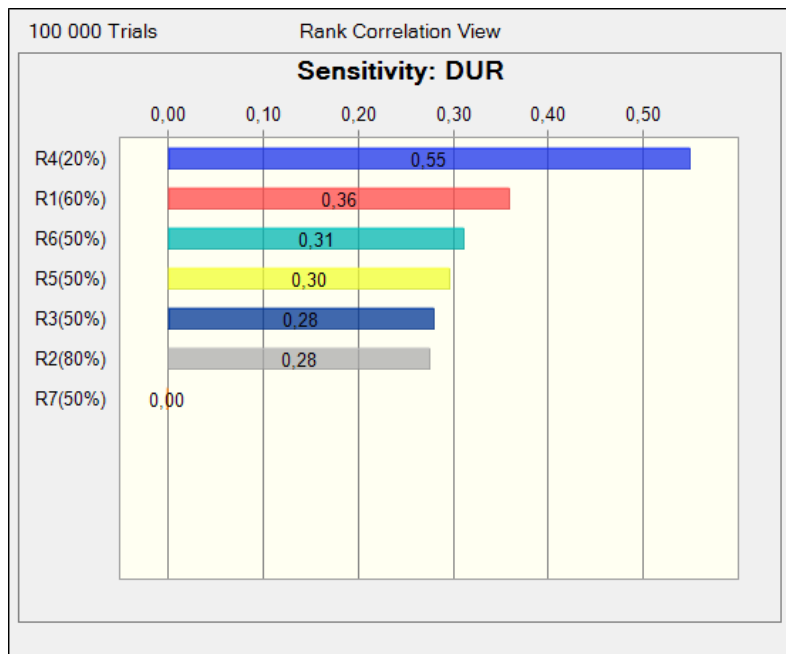
Z kolei, z rys. 4.18 wynika, że największy wpływ na zmienność czasu realizacji projektu wywiera czynnik ryzyka R4, którego prawdopodobieństwo materializacji jest najniższe. Natomiast, czynnik ryzyka R2 o najwyższym prawdopodobieństwie materializacji ma najniższy wpływ na zmienność czasu realizacji projektu.



Rys. 4.16. Histogram zmiennej losowej czasu realizacji projektu (przykład)



Rys. 4.17. Dystrybuanta empiryczna zmiennej losowej czasu realizacji projektu (przykład)



Rys. 4.18. Procentowy udział skutków materializacji poszczególnych czynników ryzyka w zmianie czasu realizacji projektu (przykład)

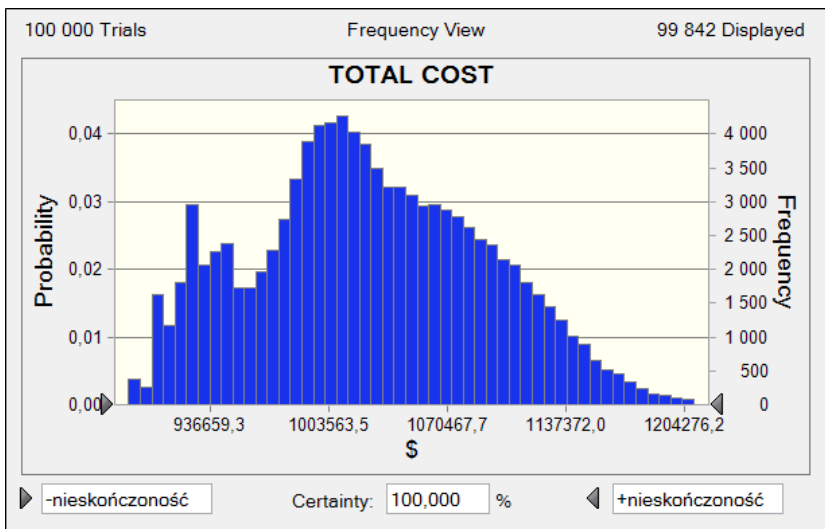
2. Analiza i ocena ilościowa oddziaływania poszczególnych scenariuszy materializacji czynników ryzyka na koszt realizacji projektu

Z rys. 4.19 i z rys. 4.20 wynika, że:

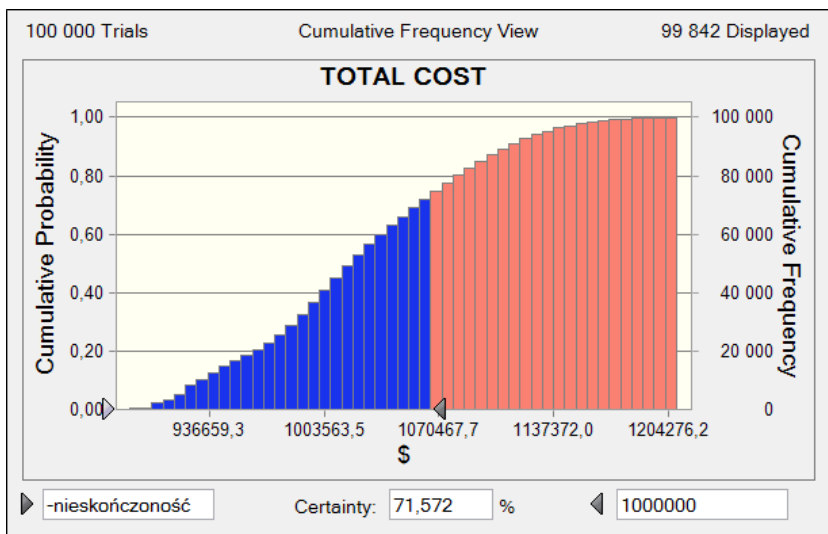
- w wyniku możliwej realizacji różnych scenariuszy materializacji czynników ryzyka działających na poszczególne czynności projektu, koszt realizacji projektu jest zmienna losową przyjmującą wartości od € 890000,0 do € 1272000,
- wartość oczekiwana zmiennej losowej kosztu realizacji projektu wynosi €1025791, a mediana zmiennej losowej kosztu realizacji projektu wynosi € 1021861,
- wartość najbardziej prawdopodobna zmiennej losowej kosztu realizacji projektu wynosi € 1010871,
- prawdopodobieństwo, że koszt realizacji projektu nie przekroczy € 1000000, wynosi 71,6 %.

Z kolei, z rys. 4.21 wynika, że największy wpływ na zmienność kosztu realizacji projektu wywiera czynnik ryzyka R1, którego prawdopodobieństwo materializacji

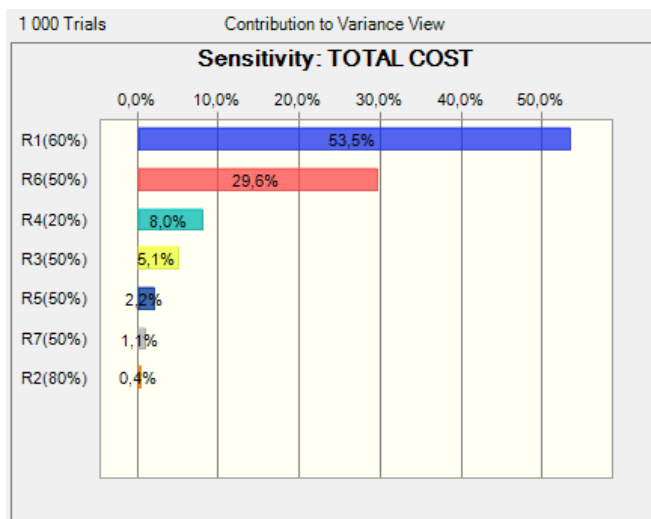
wynosi 60%. Natomiast, czynnik ryzyka R2 o najwyższym prawdopodobieństwie materializacji ma najniższy wpływ na zmienność kosztu realizacji projektu.



Rys. 4.19. Histogram zmiennej losowej kosztu realizacji projektu (przykład)



Rys. 4.20. Dystrybuanta empiryczna zmiennej losowej kosztu realizacji projektu (przykład)



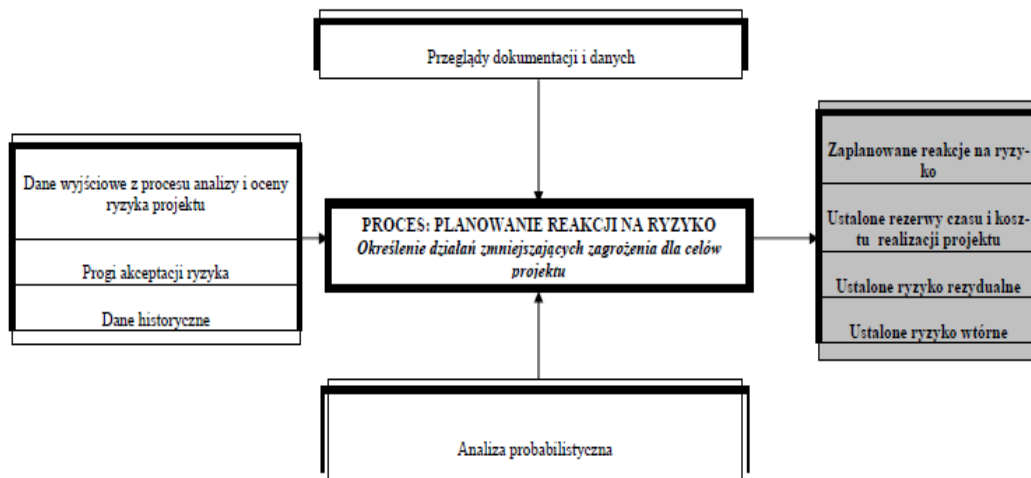
Rys. 4.21. Procentowy udział skutków materializacji poszczególnych czynników ryzyka w zmianie kosztu realizacji projektu (przykład)

4.6 PLANOWANIE REAKCJI NA RYZYKO

4.6.1 SENS PROCESU

Celem procesu planowania reakcji na ryzyko jest określenie i ustalenie działań, zmniejszających zagrożenia dla osiągnięcia celów projektu w wyniku materializacji czynników ryzyka. W przypadku akceptacji możliwości materializacji określonego czynnika ryzyka, ustala się rezerwy czasu i kosztu realizacji projektu, które mogą potrzebne jako rekompensata skutków jego materializacji.

Schemat procesu planowania reakcji na ryzyko przedstawiono na rys. 4.22.



Rys. 4.22. Ogólny schemat procesu planowania reakcji na ryzyko

Dane wyjściowe do planowania reakcji na ryzyko obejmują:

- Dane wyjściowe z procesu analizy i oceny ryzyka projektu – histogram i empiryczną dystrybuantę czasu i kosztu realizacji projektu oraz listę czynników ryzyka uszeregowanych pod względem wpływu na osiągnięcie celów projektu;
- Progi akceptacji ryzyka – wymagane poziomy niezawodności dotrzymania planowanego czasu i planowanego kosztu realizacji projektu;
- Dane historyczne, zawierające informacje na temat skuteczności poszczególnych reakcji na ryzyko projektu.

Wybór określonej reakcji na ryzyko zależy od ustalonej w firmie strategii reagowania na czynniki ryzyka w zależności od oceny ich prawdopodobieństwa i skutków materializacji. Ogólnie można wyróżnić następujące reakcje na ryzyko:

- Unikanie ryzyka;
- Akceptację ryzyka;
- Przeniesienie ryzyka;
- Łagodzenie ryzyka.

Unikanie ryzyka polega na rezygnacji ze złożenia oferty na realizację projektu, albo na złożeniu oferty jedynie na wykonanie pewnego zakresu projektu (jeżeli zamawiający dopuszcza taką możliwość). Unikanie ryzyka może również polegać na przyjęciu pesymistycznych oszacowań czasu lub kosztu wykonania roboty.

Taką reakcję stosuje się zwykle w przypadku czynników ryzyka, o co najmniej wysokim prawdopodobieństwie i co najmniej dotkliwych skutkach materializacji.

Akceptacja ryzyka polega na przejściu ryzyka bez podejmowania żadnych działań. Taką reakcję stosuje się zwykle w przypadku czynników ryzyka, o co najwyżej umiarkowanym prawdopodobieństwie i co najwyżej umiarkowanych skutkach materializacji.

Przeniesienie ryzyka na innego uczestnika przedsięwzięcia lub na ubezpieczyciela jest alternatywą dla unikania ryzyka w przypadku, gdy przewidywane skutki materializacji czynników ryzyka ocenia się jako co najmniej dotkliwe, bez względu na prawdopodobieństwo materializacji czynników ryzyka.

Łagodzenie ryzyka polega na podjęciu działań zapobiegawczych, redukujących prawdopodobieństwo lub skutki materializacji danego ryzyka. Taką reakcję stosuje się zwykle w przypadku braku możliwości uniknięcia ryzyka lub przeniesienia ryzyka. W tym przypadku, poza podaniem - w *Rejestrze ryzyka* - opisu działań redukujących ryzyko, wskazuje się również *Plan awaryjny* do wykorzystania w przypadku nieskuteczności działań zapobiegawczych.

Decydując się na przeniesienie ryzyka lub na działania redukujące ryzyko, należy rozważyć:

- *Ryzyko rezydualne* (resztkowe), pozostające pomimo opracowania odpowiedzi na pierwotne ryzyko projektu.
Na przykład, jeżeli jako jedno z zagrożeń dla kosztu realizacji projektu zidentyfikowano możliwą konieczność wyeliminowania niekorzystnych oddziaływań budowy na środowisko i przewidziano tylko wymianę gruntu zanieczyszczonego wokół magazynu materiałów chemicznych, nadal może istnieć problem ewentualnej likwidacji szkód środowiskowych, spowodowanych innymi szkodliwymi pozostałościami po wykonanych robotach.
- *Ryzyko wtórne*, spowodowane przez wdrożenie odpowiedzi na pierwotne ryzyko projektu.
Na przykład, jeżeli planuje się zatrudnienie podwykonawcy w odpowiedzi na ryzyko popełnienia błędu w przypadku wykonania pewnej roboty siłami własnymi, niedostateczna wiedza techniczna o warunkach technicznych wykonania i odbioru podzlecanych robót może spowodować spory z podwykonawcą, skutkujące nieterminowością realizacji podzlecenia.

Do działań redukujących prawdopodobieństwo materializacji danego czynnika ryzyka należy:

- weryfikacja dokumentacji projektowej i danych o terenie budowy, otrzymanych od zamawiającego
- uzyskanie dodatkowych wyjaśnień na temat rozwiązań projektowych, wymagań technicznych i warunków kontraktu;
- przeprowadzenie dodatkowych badań terenu budowy;
- zmiana założeń dotyczących sposobu wykonania danej roboty;
- zatrudnienie wyłącznie sprawdzonych dostawców lub podwykonawców;
- planowanie odpowiednio wczesnych terminów dostaw materiałów na plac budowy;
- zwiększenie zakresu i częstotliwości kontroli i badań materiałów i robót;
- poprawa komunikacji pomiędzy personelem nadzoru i zespołami roboczymi.

Z kolei, do działań redukujących skutki materializacji danego ryzyka należy:

- przydział dodatkowych zasobów siły roboczej lub sprzętu do wykonania roboty podatnej na skutki materializacji czynników ryzyka;
- wykonanie zabezpieczeń, chroniących teren budowy i jego otoczenie przed szkodliwymi wpływami wykonywania robót;
- wykonanie zabezpieczeń, chroniących materiały i roboty przed działaniem niskich temperatur, opadów atmosferycznych i podobnych ryzyka.

4.6.2 NARZĘDZIA I TECHNIKI WSPOMAGAJĄCE

Narzędzia i techniki planowania reakcji na ryzyko obejmują:

- Przeglądy dokumentacji i danych, wspomagające wybór określonej reakcji na możliwość i skutki materializacji czynników ryzyka projektu;
- Analizę probabilistyczną, wspomagającą ustalenie niezbędnych rezerw czasu i kosztu realizacji projektu.

Tradycyjnym sposobem łagodzenia ryzyka jest wykorzystanie wyników symulacji do ustalenia czasu i kosztu wykonania roboty w wysokościach bezpiecznych, to znaczy zapewniających wymagany poziom niezawodności ich dotrzymania. Schemat wyznaczania “bezpiecznego” czasu wykonania *i*-tej roboty na podstawie wyników symulacji przedstawiono na rys. 4.23.

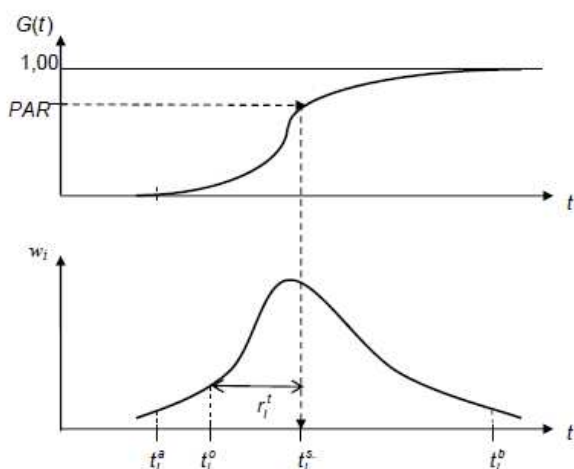
Zgodnie z przedstawionym schematem, bezpieczny czas wykonania i -tej roboty wynosi:

$$t_i^{bezp.} = t_i^s + r_i^t, \quad (4.25)$$

gdzie: t_i^s – czas wykonania i -tej roboty, wyznaczony z uwzględnieniem wymaganego progu akceptacji ryzyka (PAR);

t_i^o – czas wykonania i -tej roboty, oszacowany bez uwzględniania ryzyka;

r_i^t – rezerwa czasu wykonania i -tej roboty.



Rys. 4.23. Schemat wyznaczenia “bezpiecznego” czasu wykonania roboty budowlanej na podstawie wyników symulacji

Wykorzystując schemat podobny do podanego na rys. 4.23, można również ustalić “bezpieczny” koszt wykonania i -tej roboty.

Wadą tradycyjnego sposobu łagodzenia ryzyka jest akumulacja rezerw czasów i kosztów wykonania poszczególnych robót, powodująca nieuzasadnione wydłużanie planowanego czasu wykonania projektu i nieuzasadnione podwyższanie przewidywanego kosztu jego realizacji. Alternatywą jest:

- przeniesienie ryzyka z poziomu pojedynczych czynności na poziom całego projektu (inaczej: zapewnienie bezpieczeństwa planowanego czasu i kosztu wykonania całego projektu, zamiast pojedynczych czynności),
- zaplanowanie i wdrożenie odpowiednich działań zapobiegawczych, zmniejszających prawdopodobieństwo lub skutki materializacji danego czynnika ryzyka.

Można to osiągnąć, dzięki:

- wprowadzeniu, do harmonogramu, buforów czasu chroniących planowany termin zakończenia projektu przed opóźnieniem spowodowanym zakłóceniami czasów wykonania poszczególnych czynności,
- ustaleniu rezerwy pieniężnej do wykorzystania dla łagodzenia skutków materializacji czynników ryzyka w przypadku, gdy działania zapobiegawcze o charakterze techniczno – organizacyjnym okażą się niewystarczające.

Dla przeniesienia ryzyka z poziomu pojedynczych czynności na poziom całego projektu, można wykorzystać **metodę Łącucha Krytycznego** (Goldratt, 1997; Leach, 2005).

Łącuch Krytyczny (ang.: *Critical Chain*) jest definiowany jako zbiór czynności w modelu sieciowym, których suma czasów wykonania determinuje czas realizacji całego projektu, przy uwzględnieniu zależności technologicznych pomiędzy czynnościami i dodatkowych zależności nieformalnych, wprowadzonych dla zbilansowania zasobów, to jest dla rozwiązania problemów nadmiernej alokacji zasobów odnawialnych o ograniczonej dostępności. Do zasobów odnawialnych zalicza się siłę roboczą i sprzęt do wykonania robót. Nadmierna alokacja (lub inaczej: wielozadaniowość) danego zasobu oznacza, że zasobowi temu przydzielono, w pewnym przedziale czasu, więcej czynności, niż jest on w stanie jednocześnie wykonywać. Przykładem jest konieczność jednoczesnego wykonania szeregu robót przez zespół robotników o określonej specjalności w przypadku, gdy Wykonawca dysponuje tylko jednym takim zespołem. Dla zbilansowania zasobów, należy ustalić, którym z robót przysługuje priorytet (pierwszeństwo) w kolejności wykonania, to jest w przydziale zasobów. Stąd właśnie wynikają dodatkowe zależności nieformalne, wprowadzane w modelu sieciowym projektu dla zbilansowania zasobów. Wprowadzenie tych zależności umożliwia identyfikację Łącucha Krytycznego w sposób podobny do identyfikacji ścieżki krytycznej projektu.

W założeniu, wykorzystanie metody Łącucha Krytycznego ma doprowadzić do opracowania harmonogramu zapewniającego ochronę planowanego terminu zakończenia całego projektu przed propagacją zakłóceń, spowodowanych materializacją czynników ryzyka, przypisanych do poszczególnych czynności projektu. Uzyskuje się to dzięki:

- a) przyjęciu “agresywnych” oszacowań czasów wykonania poszczególnych czynności, zamiast oszacowań “bezpiecznych”;

- b) właściwej identyfikacji czynności, tworzących Łańcuch Krytyczny I Łańcuchy Zasilające (ang.: *Feeding Chains*), grupujące czynności nie zaliczone do Łańcucha Krytycznego;
- c) wprowadzeniu:
 - o na końcu Łańcucha Krytycznego: Bufora Projektu (ang.: *Project Buffer - PB*), chroniącego planowany termin zakończenia całego projektu,
 - o w miejscach, gdzie Łańcuchy Zasilające łączą się z Łańcuchem Krytycznym: Buforów Zasilających (ang.: *Feeding Buffers - FB*), chroniących Łańcuch Krytyczny przed propagacją zakłóceń, powodujących opóźnienia terminów realizacji czynności w danym Łańcuchu Zasilającym.

Różnica pomiędzy “bezpiecznym” i “agresywnym” oszacowaniem czasem wykonania danej czynności stanowi rezerwę czasu tej czynności. Wielkości Bufora Projektu i Buforów Zasilających wyznacza się analitycznie, agregując rezerwy czasu czynności tworzących Łańcuch Krytyczny i Łańcuchy Zasilające. Wyznaczone wielkości buforów uwzględniają długość danego łańcucha, liczbę czynności tworzących dany łańcuch oraz niepewność oszacowań czasów wykonania tych czynności.

W metodzie Łańcucha Krytycznego przewidziano również wprowadzanie Buforów Zasobów (ang.: *Resource Buffers*) tam, gdzie czynność z tego łańcucha wymaga innego rodzaju zasobu, niż czynność poprzednia. Bufory Zasobów nie posiadają wymiaru czasowego. Służą jedynie zapewnieniu, że jeżeli dana czynność z Łańcucha Krytycznego będzie gotowa do rozpoczęcia, to będzie również miała zapewniony przydział odpowiedniego zasobu odnawialnego do jej realizacji.

Sporządzanie harmonogramu projektu metodą Łańcucha Krytycznego przebiega dwuetapowo.

W etapie pierwszym, sporządza się harmonogram wstępny, uwzględniający zależności pomiędzy czynnościami w modelu sieciowym budowy oraz ograniczenia dostępności zasobów odnawialnych. Do sporządzenia harmonogramu wstępnego, przyjmuje się **pesymistyczne** oszacowania t_i^b czasów wykonania czynności, uznawane za oszacowania “bezpieczne”. Wykorzystując metodę analizy ścieżki krytycznej, wyznacza się **najpóźniejsze** terminy rozpoczynania poszczególnych czynności. Następnie, bilansuje się zasoby do wykonania projektu, ustalając dodatkowe zależności nieformalne pomiędzy niektórymi czynnościami. Biorąc pod uwagę wszystkie zależności pomiędzy czynnościami, identyfikuje się Łańcuch Krytyczny oraz Łańcuchy Zasilające.

W etapie drugim, najpierw **redukuje się** planowane czasy wykonania robót z wartości “pesymistycznych” do wartości “agresywnych”. Najprostszy sposób redukcji polega przyjęciu oszacowań “agresywnych” jako równych połowom oszacowań “bezpiecznych”. Jednakże, jeżeli zamierza się symulacyjnie potwierdzić skuteczność ochrony planowanego terminu zakończenia projektu, wygodniej jest przyjąć, jako “agresywne”, wartości modalne t_i^m rozkładów prawdopodobieństwa czasów wykonania poszczególnych czynności. Po redukcji planowanych czasów wykonania robot, sporządza się buforowany harmonogram projektu.

W wersji przedstawionej przez Goldratta (1997), Bufor Projektu *PB* odpowiada połowie sumy rezerw czasu czynności tworzących Łańcuch Krytyczny (ang.: *cut and paste method*). Współcześnie, stosuje się również inne metody wyznaczania Buforu Projektu, na przykład metodę błędu kwadratowego (ang.: *root square error method*):

$$PB = \sqrt{\sum_{j \in CC} (t_j^{pes.} - t_j^m)^2} . \quad (4.26)$$

W podobny sposób wyznacza się Bufory Zasilające *FB*.

Należy wskazać, że harmonogram dla zarządzania projektem nie zawiera żadnych buforów czasu. Dane o wymiarach Buforu Projektu i Buforów Zasilających powinny być znane jedynie kierownictwu Wykonawcy. Ujawnienie tych danych może spowodować wystąpienie „*syndromu studenta*” – odwlekanie terminu rozpoczynania pracy w świetle wiadomości o istniejących rezerwach czasu. Poszczególne czynności w Łańcuchu Krytycznym powinny być rozpoczynane bezzwłocznie po zakończeniu czynności poprzedzających (ang.: *road runner policy*). Oznacza to, że czynności w Łańcuchu Krytycznym nie mają ustalonych z góry terminów rozpoczynania i zakończenia. Natomiast, rozpoczynanie pierwszej z czynności w danym Łańcuchu Zasilającym następuje w najpóźniejszym możliwym terminie. Zespoły robocze powinny być powiadamiane jedynie o zbliżających się terminach rozpoczęcia przydzielonych robót i powinny wykonywać te roboty tak szybko, jak to możliwe.

Istotą metody Łańcucha Krytycznego jest skoncentrowanie się na ochronie wyłącznie planowanego terminu zakończenia projektu. Ze względu na zobowiązania umowne Wykonawcy, może zachodzić również konieczność zapewnienia terminowości rozpoczynania niektórych czynności projektu. Dla tych potrzeb, można wykorzystać **metodę harmonogramowania predyktywnego**,

przedstawioną przez Herroelena i Leusa (2004) oraz Van de Vondera i innych (2005, 2006). Istotą tej metody jest zapewnienie stabilności harmonogramu dzięki symulacyjnemu wyznaczeniu buforów czasu, poprzedzających terminy rozpoczynania niektórych czynności. Przed wprowadzeniem buforów, rozwiązuje się problem nadmiernej alokacji zasobów odnawialnych o ograniczonej dostępności. Wielkości buforów wyznacza się, rozwiązując zadanie minimalizacji oczekiwanego kosztu niestabilności harmonogramu, wynikającego z nieterminowego rozpoczynania poszczególnych czynności. Oczekiwany koszt niestabilności harmonogramu jest sumą oczekiwanych kosztów odchyłeń pomiędzy terminami rozpoczynania czynności, prognozowanymi na podstawie wyników symulacji harmonogramu służącego zarządzaniu projektem, a terminami rozpoczynania czynności, ustalonymi w tym harmonogramie jako obowiązujące Wykonawcę podczas realizacji projektu. Przy ustalaniu schematu symulacji przyjmuje się, że podczas realizacji projektu:

- czynności niebuforowane będą rozpoczynane natychmiast po zakończeniu czynności poprzedzających (ang.: *road runner policy*), a więc z wyprzedzeniem lub z opóźnieniem w stosunku do terminów ustalonych w harmonogramie,
- czynności buforowane będą rozpoczynały się nie wcześniej, niż w terminach ustalonych w harmonogramie (ang.: *railway policy*).

Zadanie stabilizacji harmonogramu z uwzględnieniem kryterium minimalizacji oczekiwanego kosztu nieterminowego rozpoczynania czynności można sformułować następująco:

$$\min : E(K_{ins}) = \sum_{j=1}^J k_j E(S_j - s_j), \quad (4.27)$$

gdzie: s_j – ustalony w harmonogramie buforowanym, planowany termin rozpoczynania czynności j ,

S_j – zmienna losowa terminu rozpoczęcia czynności j , prognozowanego z wykorzystaniem symulacji,

k_j – koszt jednostkowy (przypadający na jednostkę czasu), będący karą za opóźnienie terminu rozpoczęcia czynności j w stosunku do terminu planowanego,

K_{ins} – zmienna losowa prognozowanego kosztu niestabilności harmonogramu,

$E(X)$ – wartość oczekiwana zmiennej losowej X .

Rozwiązanie zadania stabilizacji harmonogramu musi spełniać następujące warunki:

- żadna czynność projektu nie może rozpocząć się przed zakończeniem jej poprzedników:

$$s_j - b_j \geq s_i + t_i, \quad i \in \{\text{Prec}(j)\}, \quad (4.28)$$

gdzie b_j jest buforem czasu, stabilizującym termin rozpoczynania j -tej czynności,

- projekt rozpoczyna się w umownym, zerowym momencie czasu:

$$s_1 = 0, \quad (4.29)$$

- liczby, przedstawiające terminy rozpoczynania poszczególnych czynności, muszą być nieujemne:

$$s_j \geq 0, \quad j = 2, \dots, J, \quad (4.30)$$

- termin zakończenia realizacji projektu nie może być późniejszy, niż termin dyrektywny t_d (wartość stała):

$$s_J + t_J \leq t_d, \quad (4.31)$$

- liczby, przedstawiające bufor czasu b_j , muszą być nieujemne:

$$b_j \geq 0 \quad \text{gdy} \quad j \in \{B\}, \quad (4.32)$$

gdzie $\{B\}$ jest zbiorem czynności o buforowanych terminach rozpoczynania;

- ze względów praktycznych, liczby, przedstawiające bufor czasu b_j , muszą być całkowite:

$$b_j = \text{int}., \quad (4.33)$$

- czynności nie należące do zbioru $\{B\}$ nie wymagają buforowania:

$$b_j = 0 \quad \text{gdy} \quad j \notin \{B\}. \quad (4.34)$$

W przeciwieństwie do metody Łańcucha Krytycznego, do rozwiązania podanego wyżej zadania wykorzystuje się techniki symulacyjne (Herroelen i Leus, 2004; Van de Vonder i inni, 2005, 2006):

- przeprowadza się symulację harmonogramu niebuforowanego i wybiera się czynność o najwyższym koszcie oczekiwanym nieterminowego rozpoczęcia,

- wprowadza się jednostkowy bufor czasu, opóźniający rozpoczęcie wybranej czynności w stosunku do terminu do najwcześniejszego możliwego terminu jej rozpoczęcia,
- ponownie przeprowadza się symulację harmonogramu, oceniając zmianę oczekiwanego kosztu niestabilności harmonogramu, wynikającą z wprowadzenia jednostkowego buforu czasu przed wybraną czynność.

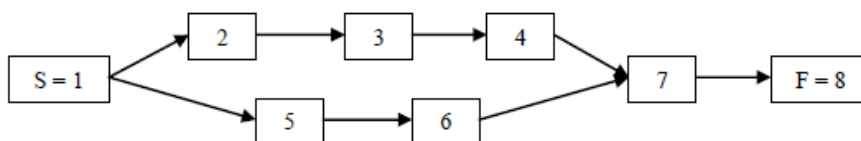
Powyższą procedurę przerywa się, jeżeli powiększanie buforów nie powoduje już zmniejszenia oczekiwanego kosztu niestabilności harmonogramu.

4.6.3 PRZYKŁADY BUFOROWANIA HARMONOGRAMU PROJEKTU

1) Metoda Łańcucha Krytycznego

Zależności technologiczne pomiędzy robotami odwzorowuje model sieciowy, przedstawiony na rys. 4.24. Symbolami S i F oznaczono odpowiednio rozpoczęcie i zakończenie budowy. Dane do analizy modelu sieciowego podano w tabeli 4.17. Symbolami W_1 , W_2 , W_3 i W_4 oznaczono specjalności zespołów roboczych do wykonania poszczególnych robót. Czasy wykonania poszczególnych są zmiennymi losowymi o trójkątnych rozkładach prawdopodobieństwa. Jednostką czasu jest dzień roboczy, a robotnicy pracują 5 dni w tygodniu.

Zamawiający oczekuje, że przekazanie wykonanych robót nastąpi 01.10.2012. Wykonawca może rozpocząć budowę nie wcześniej, niż 16.08.2012. Ze względu na dni wolne od pracy, dla dotrzymania wymaganego terminu przekazania robót, budowa musi zakończyć się najpóźniej 28.09.2012.



Rys. 4.24. Model sieciowy budowy do przykładu działania metody Łańcucha Krytycznego

Tabela 4.17. Dane do modelu sieciowego budowy.

Robota, i	$t_i^{opt.}$	t_i^d	$t_i^{pes.}$	t_i^m	$Prec(i)$	$Succ(i)$	Symbole zespołów roboczych	Dostępna liczba zespołów roboczych
$S = 1$	0	0	0	0	-	2, 5	-	-
2	4	6	8	6	1	3	W_1	1
3	2	4	6	4	2	4	W_2	1
4	3	5	7	5	3	7	W_3	1
5	5	7	9	7	1	6	W_2	1
6	4	5	6	5	5	7	W_4	1
7	2	3	4	3	4, 6	8	W_1	1
$F = 8$	0	0	0	0	7	-	-	-

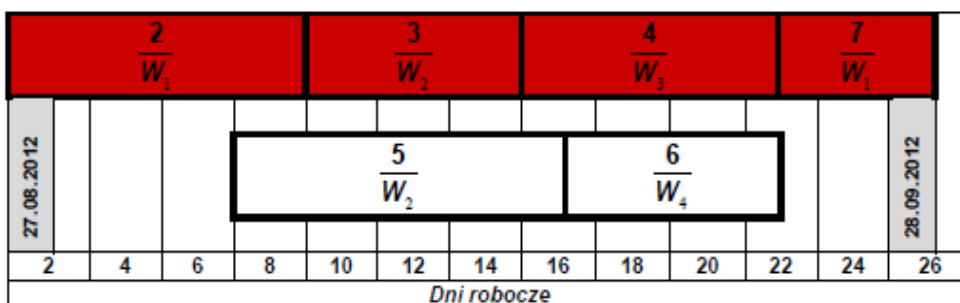
ETAP I**1. Harmonogram wstępny**

Wyniki analizy modelu sieciowego z czasami $t_i^{pes.}$ wykonania robót przedstawiono w tabeli 4.18. Zakładamy, że budowa rozpoczyna się w zerowym momencie czasu. Wtedy, planowany termin zakończenia czynności F odpowiada planowanemu czasowi realizacji budowy: 25 dni roboczych. Ścieżkę krytyczną w modelu sieciowym tworzą czynności: $S-2-3-4-7-F$.

Przy założeniu, że roboty spoza ścieżki krytycznej mogą być rozpoczynane w terminach najpóźniejszych, uzyskuje się harmonogram przedstawiony na rys. 4.25. Roboty mogłyby rozpocząć się 27.08.2012 i zakończyć się 28.09.2012. Dzięki przyjęciu pesymistycznych oszacowań czasów wykonania robót, planowany termin przejścia wykonanych robót przez Zamawiającego jest w pełni chroniony. Jednak, realizacja budowy zgodnie z harmonogramem według rys. 4.25 wymaga jednoczesnego wykonania roboty $i = 3$ i roboty $i = 5$ przez zespół roboczy o specjalności W_2 . Wykonawca dysponuje tylko jednym zespołem o specjalności W_2 , dlatego taki wariant harmonogramu nie może być praktycznie zrealizowany.

Tabela 4.18. Metoda Łańcucha Krytycznego - wyniki analizy modelu sieciowego dla pesymistycznych oszacowań czasów wykonania czynności.

i	$Prec(i)$	$Succ(i)$	$t_i^{pes.}$	es_i	ef_i	ls_i	lf_i	tf_i
$S = 1$	-	2, 5	0	0	0	0	0	0
2	1	3	8	0	8	0	8	0
3	2	4	6	8	14	8	14	0
4	3	7	7	14	21	14	21	0
5	1	6	9	0	9	6	15	6
6	5	7	6	9	15	15	21	6
7	4, 6	8	4	21	25	21	25	0
$F = 8$	7	-	0	25	25	25	25	0

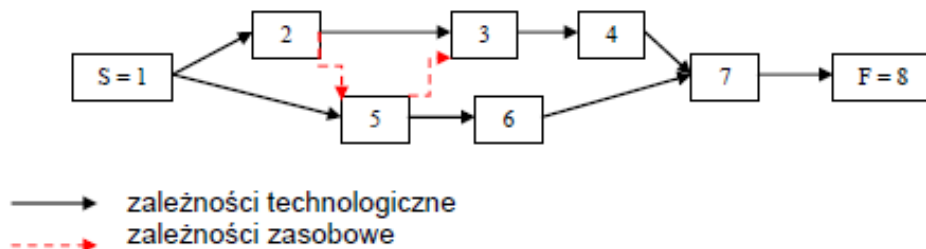


Rys. 4.25. Metoda Łańcucha Krytycznego - harmonogram wstępny

2. Rozwiązanie problemu nadmiernej alokacji zasobów

Dla rozwiązania problemu nadmiernej alokacji zasobów, z zachowaniem wymaganych zależności technologicznych pomiędzy robotami, zdecydowano najpierw wykonać robotę $i = 5$, a następnie robotę $i = 3$. Skutkiem tej decyzji jest wprowadzenie dodatkowych zależności zasobowych w modelu sieciowym budowy – patrz rys. 4.26 i tabela 4.19.

Wyniki analizy modelu sieciowego budowy z zachowaniem zależności technologicznych i dodatkowych, nieformalnych *zależności zasobowych* pomiędzy robotami, przedstawio w tabeli 4.20. W tym przypadku, zakończenie budowy następuje po 34 dniach roboczych. Łańcuch krytyczny w modelu sieciowym tworzą czynności $S-2-5-3-4-7-F$. Harmonogram budowy dla najpóźniejszych terminów rozpoczynania robót o czasach wykonania $t_i^{pes.}$, otrzymany **po usunięciu problemu nadmiernej alokacji zasobów**, przedstawiono na rys. 4.27. Dla pełnej ochrony wymaganego terminu przekazania wykonanych robót, Wykonawca musiałby rozpocząć roboty dnia 14.08.2012. W rozpatrywanym przypadku, nie jest to jednak możliwe.



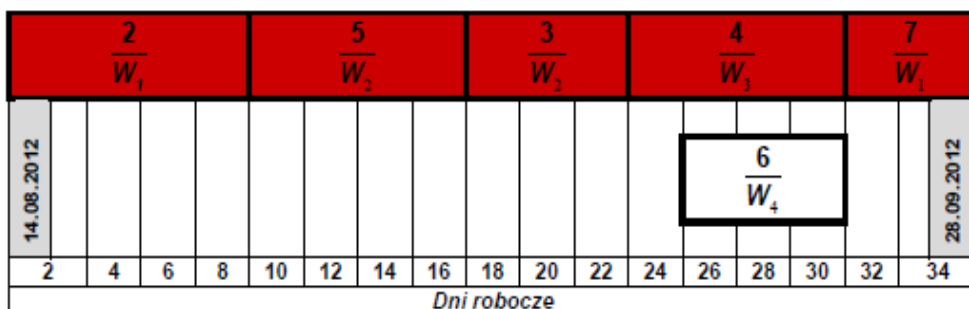
Rys. 4.26. Metoda Łącucha Krytycznego - model sieciowy budowy, otrzymany po rozwiązaniu problemu nadmiernej alokacji zasobów

Tabela 4.19. Metoda Łącucha Krytycznego - dane do analizy modelu sieciowego po rozwiązaniu problemu nadmiernej alokacji zasobów (*pogrubione* zostały dodatkowe zależności zasobowe)

Robota, i	$Prec(i)$	$Succ(i)$	Symbole zespołów roboczych	Dostępna liczba zespołów roboczych
S = 1	-	2, 5	-	-
2	1	3, 5	W_1	1
3	2, 5	4	W_2	1
4	3	7	W_3	1
5	1, 2	3, 6	W_2	1
6	5	7	W_4	1
7	4, 6	8	W_1	1
F = 8	7	-	-	-

Tabela 4.20. Metoda Łącucha Krytycznego - wyniki analizy modelu sieciowego, otrzymanego po rozwiązaniu problemu nadmiernej alokacji zasobów

i	$Prec(i)$	$Succ(i)$	$t_i^{pes.}$	es_i	ef_i	ls_i	lf_i	tf_i
S = 1	-	2, 5	0	0	0	0	0	0
2	1	3, 5	8	0	8	0	8	0
3	2, 5	4	6	17	23	17	23	0
4	3	7	7	23	30	23	30	0
5	1, 2	3, 6	9	8	17	8	17	0
6	5	7	6	17	23	24	30	7
7	4, 6	8	4	30	34	30	34	0
F = 8	7	-	0	34	34	34	34	0



Rys. 4.27. Metoda Łańcucha Krytycznego - harmonogram wstępny po rozwiązaniu problemu nadmiernej alokacji zasobów

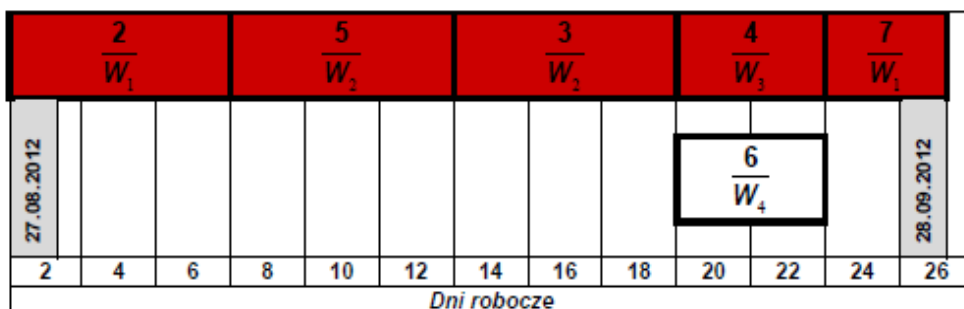
ETAP II

3. Redukcja czasów wykonania robót

W tabeli 4.21 przedstawiono wyniki analizy modelu sieciowego budowy po wprowadzeniu nieformalnych *zależności zasobowych* pomiędzy robotami i po redukcji czasów wykonania robót z t_i^{pes} do t_i^m . Harmonogram budowy przedstawiono na rys. 4.28. Każda z robót w Łańcuchu Krytycznym rozpoczyna się natychmiast po zakończeniu roboty poprzedzającej. Natomiast, roboty spoza Łańcucha Krytycznego (w tym przypadku, robota $i = 6$) mogą rozpoczynać się w terminach najpóźniejszych ls_i . Zakończenie budowy następuje po 25 dni roboczych. Przy założeniu, że roboty należy zakończyć najpóźniej w dniu 28.09.2012, budowa mogłaby rozpocząć się 27.08.2012. Jednak, ze względu na losowość czasów wykonania poszczególnych robót, prawdopodobieństwo zakończenia budowy 28.09.2012 wynosi w takim przypadku tylko 50%.

Tabela 4.21. Metoda Łańcucha Krytycznego - wyniki analizy modelu sieciowego po rozwiązaniu problemu nadmiernej alokacji zasobów i po redukcji czasów wykonania robót.

i	$Prec(i)$	$Succ(i)$	t_i^m	es_i	ef_i	ls_i	lf_i	tf_i
$S = 1$	-	2, 5	0	0	0	0	0	0
2	1	3, 5	6	0	6	0	6	0
3	2, 5	4	4	13	17	13	17	0
4	3	7	5	17	22	17	22	0
5	1, 2	3, 6	7	6	13	6	13	0
6	5	7	5	13	18	17	22	4
7	4, 6	8	3	22	25	22	25	0
$F = 8$	7	-	0	25	25	25	25	0



Rys. 4.28. Metoda Łańcucha Krytycznego - harmonogram po rozwiązaniu problemu nadmiernej alokacji zasobów i po redukcji czasów wykonania robót

4. Wyznaczenie buforów

Wyznaczając Bufor Projektu jako połowę sumy rezerw czasów wykonania czynności w Łańcuchu Krytycznym, otrzymuje się:

$$\begin{aligned}
 PB^I &= 0,5 \cdot [(t_2^{\text{pes.}} - t_2^m) + (t_3^{\text{pes.}} - t_3^m) + (t_4^{\text{pes.}} - t_4^m) + (t_5^{\text{pes.}} - t_5^m) + (t_7^{\text{pes.}} - t_7^m)] = \\
 &= 0,5 \cdot [(8 - 6) + (6 - 4) + (7 - 5) + (9 - 7) + (4 - 3)] = \\
 &= 4,5 \cong 5.
 \end{aligned}$$

Natomiast, wyznaczając Bufor Projektu na podstawie zależności:

$$PB = \sqrt{\sum_{j \in CC} (t_j^{\text{pes.}} - t_j^m)^2},$$

otrzymuje się:

$$\begin{aligned}
 PB^{II} &= [(t_2^{\text{pes.}} - t_2^m)^2 + (t_3^{\text{pes.}} - t_3^m)^2 + (t_4^{\text{pes.}} - t_4^m)^2 + (t_5^{\text{pes.}} - t_5^m)^2 + (t_7^{\text{pes.}} - t_7^m)^2]^{\frac{1}{2}} = \\
 &= 4,12 \cong 4.
 \end{aligned}$$

Podobnie, dla Buforu Zasilającego otrzymuje się:

$$FB_6^I = 0,5 \cdot (t_6^{\text{pes.}} - t_6^m) = 0,5 \cdot (6 - 5) = 0,5 \cong 1,$$

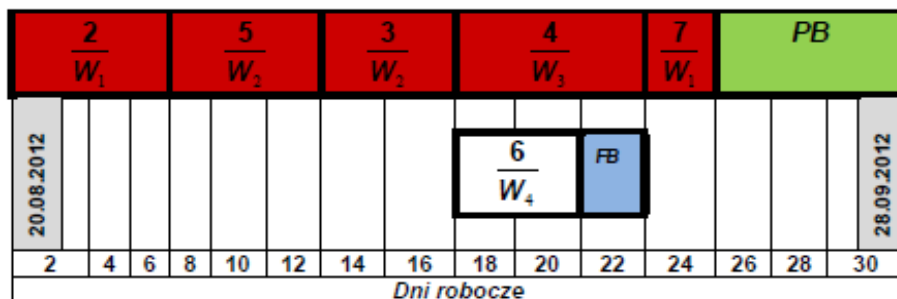
lub:

$$FB_6^{II} = [(t_6^{\text{pes.}} - t_6^m)^2]^{\frac{1}{2}} = 1.$$

5. Wprowadzenie buforów do harmonogramu

Na rys. 4.29 przedstawiono harmonogram budowy, uzyskany w wyniku wprowadzenia buforów PB^I i FB_6^I do harmonogramu według rys. 4.28. Każda z robót w łańcuchu krytycznym rozpoczyna się natychmiast po zakończeniu roboty

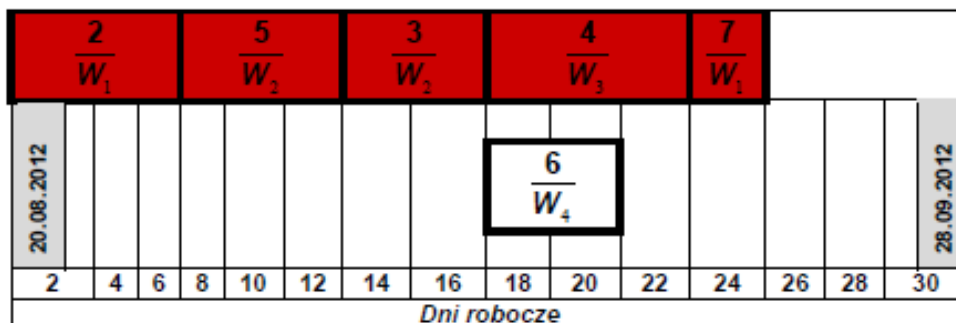
poprzedzającej. Natomiast, każda z robót spoza łańcucha krytycznego (w tym przypadku, robota $i = 6$) może rozpoczynać się nie wcześniej, niż w terminie ls_i^{fb} wyznaczonym w wyniku przesunięcia „w lewo”, o wartość bufora zasilającego, terminu ls_i wg tabeli 4.16. W rozpatrywanym przypadku, $ls_6^{fb} = 17 - 1 = 16$. Termin t_{CC} zakończenia budowy, planowany z wykorzystaniem metody łańcucha krytycznego, ma miejsce po 30 zmianach roboczych od jej rozpoczęcia. Przy założeniu, że budowę należy zakończyć najpóźniej 28.09.2012, roboty powinny rozpocząć się 20.08.2012.



Rys. 4.29. Metoda Łańcucha Krytycznego - harmonogram po wprowadzeniu Buforu Projektu i Buforu Zasilającego

6. Harmonogram dla zarządzania projektem

Na rys. 4.30 przedstawiono harmonogram dla zarządzania projektem, otrzymany po usunięciu Buforu Projektu i Buforu Zasilającego.



Rys. 4.30. Metoda Łańcucha Krytycznego - harmonogram dla zarządzania projektem

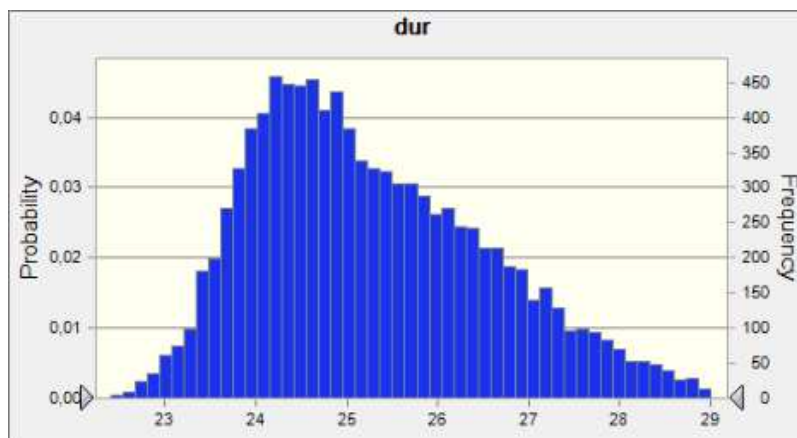
Dla oceny skuteczności jakości harmonogramu wg rys. 4.30, przeprowadzono 10000 symulacji. Schemat wyznaczania terminów rozpoczęcia i zakończenia robót

w każdej symulacji przedstawiono w tabeli 4.22. Symbolami t_j , s_j i f_j oznaczono realizacje zmiennych losowych czasu wykonania, terminu rozpoczęcia oraz terminu zakończenia danej czynności.

Tabela 4.22. Metoda Łańcucha Krytycznego - schemat wyznaczania terminów rozpoczęcia i zakończenia robót w symulacji dla oceny jakości harmonogramu.

j	Czas wykonania, t_j	Termin	
		rozpoczęcia, s_j	zakończenia, f_j
$S = 1$	0	0	0
2	Wynik symulacji	0	$s_2 + t_2$
3	Wynik symulacji	f_5	$s_3 + t_3$
4	Wynik symulacji	f_3	$s_4 + t_4$
5	Wynik symulacji	f_2	$s_5 + t_5$
6	Wynik symulacji	$\max\{s_6^b = 16; f_5\}$	$s_6 + t_6$
7	Wynik symulacji	$\max\{f_4; f_6\}$	$s_7 + t_7$
$F = 8$	0	f_7	s_8

Histogram zmiennej losowej T terminu zakończenia budowy przedstawiono na rys. 4.31. Realizacja zmiennej losowej T przyjmuje wartości z przedziału $[22, 30]$. Wartość średnia \bar{t} zmiennej losowej T wynosi 25 dni roboczych.



Rys. 4.31. Metoda Łańcucha Krytycznego - histogram zmiennej losowej terminu zakończenia budowy

Rys. 4.31 wskazuje, że jeżeli budowa rozpoczęła by się w dniu 20.08.2012, wyznaczone analitycznie bufor (Projekt i Zasilający) powinny zapewnić pełną ochronę planowanego terminu zakończenia robót w dniu 28.09.2012. Ten wynik nie powinien być jednak interpretowany jako dowód skuteczności metody Łańcucha Krytycznego. Na przykład, jeżeli ilość symulacji zostanie zwiększona do 50000, realizacja zmiennej losowej T przyjmuje wartości z przedziału [22; 31] dni roboczych, z wartością średnią $\bar{t} = 25$ dni roboczych. W tym przypadku, planowany termin zakończenia budowy po 30 dniach roboczych od jej rozpoczęcia nie jest już w pełni chroniony. Ten wynik wskazuje, że metody analityczne wyznaczania Buforu Projektu powinny być wciąż doskonałe.

2) Metoda harmonogramowania predyktywnego

W przedstawionym przykładzie, przyjęto następujące założenia:

- model sieciowy budowy po usunięciu problemu nadmiernej alokacji zasobów przedstawia rys. 34,
- zakończenie budowy nie powinno nastąpić później, niż po 31 dniach roboczych od dnia rozpoczęcia robót,
- niedotrzymanie planowanych terminów rozpoczęcia czynności $j = 3, j = 5$ i $j = 8$ skutkuje karami umownymi, płaconymi przez Wykonawcę,
- kary za opóźnienia rozpoczęcia powyższych czynności wynoszą: $k_3 = 7, k_5 = 5$ i $k_8 = 15$ jednostek pieniężnych (j.p.) za każdy dzień zwłoki.

Wykorzystując model obliczeniowy znany w metodzie analizy ścieżki krytycznej, wyznaczono terminy najwcześniejszego rozpoczynania i zakończenia poszczególnych czynności dla oczekiwanych czasów $E(T_j)$ ich wykonania. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 4.23.

Tabela 4.23. Metoda harmonogramowania predyktywnego - terminy najwcześniejszego rozpoczynania i zakończenia poszczególnych czynności w harmonogramie niebuforowanym.

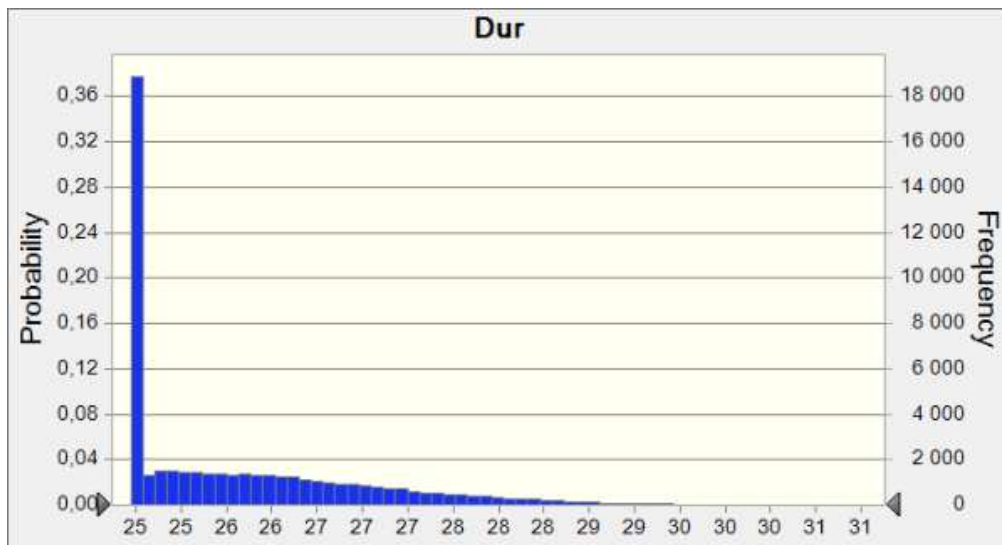
j	$Prec(j)$	$Succ(j)$	$E(T_j)$	es_j	ef_j
$S = 1$	-	2, 5	0	0	0
2	1	3, 5	6	0	6
3	2, 5	4	4	13	17
4	3	7	5	17	22
5	1, 2	3, 6	7	6	13
6	5	7	5	13	18
7	4, 6	8	3	22	25
$F = 8$	7	-	0	25	25

Początkowo, do harmonogramu nie wprowadzono żadnych buforów. Założono jedynie, że podczas realizacji projektu, czynności $j = 3$, $j = 5$ i $j = 8$ będą rozpoczynały się nie wcześniej, niż w terminach ustalonych w harmonogramie (*railway policy*). Następnie, przeprowadzono symulację harmonogramu niebuforowanego (rozkłady prawdopodobieństwa czasów wykonania poszczególnych czynności podano uprzednio w tabeli 4.17). Model obliczeniowy dla wyznaczania terminów rozpoczynania i zakończenia czynności w symulacji harmonogramu niebuforowanego podano w tabeli 4.24. Symbolami t_j , s_j i f_j oznaczono realizacje zmiennych losowych czasu wykonania, terminu rozpoczęcia oraz terminu zakończenia danej czynności.

Przeprowadzono 50000 symulacji niebuforowanego harmonogramu. Empiryczny rozkład zmiennej losowej czasu wykonania projektu przedstawiono na rys. 4.32. Realizacja zmiennej losowej T terminu zakończenia projektu przyjmuje wartości z przedziału [25; 31] dni roboczych, z wartością średnią $\bar{t} = 26$ dni roboczych. Zmienna losowa niebuforowanego terminu rozpoczynania czynności $j = 3$ przyjmuje wartości z przedziału [13, 17], a zmienna losowa niebuforowanego terminu rozpoczynania czynności $j = 5$ – z przedziału [6, 8].

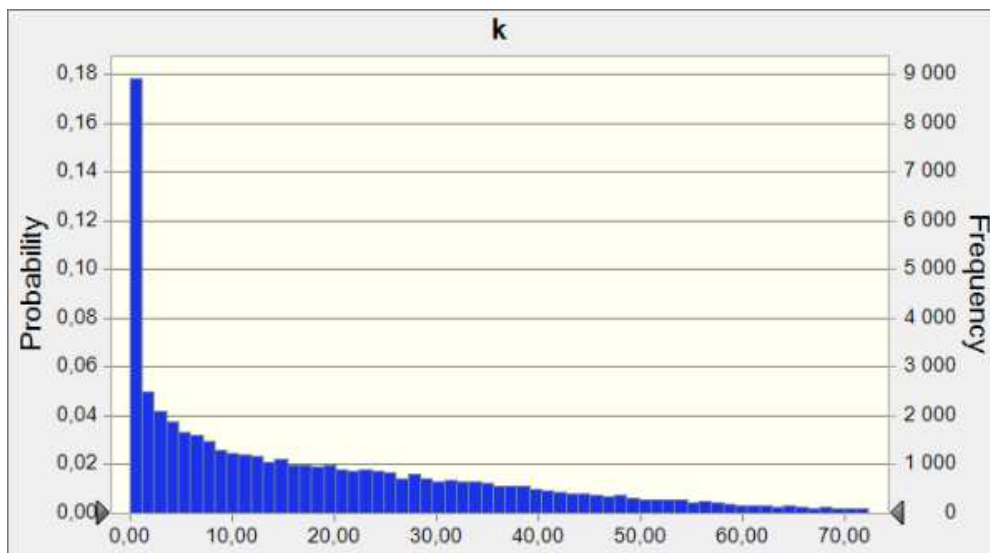
Tabela 4.24. Metoda harmonogramowania predyktywnego - model obliczeniowy dla wyznaczania terminów rozpoczynania i zakończenia czynności w symulacji harmonogramu niebuforowanego.

j	t_j	s_j	f_j
$S = 1$	0	0	0
2	t_2 (wynik symulacji)	0	$s_2 + t_2$
3	t_3 (wynik symulacji)	$\max\{es_3=13, f_2, f_5\}$	$s_3 + t_3$
4	t_4 (wynik symulacji)	f_3	$s_4 + t_4$
5	t_5 (wynik symulacji)	$\max\{es_5=6, f_2\}$	$s_5 + t_5$
6	t_6 (wynik symulacji)	f_5	$s_6 + t_6$
7	t_7 (wynik symulacji)	$\max\{f_4, f_6\}$	$s_7 + t_7$
$F = 8$	0	$\max\{es_8=25, f_7\}$	s_8



Rys. 4.32. Metoda harmonogramowania predyktywnego - empiryczny rozkład zmiennej losowej terminu zakończenia projektu, uzyskany na podstawie symulacji harmonogramu niebuforowanego

Z kolei, na rys. 4.33 przedstawiono empiryczny rozkład zmiennej losowej K_{ins} kosztu niestabilności harmonogramu. Realizacja zmiennej losowej K_{ins} przyjmuje wartości z przedziału $[0; 121.3]$ jednostek pieniężnych, z wartością średnią 18.9 jednostek pieniężnych. Na podstawie wyników symulacji stwierdzono, że 28% tej wartości jest spowodowane niestabilnością terminu rozpoczynania czynności $j = 3$, 17% - niestabilnością terminu rozpoczynania czynności $j = 5$, a 55% - niestabilnością terminu rozpoczynania czynności $j = 8$. Można przyjąć założenie, że wymiary buforów powinny być ustalone proporcjonalnie do średniego udziału kosztu niestabilności terminu rozpoczynania danej czynności w średnim koszcie niestabilności harmonogramu. Jednak, ze względu na złożoność obliczeniową, zagadnienie wymiarowania buforów nie jest w niniejszym przykładzie rozwiązywane metodami analitycznymi.



Rys. 4.33. Metoda harmonogramowania predyktywnego - empiryczny rozkład zmiennej losowej kosztu niestabilności harmonogramu niebuforowanego, uzyskany na podstawie symulacji

Do wyznaczenia buforów wykorzystano natomiast symulacyjno - optymalizacyjny algorytm metaheurystyczny, wbudowany w program Cristal Ball (licencja edukacyjna). W przedstawionym przykładzie, zadaniem algorytmu było ustalenie wymiarów buforów b_3 , b_5 i b_8 , minimalizujących oczekiwany koszt $E(K_{ins})$ niestabilności harmonogramu pod warunkiem, że maksymalna wartość realizacji zmiennej losowej T terminu zakończenia projektu nie przekroczy 31 dni roboczych od dnia rozpoczęcia robot. Obliczenia przeprowadzono według następującego schematu:

- (1) generowanie próbnych wartości buforów b_3 , b_5 i b_8 ,
- (2) ustalenie, na podstawie przyjętego modelu obliczeniowego, planowanych terminów rozpoczęcia i zakończenia czynności w harmonogramie buforowanym,
- (3) symulacja harmonogramu buforowanego i sprawdzenie dotrzymania ograniczenia czasu realizacji projektu,
- (4) w przypadku dotrzymania ograniczenia czasu realizacji projektu: wyznaczenie oczekiwanego kosztu $E(K_{ins})$ niestabilności harmonogramu i przejście do kroku (5); w przeciwnym przypadku: powrót do kroku (1),
- (5) sprawdzenie, czy uzyskano redukcję oczekiwanego kosztu $E(K_{ins})$ niestabilności harmonogramu w porównaniu do wyniku uzyskanego w poprzedniej symulacji i podjęcie decyzji o kontynuowaniu obliczeń.

Wykorzystanie algorytmu symulacyjno - optymalizacyjnego wymaga ustalenia dolnej i górnej granicy przedziału dopuszczalnych wartości każdego z parametrów decyzyjnych b_j . Przyjęto założenie, że dolna granica przedziału zmienności każdego z parametrów b_j wynosi 0, natomiast górna granica tego przedziału jest równa ustalonemu symulacyjnie rozstępowi pomiędzy maksymalnym i minimalnym terminem rozpoczęcia j -tej czynności.

Planowane terminy rozpoczęcia i zakończenia czynności w harmonogramie buforowanym wyznaczano na podstawie modelu obliczeniowego, przedstawionego w tabeli 4.25. Natomiast, terminy rozpoczęcia i zakończenia czynności, prognozowane z wykorzystaniem symulacji, wyznaczano na podstawie modelu obliczeniowego, przedstawionego w tabeli 4.26.

Algorytm symulacyjno – optymalizacyjny wskazał następujące rozwiązanie: $b_3 = 2$, $b_5 = 0$, $b_8 = 4$. Wyznaczone bufor są proporcjonalne do średniego udziału kosztu niestabilności terminu rozpoczęcia danej czynności w średnim koszcie niestabilności harmonogramu.

Planowane terminy rozpoczęcia i zakończenia czynności w harmonogramie buforowanym przedstawiono w tabeli 4.27. Buforowany harmonogram projektu przedstawiono na rys. 4.34.

Tabela 4.25. Metoda harmonogramowania predyktywnego - model obliczeniowy dla wyznaczenia planowanych terminów rozpoczęcia i zakończenia czynności w harmonogramie buforowanym.

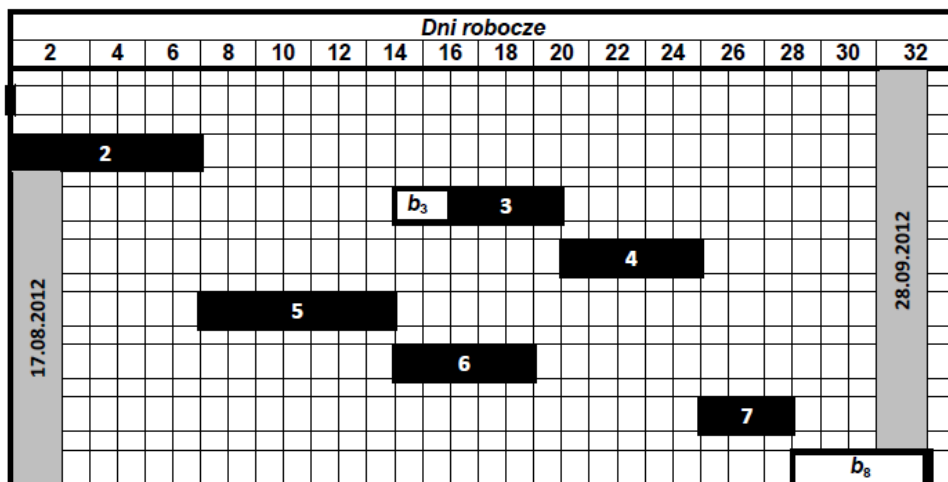
j	$Prec(j)$	$Succ(j)$	$E(T_j)$	b_j	s_j	f_j
$S = 1$	-	2, 5	0	-	0	0
2	1	3, 5	6	-	0	$s_2 + E(T_2)$
3	2, 5	4	4	b_3	$b_3 + \max\{f_2, f_5\}$	$s_3 + E(T_3)$
4	3	7	5	-	f_3	$s_4 + E(T_4)$
5	1, 2	3, 6	7	b_5	$b_5 + f_2$	$s_5 + E(T_5)$
6	5	7	5	-	f_5	$s_6 + E(T_6)$
7	4, 6	8	3	-	$\max\{f_4, f_6\}$	$s_7 + E(T_7)$
$F = 8$	7	-	0	b_8	$b_8 + f_7$	s_8

Tabela 4.26. Metoda harmonogramowania predyktywnego - model obliczeniowy dla wyznaczania terminów rozpoczęcia i zakończenia czynności w symulacji harmonogramu buforowanego.

j	t_j	b_j	s_j	f_j
$S = 1$	0	-	0	0
2	t_2	-	0	$s_2 + t_2$
3	t_3	b_3	$\max\{s_3, f_2, f_5\}$	$s_3 + t_3$
4	t_4	-	f_3	$s_4 + t_4$
5	t_5	b_5	$\max\{s_5, f_2\}$	$s_5 + t_5$
6	t_6	-	f_5	$s_6 + t_6$
7	t_7	-	$\max\{f_4, f_6\}$	$s_7 + t_7$
$F = 8$	0	b_8	$\max\{s_8, f_7\}$	s_8

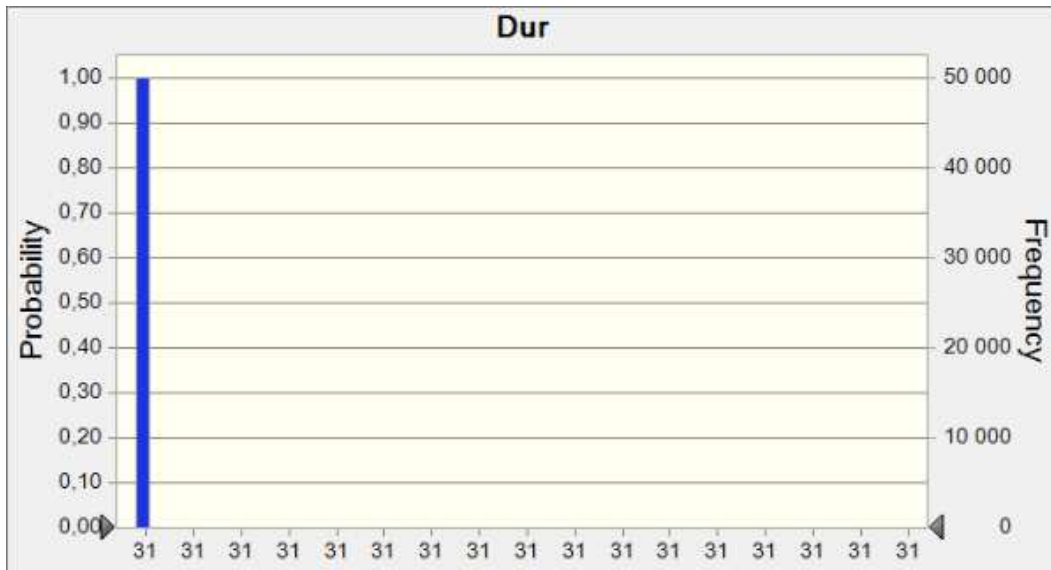
Tabela 4.27. Metoda harmonogramowania predyktywnego - planowane terminy rozpoczęcia i zakończenia czynności w harmonogramie buforowanym.

j	$Prec(j)$	$Succ(j)$	$E(T_j)$	b_j	s_j	f_j
$S = 1$	-	2, 5	0	-	0	0
2	1	3, 5	6	-	0	6
3	2, 5	4	4	2	15	19
4	3	7	5	-	19	24
5	1, 2	3, 6	7	0	6	13
6	5	7	5	-	13	18
7	4, 6	8	3	-	24	27
$F = 8$	7	-	0	4	31	31

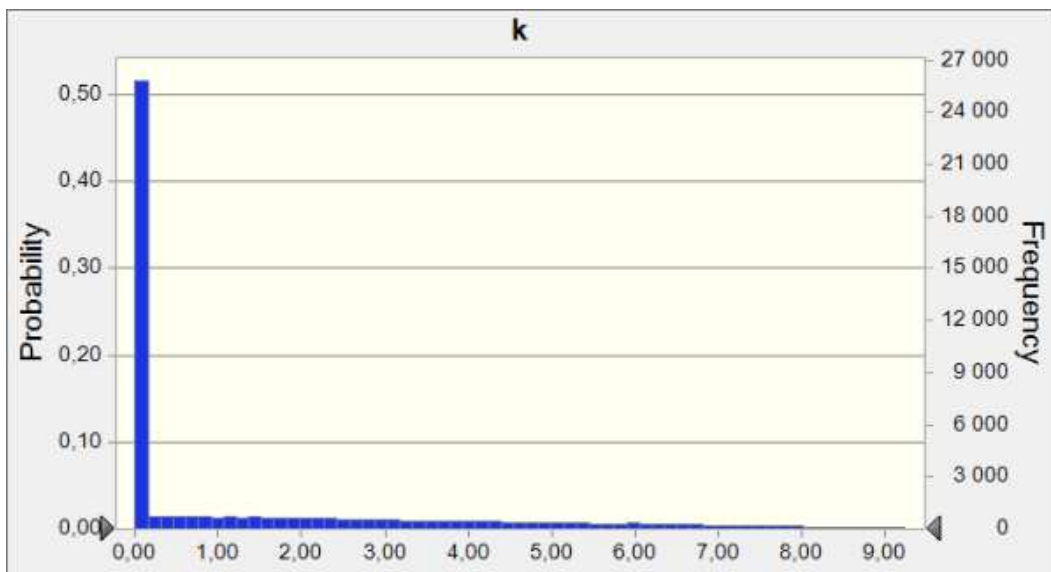


Rys. 4.34. Metoda harmonogramowania predyktywnego - harmonogram buforowany

Dla oceny jakości otrzymanego rozwiązania (tj, dla oceny stabilności harmonogramu dla zarządzania projektem), przeprowadzono 50000 symulacji harmonogramu buforowanego. Empiryczny rozkład zmiennej losowej czasu realizacji projektu przedstawiono na rys. 4.35. Jest widoczne, że wyznaczone bufony zapewniają pełną stabilność planowanego terminu zakończenia budowy po 31 dniach roboczych od rozpoczęcia robót. Z kolei, na rys. 4.36 przedstawiono empiryczny rozkład zmiennej losowej kosztu niestabilności harmonogramu. Zmienna przyjmuje wartości z przedziału $[0; 22.11]$ jednostek pieniężnych, z wartością średnią 1.77 jednostek pieniężnych. Na podstawie wyników symulacji stwierdzono, że 2% tej wartości jest wynikiem niestabilności terminu rozpoczynania buforowanej czynności $j = 3$, a 98% - wynikiem niestabilności terminu rozpoczynania niebuforowanej czynności $j = 5$.



Rys. 4.35. Metoda harmonogramowania predyktywnego - empiryczny rozkład zmiennej losowej terminu zakończenia projektu, otrzymany na podstawie symulacji harmonogramu buforowanego



Rys. 4.36. Metoda harmonogramowania predyktywnego - empiryczny rozkład zmiennej losowej kosztu niestabilności harmonogramu buforowanego, otrzymany na podstawie symulacji

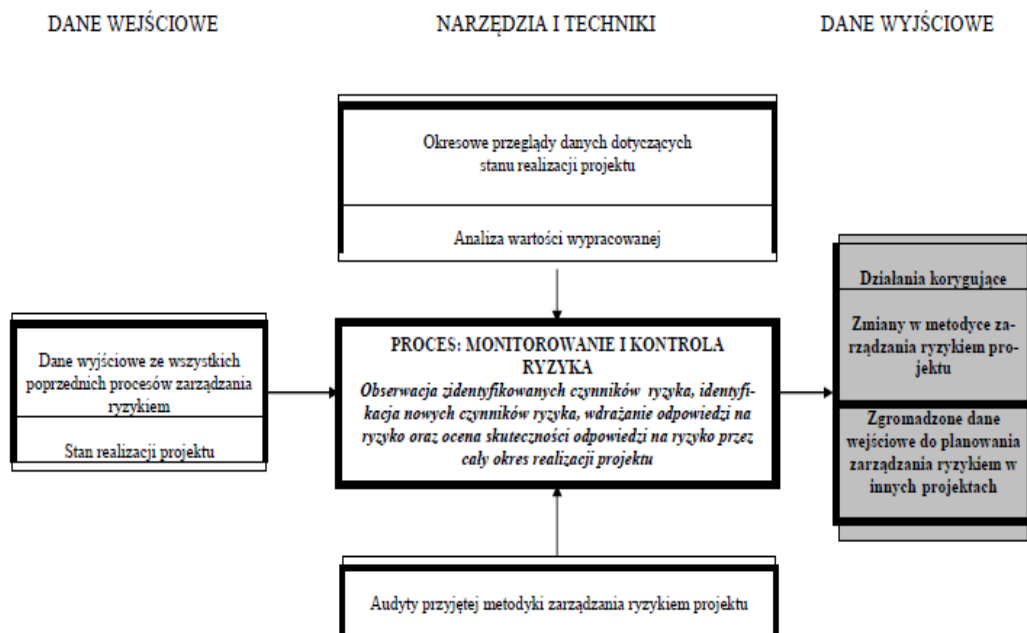
4.7 MONITOROWANIE I KONTROLA RYZYKA

4.7.1 ISTOTA PROCESU

Proces monitorowania i kontroli ryzyka jest podejmowany w celu:

- obserwacji zidentyfikowanych ryzyka (w tym ryzyka rezydualnych i wtórnych);
- ustalenia, czy wystąpiły symptomy materializacji zidentyfikowanych czynników ryzyka;
- podjęcia decyzji o wdrożeniu zaplanowanych odpowiedzi na ryzyko;
- oceny, czy działania zapobiegawcze podejmowane w odpowiedzi na ryzyko przynoszą oczekiane rezultaty;
- ustalenia, czy ujawniły się nowe, nie zidentyfikowane wcześniej czynniki ryzyka, wymagające reakcji;
- ustalenia, czy założenia przyjęte dla planowania czasu i kosztu realizacji projektu pozostają aktualne, czy też wymagają zmiany.

Schemat procesu monitorowania i kontroli ryzyka przedstawiono na rys. 4.37.



Rys. 4.37. Ogólny schemat procesu monitorowania i kontroli ryzyka

Danymi wejściowymi procesu monitorowania i kontroli ryzyka są:

- Dane wyjściowe ze wszystkich poprzednich procesów zarządzania ryzykiem,
- Stan realizacji projektu jako sytuacja istniejąca obiektywnie (*zaawansowanie realizacji projektu umożliwia weryfikację zidentyfikowanych czynników ryzyka oraz ocenę skuteczności reakcji na ryzyko*).

Stwierdzone odchylenia postępu rzeczowo – finansowego robót od harmonogramu i budżetu projektu wskazują, że:

- doszło do materializacji uprzednio zidentyfikowanego czynnika ryzyka, a planowane reakcje na ryzyko (w tym działania zapobiegawcze) nie zostały wdrożone, zostały wdrożone niewłaściwie (na przykład, z pominięciem niektórych procedur lub zaleceń) lub okazały się nieskuteczne;
- zmaterializowały się czynniki ryzyka, których wcześniej nie zidentyfikowano.

Takie sytuacje wymagają podjęcia działań korygujących, które – w zależności od konkretnych okoliczności i ich wpływu na czas i koszt realizacji projektu – mogą obejmować:

- aktualizację reakcji na ryzyko, co może wymagać ponownej analizy i oceny ilościowej ryzyka;
- wdrożenie Planów awaryjnych;
- opracowanie, zatwierdzenie i wdrożenie planów improwizowanych dla nowych czynników ryzyka projektu.

Ocena metodyki zarządzania ryzykiem projektu powinna być przedmiotem audytów wewnętrznych, przeprowadzanych przez upoważnionych pracowników firmy spoza Zespołu zarządzającego projektem. Celem audytów jest sprawdzenie, czy przyjęta metodyka zarządzania ryzykiem projektu jest zgodna z **ogólną polityką firmy w zakresie zarządzania ryzykiem, w tym:**

- czy częstotliwość identyfikacji ryzyka zapewnia stałą aktualność danych o zagrożeniach dla projektu;
- czy odpowiedzialność za każdy ze zidentyfikowanych czynników ryzyka powierza się osobom o odpowiedniej wiedzy, umiejącym posłużyć się odpowiednimi technikami i narzędziami dla oceny ryzyka i dla przygotowania odpowiedzi na ryzyko;
- czy ocenia się prawdopodobieństwo i skutki materializacji każdego ze zidentyfikowanych czynników ryzyka;

- czy wyodrębnia się czynniki ryzyka, istotnie wpływające na jakość, czas i koszt realizacji projektu;
- czy opracowuje się odpowiedzi (w tym plany awaryjne) na ryzyko, istotnie wpływające na jakość, czas i koszt realizacji projektu;
- czy ocenia się wyniki wdrożenia opracowanych odpowiedzi na ryzyko i czy podejmuje się odpowiednie działania korygujące;
- czy aktualizuje się status każdego ze zidentyfikowanych czynników ryzyka;
- czy prowadzi się *Rejestr ryzyka*, dokumentujący wyniki kolejno realizowanych procesów zarządzania ryzykiem;
- czy *Rejestr ryzyka* jest prowadzony w sposób umożliwiający wykorzystanie zgromadzonych informacji jako danych wejściowych do planowania zarządzania ryzykiem w innych projektach.

Wyniki audytów powinny zostać wykorzystane do oceny skuteczności i efektywności przyjętej metodyki zarządzania ryzykiem projektu oraz do sformułowania ewentualnych wniosków, dotyczących zmiany tej metodyki.

4.7.2 NARZĘDZIA I TECHNIKI WSPOMAGAJĄCE

Narzędzia i techniki monitorowania i kontroli ryzyka obejmują:

- okresowe przeglądy danych dotyczących stanu realizacji projektu, pozwalające na ocenę wyników wdrażania reakcji na ryzyko;
- analizę wartości wypracowanej (*earned value analysis*);
- formalne oceny (audyty wewnętrzne) przyjętej metodyki zarządzania ryzykami projektu.

Podstawowym narzędziem monitorowania i kontroli ryzyka są okresowe przeglądy danych, charakteryzujących stan realizacji projektu. Przeglądy te powinny być okresowo przeprowadzane przez Kierownika projektu i Zespół zarządzający projektem.

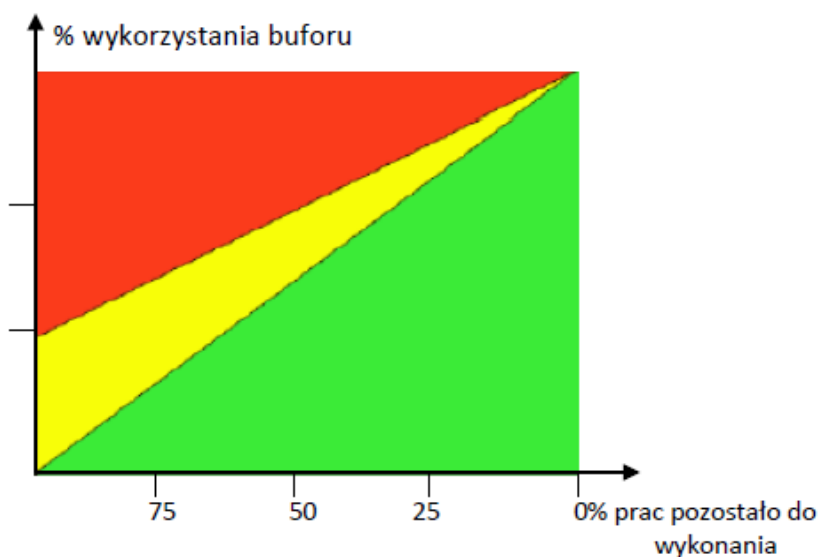
Jeżeli do opracowania harmonogramu projektu posłużono się metodą Łańcucha krytycznego, monitoruje się zużycie Bufora Projektu i Buforów Zasilających. Jako narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji o podjęciu działań korygujących, można wykorzystać schemat podobny do podanego na rys. 4.38.

Znaczenie poszczególnych kolorów jest następujące:

- kolor zielony oznacza bezpieczeństwo realizacji projektu,

- kolor żółty informuje o możliwych problemach w przyszłości,
- kolor czerwony wskazuje na istnienie poważnego zagrożenia dla terminowej realizacji projektu.

Założmy na przykład, że pozostało jeszcze do wykonania 60% robot tworzących Łańcuch Zasilający. Jeśli do tej pory wykorzystano tylko 10% Bufora Zasilającego, prawdopodobnie nie ma konieczności żadnej interwencji. Jeśli wykorzystano 40% Bufora Zasilającego, należy zaplanowanie działania korygujące. Natomiast, jeżeli wykorzystano co najmniej 50% Bufora Zasilającego, należy niezwłocznie przystąpić do realizacji planu awaryjnego. Taki schemat postępowania wymaga odpowiedniej kalibracji, w zależności od stosunku Wykonawcy do ryzyka.



Rys. 4.38. Przykładowy schemat dla podejmowania decyzji o podjęciu działań korygujących na podstawie monitorowania zużycie Bufora Projektu i Buforów Zasilających

Do kompleksowej oceny wpływu zaistniałych odchyłeń na czas i całkowity koszt realizacji wykorzystuje się zwykle analizę wartości wypracowanej (*earned value*). Analiza ta polega na ocenie odchyłeń kosztów robót budowlanych zaistniałych w określonym czasie na podstawie wartości trzech niezależnych parametrów:

- zaplanowanej wartości danej pracy PV (to jest, tej części budżetowanych kosztów pracy, którą planowano wydać na realizację pracy w określonym czasie),

- kosztu rzeczywistego AC (to jest, rzeczywistego kosztu rzeczywiście wykonanej pracy w określonym czasie) oraz
- wartości wypracowanej EV (to jest, kosztu pracy rzeczywiście wykonanej w określonym czasie, ustalonego na podstawie wskaźników przyjętych dla potrzeb planowania tych kosztów).

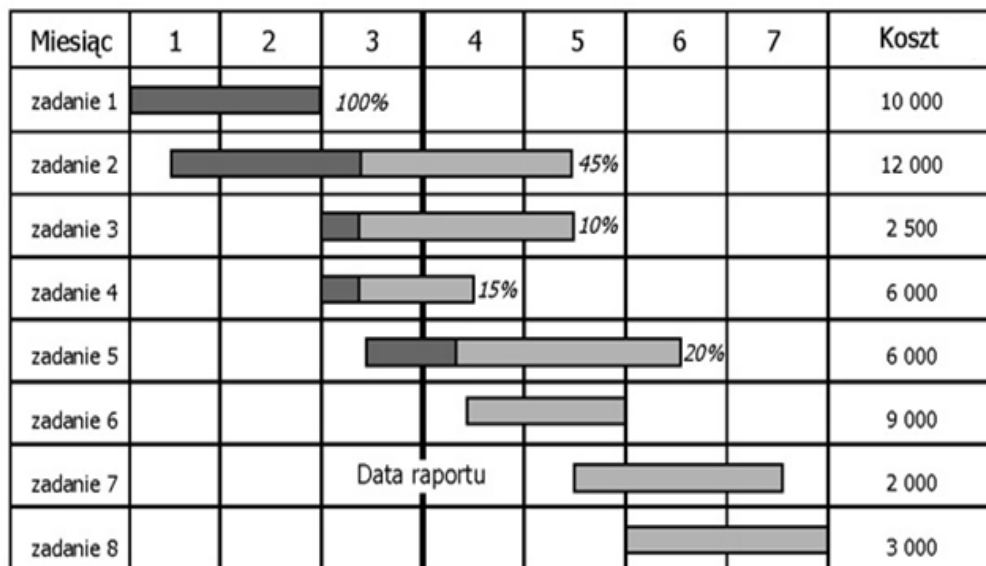
Różnica pomiędzy EV i PV stanowi odchylenie harmonogramowe SV, a różnica pomiędzy EV i AC stanowi odchylenie kosztowe CV przedsięwzięcia. Na tej podstawie oblicza się wskaźnik efektywności kosztowej $CPI = EV/AC$ i wskaźnik efektywności harmonogramowej $SPI = EV/PV$.

4.7.3 PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA METODY WARTOŚCI WYPRACOWANEJ

Celem analizy projektu Metodą Wartości Wypracowanej jest sprawdzenie, na jakim etapie jest w danym momencie postęp realizacji inwestycji w stosunku do harmonogramu bazowego oraz budżetu inwestycji. Danymi wejściowymi do analizy są dane planistyczne (harmonogram, kosztorys i budżet projektu) oraz bieżące raporty pozyskane o zaawansowania robót i faktycznie poniesionych kosztach. W tabeli 4.28 przedstawiono typowe ujęcie danych planistycznych, potrzebnych do przeprowadzenia analizy Wartości Wypracowanej - harmonogram robót wraz z planowanymi wydatkami miesięcznymi. Analiza w przykładzie jest wykonywana po trzecim miesiącu realizacji projektu. Moment ten został oznaczony w tabeli 4.28 pionową linią przerywaną. Na rys. 4.39 przedstawiono harmonogram wykonania prac. Podobnie jak na wykresie Gantta, belki na rys. 4.39. odwzorowują planowany czas wykonania robót. Ciemny odcień oznacza rzeczywiste zaawansowanie robót do końca trzeciego miesiąca realizacji budowy. Z kolei, tabeli 4.29 zestawiono dane o faktycznie poniesionych kosztach realizacji robót (zadań) do końca trzeciego miesiąca realizacji budowy.

Tabela 4.28. Zestawienie kosztów robót (zadań) w ujęciu miesięcznym.

Robota	1	2	3	4	5	6	7
1	5000	5000					
2	1500	3000	3000	3000	1500		
3			1000	1000	500		
4			4000	2000			
5			1000	2000	2000	1000	
6				3000	6000		
7					500	1000	500
8							3000
Razem	6500	8000	9000	11000	10500	2000	3500
Σ	6500	14500	23500	34500	45000	47000	50500



Rys. 4.39. Harmonogram robót (zadań) z oznaczonym szacowanym zaawansowaniem robót oraz planowanym całkowitym kosztem robót

Tabela 4.29. Zestawienie rzeczywistych kosztów realizacji zadań (Actual Cost of Work Performed - ACWP) wraz z szacowanym postępowaniem ich realizacji.

Zadanie	ACWP	%Wykonania
1	9500	100%
2	9800	45%
3	1200	10%
4	1700	15%
5	2100	20%
Razem ACWP	24300	49%

W tabeli 4.29 zostały uwzględnione roboty 1 – 5, które miały być realizowane w okresie pierwszych trzech miesięcy budowy. Druga kolumna zawiera dane dotyczące faktycznie poniesionych kosztów na realizację zadań. Porównując planowany i rzeczywisty postęp rzeczowo – finansowy budowy można stwierdzić, że:

- zadanie 1 miało kosztować € 10000, a w rzeczywistości kosztowało € 9500 i zostało już ukończone,
- zadanie 2 miało kosztować do końca trzeciego miesiąca € 7500, a kosztowało € 9800 i nie zostało jeszcze ukończone (45% wykonania),
- zadanie 3 miało kosztować 1000 Euro, natomiast kosztowało dotąd € 1200 i zostało wykonane w 10%,
- zadanie 4 miało kosztować € 4000, a wynoszą € 1700 i zostało wykonane w 15%,
- Zadanie 5 miało kosztować € 1000, a kosztowało dotąd € 2100 i zostało wykonane w 20%.

Widać, że realizacja Zadań 2-5 jest opóźniona. Jedynie Zadanie 1 zostało wykonane na czas, niższym kosztem od zakładanego. Wstępna analiza otrzymanych danych wykazuje, że wyniki realizacji projektu są poniżej oczekiwań.

Klasyczne podejście do analizy projektu polegałoby na porównaniu z jednej strony odchylenia harmonogramu, czyli porównania planu bazowego z harmonogramem rzeczywistym, a z drugiej strony - na porównaniu kosztów planowanych z kosztami faktycznie poniesionymi. Taka analiza dałaby wynik następujący:

- zadanie 1 ukończono na czas, mniejszym kosztem od zakładanego,
- realizacja zadań 2 – 5 jest opóźniona,
- planowany koszt zadań do końca 3-ego miesiąca miał wynosić € 23500, a rzeczywiste wydatki wyniosły € 24300; zatem, kosztorys został przekroczony zaledwie o € 800.

Analizując te wyniki można jedynie pobieżnie zorientować się w sytuacji, w jakiej znajduje się przedsięwzięcie inwestycyjne. Faktyczny stan robót można jednak bardziej szczegółowo przeanalizować Metodą Wartości Wypracowanej, jak niżej:

1. Wskaźniki podstawowe

1.1 Planowany Koszt Planowanej Pracy BCWS (PV) = 17750 (patrz rys.47):

Zadanie 1	10000	100%	10000
Zadanie 2	12000	45%	5400
Zadanie 3	2500	10%	250
Zadanie 4	6000	15%	900
Zadanie 5	6000	20%	1200
		Suma (BCWS)	17750

1.2 Planowany Koszt Wykonanej Pracy: BCWP (EV) = 23500 (z tabeli 4.28)

1.3 Rzeczywisty koszt Wykonanej Pracy: ACWP (AC) = 24300 (z tabeli 4.29)

2. Odchylenia

2.1 Odchylenie kosztowe (CV):

$$CV = BCWP - ACWP = 17750 - 24300 = -6550.$$

2.2 Odchylenie harmonogramowe (SV):

$$SV = BCWP - BCWS = 17750 - 23500 = -5750.$$

3. Wskaźniki wykonania

3.1 Wskaźnik wykonania kosztów (CPI):

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} = \frac{17750}{24300} = 0,730.$$

3.2 Wskaźnik wykonania harmonogramu (SPI):

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} = \frac{17750}{23500} = 0,755.$$

4. Oszacowanie zakończenia projektu

4.1 Szacowany koszt całkowity (EAC):

$$EAC = ACWP + \frac{BAC - BCWP}{CPI} = 24300 + \frac{50500 - 17750}{0,730} = 69163.$$

4.2 Szacowany czas całkowity (ETTC) w miesiącach od daty rozpoczęcia projektu:

$$ETTC = ATE + \frac{OD - ATE * SPI}{SPI} = 3 + \frac{7 - 3 * 0,755}{0,755} = 9,2 \text{ mies. od daty rozp.}$$

5. Podsumowanie

Z obliczeń dla okresu pierwszych trzech miesięcy trwania robót wynikają następujące wnioski:

- planowane koszty zostały przekroczone o € 6550,
- wykonano mniej prac, łącznie o wartości € 5750, niż zaplanowano,
- wydajność kosztowa projektu wynosi jedynie 73%
- wydajność realizacji harmonogramu wynosi jedynie 75,5%
- szacowany koszt końcowy projektu wynosi € 69163, czyli o € 18663 więcej, niż planowano,
- szacowany czas trwania projektu to ponad 9 miesięcy, czyli o ponad 2 miesiące dłużej niż planowano.

Dane takie są niezwykle istotne z punktu widzenia inwestora czy generalnego wykonawcy, który może na czas zabezpieczyć dodatkowe środki pieniężne na pokrycie większych wydatków poszczególnych zadań, tudzież dokonać próby zniwelowania wydłużającego się czasu realizacji projektu, poprzez zatrudnienie dodatkowych pracowników lub wydłużenie dziennego czasu pracy.

Przykład pokazuje, że zastosowanie Metody Wartości Wypracowanej umożliwia przeprowadzenie dużo dokładniej analizy przedsięwzięcia inwestycyjnego niż przy zastosowaniu klasycznych technik. Poprzez skalkulowanie wskaźników podstawowych i odchyień projektu, jest możliwa analiza stanu bieżącego, pod kątem realizacji harmonogramu oraz wydajności kosztowej, w momencie przeprowadzania analizy. Na bazie tych obliczeń można także dokonać oszacowania przyszłych wskaźników charakteryzujących wykonanie projektu, takich jak zmodyfikowany szacowany koszt robót i planowane zakończenie projektu.

ROZDZIAŁ 5

ZAKOŃCZENIE PROJEKTU I RYZYKO OKRESU GWARANCYJNEGO (J. C. TEIXEIRA)

5.1 PRZEKAZANIE DO EKSPLOATACJI

Rosnąca złożoność nowoczesnych przedsięwzięć budowlanych wymaga weryfikowania i testowania działań, które mają miejsce po zakończeniu budowy, a przed rozpoczęciem użytkowania obiektu. Działania te wymagają niewątpliwie czasu, są jednak niezbędne, aby zapewnić pełen zakres funkcjonowania i bezpieczeństwa obiektu. Oddanie do eksploatacji dużych obiektów (w rodzaju centrów handlowych, szpitali czy szkół) jest złożonym przedsięwzięciem budowlanym, wymagającym szeregu umiejętności, umożliwiających przeprowadzenie prób i skorygowanie ewentualnych usterek instalacji, jak również wyeliminowanie prawdopodobieństwa awarii, które uniemożliwią świadczenie usług na rzecz użytkownika końcowego. Zasadniczo, oddanie do eksploatacji polega na sprawdzeniu, czy wszystkie elementy i instalacje zostały zaprojektowane, zainstalowane i przetestowane zgodnie ze specyfikacjami projektowymi, co umożliwi ich obsługę i utrzymanie zgodnie z potrzebami klienta i wymogami użytkowymi.

W gruncie rzeczy, oddanie do eksploatacji może występować we wszystkich fazach projektu włącznie z fazą poprzedzającą budowę, fazą budowy i fazą po zakończeniu budowy. Działania te są ukierunkowane na sprawdzenie, czy instalacje i systemy zamontowane w obiekcie działają zgodnie ze specyfikacjami projektowymi. Faza oddania do eksploatacji poprzedza ukończenie projektu i przekazanie obiektu klientowi lub użytkownikowi końcowemu.

5.2 USTERKI BUDOWLANE

Termin “usterka” nie jest na ogół definiowany w kontekście kontraktów budowlanych, jednakże usterki w projektach budowlanych są niemal nieuchronne i z reguły stanowią przedmiot sporu pomiędzy klientem i wykonawcą. Ogólnie rzecz biorąc, wykonane roboty muszą spełniać wymogi kontraktu, a wszelkie odstępstwa uznaje się za usterki.

Przyczyny usterek budowlanych można zdefiniować jako działania lub zaniechania lub ich połączenie, które prowadzi do powstania usterek (Oyedele, 2010). Glover (2008) wskazuje, że usterka budowlana różni się od roszczenia spowodowanego uciążliwością (w rodzaju skrzypiącej podłogi), będącej skutkiem niewłaściwego utrzymania lub standardowego zużycia. Niektóre usterki mogą zagrażać bezpieczeństwu obiektu (wady związane z fundamentami, stropami, dachami, itd.), inne natomiast mają wpływ jedynie na estetykę wykonania. Usterki budowlane można zaliczyć do następujących kategorii głównych (Glover, 2008):

- Usterki projektowe
- Usterki materiałowe
- Problemy związane ze specyfikacją
- Usterki związane z realizacją

Neighbour (2006) klasyfikuje usterki materiałowe jako należące do dwóch kategorii o następujących skutkach dla wykonawców:

- Usterki związane z wadliwymi materiałami/ wykonaniem, nie spełniającym wymogów kontraktowych; w tym przypadku wykonawca powinien naprawić usterki, nie obciążając klienta kosztami.
- Usterki, które występują, mimo, że materiały i wykonawstwo spełniają wymogi kontraktu: w takim wypadku, koszt naprawy pokrywa klient.

Oyedele (2010) wskazuje, że usterki budowlane mogą być spowodowane przez:

- Wadliwy projekt
- Niewydolność kierownika projektu
- Brak wykwalifikowanej siły roboczej
- Niedopatrzenia wykonawców lub podwykonawców
- Nieprawidłowy lub niepełny opis zadań
- Wykorzystanie słabych jakościowo lub wadliwych materiałów
- Brak czasu, prowadzący do niedociągnięć w tworzeniu planów i harmonogramów
- Brak doświadczenia wykonawców lub podwykonawców

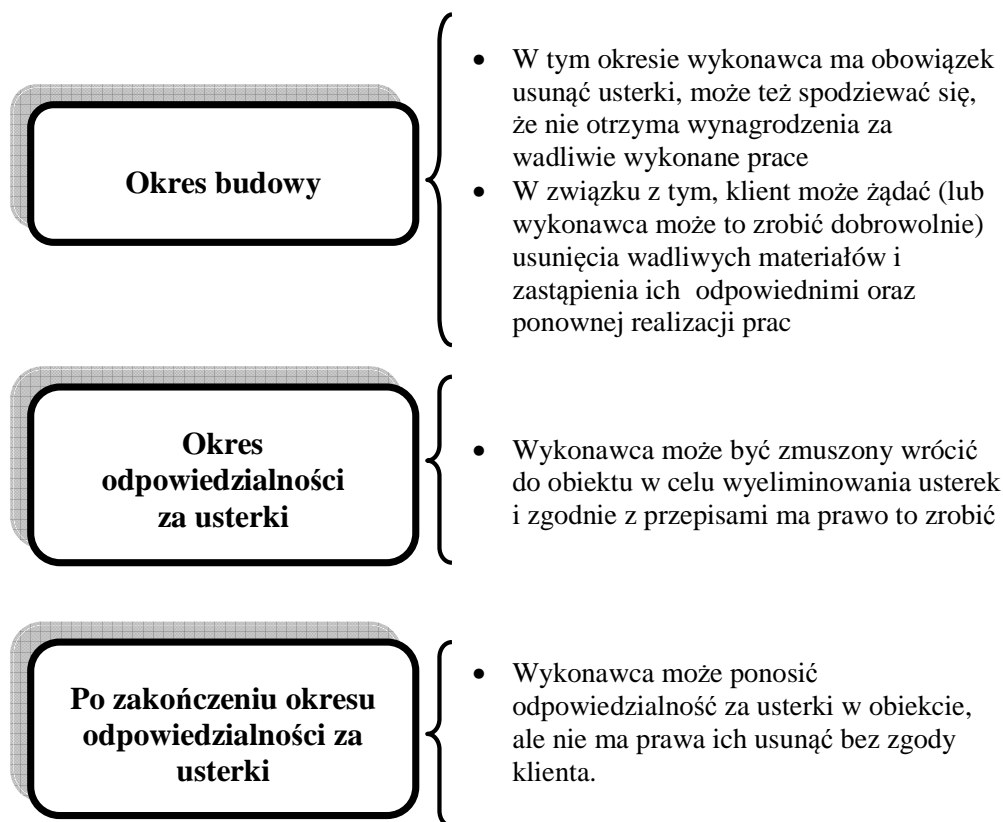
Jednakże, ten sam autor podkreśla, że usterki budowlane niełatwo zdefiniować z powodu dużej liczby uczestników projektu (na przykład, to, co klient postrzega jako usterki, nie musi być tak postrzegane przez wykonawców lub podwykonawców).

Usterki mogą występować na różnych etapach cyklu życia projektu, to znaczy, na etapie budowy, oddania do eksploatacji i użytkowania. Jako, że usterki, które występują w fazie użytkowania mogą podlegać pod zakres odpowiedzialności wykonawcy, z reguły w kontraktach budowlanych uwzględnia się okres odpowiedzialności za nie. Okres ten (zwany okresem gwarancji) to okres czasu po zakończeniu budowy (i oddaniu obiektu do eksploatacji), w trakcie którego wykonawca ponosi odpowiedzialność za naprawę na własny koszt wszelkich usterek, za które ponosi odpowiedzialność, jakie mogą wystąpić w obiekcie. Dodatkowo, wykonawca może ponosić odpowiedzialność za pewne usterki ujawnione po upływie tego okresu (np. usterki powodujące poważne uszkodzenia, przedwczesną utratę funkcjonalności elementów budowlanych, zbyt szybkie niszczenie materiałów itd.). Oczywiście, im później dochodzi do wykrycia usterek, tym trudniej jest udowodnić odpowiedzialność za jej powstanie. Ponadto, przepisy niektórych państw europejskich nakładają na wykonawcę odpowiedzialność za usterki wyłącznie w określonym czasie od momentu ich wykrycia (np. Portugalia).

W świetle powyższego, należy uznać, że odpowiedzialność wykonawcy za usterki jest zróżnicowana dla poszczególnych etapów cyklu życia projektu (rys. 48). Oprócz skłonienia wykonawcy do usunięcia usterek, właściciel obiektu może również żądać odszkodowania za dalsze straty, poniesione w wyniku ich wystąpienia (np. tymczasowe wyłączenie z użytku) lub też straty stron trzecich (np. zalanie sąsiedniej posiadłości. Co za tym idzie, oprócz żądania naprawy, właściciel może również wystąpić o odszkodowanie w związku z problemami spowodowanymi przez skutki wystąpienia usterek. Aby je uzyskać, właściciel musi jednak wystąpić do sądu.

Jednakże roszczenia klienta (lub właściciela, w zależności od etapu, na którym występuje roszczenie) związane z usterkami nie muszą doprowadzić do bezpośredniego uzyskania odszkodowania, jeśli wykonawca odmówi wzięcia za nie odpowiedzialności. Wykonawca może nie uznać usterki lub utrzymywać, że nie została ona spowodowana jego działaniami (np. błędami projektowymi lub niewłaściwą jego realizacją). W takim przypadku może dojść do sporu sądowego, którego rozstrzygnięcie może potrwać. Dlatego też usterki budowlane mogą stanowić istotny czynnik ryzyka dla klienta/ właściciela i wykonawcy i stać się przyczyną znaczących kosztów i opóźnień.

Bez względu na odpowiedzialność wykonawcy, w niektórych krajach europejskich, klient/właściciel ma prawo dokonać napraw z pominięciem wykonawcy, a następnie dochodzić zwrotu kosztów naprawy bezpośrednio lub za pośrednictwem kolejnego wykonawcy (Oyedele, 2010). Jest to jednak w większości krajów możliwe wyłącznie, jeśli wykonawca nie przeprowadzi naprawy w okresie obowiązywania odpowiedzialności za usterki w stosownym terminie po otrzymaniu roszczenia klienta.



Rys. 5.1. Odpowiedzialność wykonawcy za usterki budowlane

Wszyscy uczestnicy projektu powinni dążyć do unikania poważnych usterek i odpowiedniego postępowania w przypadku wystąpienia usterek drobnych. Cel ten można osiągnąć poprzez analizę niepożądanych wyników poprzednich projektów, dzięki uwzględnieniu odpowiednich wymogów kontraktowych oraz właściwemu zarządzaniu, które zminimalizuje ryzyko finansowe i ryzyko odpowiedzialności uczestników projektu na wszystkich etapach jego cyklu życia.

5.3 OKRES ODPOWIEDZIALNOŚCI ZA USTERKI

Bezpośrednio po zakończeniu robót budowlanych, wykonawca informuje o tym przedstawiciela klienta, który organizuje zebranie na placu budowy, jak również oddanie do eksploatacji w związku z zakończeniem budowy. W przypadku wykrycia jakichkolwiek usterek, wykonawca będzie zobowiązany do ich usunięcia w ustalonym terminie. Podobnie, w przypadku jakichkolwiek wad systemów technologicznych, wykrytych podczas oddania do eksploatacji, wykonawca zostanie poproszony o ich usunięcie. Po dokonaniu wszelkich napraw, przedstawiciel klienta wystawia Wstępne Świadczenie Ukończenia, określające datę usunięcia wszystkich usterek. Dokument ten oznacza, że obiekt uważa się za ukończony i nadaje się on do przekazania klientowi (właścicielowi lub użytkownikowi).

Okres odpowiedzialności za usterki rozpoczyna się po oddaniu do eksploatacji i trwa przez okres ustalony w kontrakcie, jednakże nie krótszy, niż minimalny okres przewidziany w przepisach ogólnych lub budowlanych, obowiązujących w większości krajów europejskich. Podczas okresu odpowiedzialności za usterki, konsultanci właściciela przeprowadzają regularne inspekcje i mogą wymagać od wykonawcy usunięcia usterek, wykrytych w obiekcie. Należy tu zauważyć, że żądanie, aby wykonawca usunął usterki, jest korzystne zarówno z punktu widzenia klienta/właściciela, jak i wykonawcy. Wykonawca jest na ogół w stanie usunąć usterki skuteczniej, niż strona trzecia (inny wykonawca zatrudniony przez klienta w tym celu), ze względu na znajomość obiektu i specyfiki zadania.

Przed wygaśnięciem okresu odpowiedzialności za usterki, przedstawiciel właściciela powinien dokonać inspekcji i sporządzić listę ewentualnych usterek, które pozostały nieusunięte. Po zakończeniu wszelkich napraw, przedstawiciel właściciela wydaje Końcowe Świadczenie Ukończenia, na jego podstawie, z określeniem daty usunięcia wszelkich usterek z końcem okresu odpowiedzialności za usterki.

Końcowe Świadczenie Ukończenia nie wyklucza jednak odpowiedzialności wykonawcy za usterki wykryte w późniejszym okresie. W rzeczywistości, usterki wykryte po wydaniu Końcowego Świadczenia nadal są uważane za naruszenie postanowień kontraktowych, a w niektórych przypadkach sąd może zobowiązać wykonawcę do usunięcia usterek w ramach określonego zamówienia (Robertson, Haggie, & Wilshire, 2010).

Wykonawca ponosi zatem odpowiedzialność za usterki wykryte przed, w trakcie i po upływie okresu odpowiedzialności za usterki (także w przypadku usterek, które powinny być zostać wykryte w tym okresie). Wydanie świadectwa również nie zwalnia wykonawcy z odpowiedzialności za usterki wykryte w późniejszym terminie.

5.4 RYZYKO FINANSOWE

W fazie budowy, usterki mogą być wynikiem błędów w projekcie, użycia niewłaściwych materiałów lub też wadliwego wykonania (w szczególności w przypadkach, gdy nadzór budzi wątpliwości). Usterki te są częstokroć wykrywane i usuwane w trakcie realizacji robót. Poważniejszym problemem są jednakże usterki wykryte po wydaniu Końcowego Świadectwa Ukończenia, ponieważ wyznacza ono koniec terminu odpowiedzialności za usterki. Mogą one stać się przyczyną poważnych strat, poniesionych przez właściciela lub użytkownika obiektu, w szczególności, jeśli nie można obciążyć wykonawcy odpowiedzialnością za nie (Ikpo, 2005).

Koszt usunięcia usterek jest uzależniony od zdolności negocjacyjnych klienta i wykonawców obsługujących projekt. Koszt usunięcia usterek to jedna z najczęściej spotykanych kwestii spornych pomiędzy wykonawcami a klientami. Na ogół, lepszym rozwiązaniem jest zwrócenie się do wykonawcy, aby usunął usterki, z przyczyn podanych powyżej. Ponadto, wprowadzenie nowego wykonawcy jest mniej efektywne kosztowo, wyłączając zarazem odpowiedzialność pierwszego wykonawcy za dalsze usterki, wykryte po przeprowadzeniu napraw.

5.5 RYZYKO SPORÓW SĄDOWYCH

Usterki budowlane (występujące w dowolnej fazie cyklu życia projektu) generują często ryzyko sporu sądowego. Ogólnie rzecz biorąc, spór taki może zostać

spowodowany przez szereg czynników związanych z różnymi fazami realizacji projektu; niektóre z nich nie poddają się łatwo kontroli przez uczestników projektu.

Katze wymienia następujące czynniki:

- Wymogi prawne, narzucone przez państwa i rządy, w rodzaju środowiskowych wymogów prawnych (np. utylizacja niebezpiecznych odpadów), zapobieganie dyskryminacji płci w zatrudnieniu i inne programy socjalne
- Brak specyfikacji kontraktowych dotyczących szeregu kwestii w zakresie obsługi i utrzymania
- Roszczenia stron trzecich w związku z klauzulami zwolnienia z odpowiedzialności (uszkodzenie ciała lub śmierć pracownika)
- Ryzyka nie podlegające kontroli oraz język kontraktu, skutkujący przeniesieniem ryzyka
- Osobowość uczestników projektu, którzy nierzadko wykazują się agresywnością, chęcią posiadania i pozostają w konflikcie interesów
- System wyceny budowy i proces przetargowy
- Kwestie nie związane z płatnościami.

Usterki budowlane to podstawowa przyczyna sporów w branży budowlanej (Ensbey, 2010). Konflikty pojawiają się często w związku ze zdefiniowaniem pojęcia usterki i określeniem strony za nią odpowiedzialnej, ze względu na zróżnicowanie stanowisk i interesów uczestników projektu (w zakresie np. pojęcia przeciętnej jakości), jakością materiałów, wykonania lub też są wynikiem połączenia szeregu czynników.

W tradycyjnym modelu kontraktowym, wykonawca ma obowiązek zrealizować projekt opracowany przez zespół projektowy klienta. W takim wypadku, wykonawca nie ponosi odpowiedzialności za projekt poza zmianami uzgodnionymi z klientem, w szczególności, jeśli zmiany te stały się przyczyną usterki w funkcjonowaniu obiektu. Usterki, które zostały wykryte po zakończeniu okresu odpowiedzialności, prowadzą do poważnych sporów, ponieważ wykonawca rzadko jest skłonny przyjąć za nie odpowiedzialność po wydaniu Końcowego Świadectwa Ukończenia. Kontrakty DBO mogą prowadzić do dalszych konfliktów pomiędzy właścicielem a wykonawcą ze względu na poziom obsługi lub efektywność utrzymania obiektu. W większości przypadków, właściciel ponosi odpowiedzialność w stosunku do użytkowników za wszelkie usterki funkcjonalne, a co za tym idzie, właściciel dąży do przeniesienia tej odpowiedzialności na wykonawcę.

Spory sądowe są kosztowne dla obu stron. Po pierwsze, wymagają szczegółowej znajomości prawa, technologii i praktyk budowlanych. Po drugie, zrozumienie złożoności większości problemów budowlanych jest na ogół bardzo czasochłonne

6. BIBLIOGRAFIA

AbouRizk, S. (2003): *Risk and Uncertainty in Construction*. Retrieved in January 2011 from <http://www.construction.ualberta.ca/Papers%20&%20Presentations/Risk%20analysis%20and%20management%20-%20SAbourizk.pdf>

ADB Standard Prequalification Document . (2006): *Prequalification of Bidders User's Guide*. Retrieved in February 2011 from http://www.adb.org/documents/manuals/bidding_documents/prequalification/SPQD_User_Guide.pdf

Akintoye, A., Beck, M., & Hardcastle, C. (2003):: *Public-Private Partnerships: Managing risks and opportunities*. Blackwell Science.

Beach, E. (n.a.): *What is the first step in Bidding Construction*. Retrieved in January 2011 from http://www.ehow.com/about_5269950_first-step-bidding-construction.html

Berezowskyj, S. (2009):: *The Tender Process: Protecting Yourself from Claim Risk*. Retrieved in March 2011, from Singleton Urquhart LLP: http://www.singleton.com/en/Publications/The_Tender_Process_Protecting_Yourself_from_Claim_Risk.aspx

COBRA. (2004): *The international construction research conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors*. Leeds Metropolitan University: RICS Foundation.

Cooke, B., & Williams, P. (2004): *Construction planning, programming, and control*. Retrieved in January 2011, from http://books.google.pt/books?id=_4lmFxnSDEsC&pg=PA78&lpg=PA78&dq=risk+management+in+construction+risk+at+the+tender+stage&source=bl&ots=H_zVL7pHA&sig=deAn26pX6BplYoiqqOPC_A6sO5A&hl=ptPT&ei=KuQqTZCnEo6q8QOs7sytAg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ve

Creedy, G. D. (2006): *Risk factors leading to cost overrun in the delivery of highway construction projects*. Retrieved in March 2011, from Queensland University of Technology: http://eprints.qut.edu.au/16399/1/Garry_Creedy_Thesis.pdf

Dallas, M. F. (2006): *Value & Risk Management: A Guide to Best Practice*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.

Doroszewski, W. (1965): *Słownik języka polskiego*. Polska Akademia Nauk, Warszawa

Eskesen, S. D. (2009):. *Risk Management before and during Construction - Risk Management and Contracts for Construction*. Retrieved in March 2011 from http://www.itaaites.org/fileadmin/filemounts/general/pdf/ItaAssociation/Organisation/Members/MemberNations/SaudiArabia/Riyadh_2009/Riyadh2009-SDE.pdf

Glover, J. (2008): *Liability for Defects in Construction- who pays and how much?* Retrieved in March, 2011, from Fenwick Elliot

<http://www.fenwickelliott.co.uk/files/Liability%20for%20Defects%20in%20Construction%20Contracts.pdf>

Goldratt E. M. (1997): *Critical chain*. The North River Press Publishing Corporation, Great Barrington.

Guerra, J. R., & Teixeira, F. J. (n.a.): *Risk Management applied to design, tendering/awarding and construction in EDP hydroelectric power plants*.

Hendry Essential Matters (n.a.): *Defects Liability Period - Reduce the costs*. Retrieved in March, 2011 from

http://www.essentialmatters.com.au/index.php?option=com_content&task=view&id=7265&Itemid=1&DisplayMode=1

Herroelen W., Leus R. (2004): *The construction of stable project baseline schedules*. European Journal of Operational Research, 156(3), pp. 550-565, Elsevier.

Herroelen W., Leus R. (2005): *Project scheduling under uncertainty: survey and research potential*. European Journal of Operational Research, 165(2), pp. 289-306, Elsevier.

IEC/FDIS 31000. (2009): Risk management – Principles and guidelines. International Electrotechnical Commission. Final Draft International Standard.

IEC/FDIS 31010. (2009): Risk management – Risk assessment techniques. International Electrotechnical Commission. Final Draft International Standard.

Johannsen, H. K. (2009): *Managing risk during pre-tender stages*. Retrieved in February 2011 from

http://www.pws.gov.nt.ca/asset/conference_files/PMC%20Presentations/Revised%20Managing%20Risk%20During%20Pre-Tender%20Stages%20-%20Helmut%20Johannsen.pdf

Katz, G. I. (n.a.): *Risk analysis: How designers and contractors minimize construction litigation*. Retrieved in March 2011 from Kaz&Stone, L.L.P:
<http://www.katzandstone.com/pdf/riskanalysis.pdf>

Leach, L.P. (2000): *Critical Chain Project Management*. Artech House, Boston-London,

MALCOE. (2005): *Tender and Selection Policy*. Retrieved in March 2011, from Macquarie University – Sidney: :

<http://www.colis.mq.edu.au/phase2/Tender%20and%20Selection%20Policy%20v1.2.pdf>

Mbachu, J., & Vinasithamby, K. (2005): *Sources of risks in construction project development: An exploratory study*. Retrieved in March 2011 from
http://www.rics.org/site/download_feed.aspx?fileID=2870&fileExtension=PDF

Medeiros, J. A., & Rodrigues, C. L. (n.a.): *A existência de riscos na indústria da construção civil e a sua relação com o saber operário*.

Moore, B. (2005): *Post-project reviews*. Retrieved in March 2011 from CBS Interactive Business Network: http://findarticles.com/p/articles/mi_m0NSX/is_8_50/ai_n15377665/

Neighbour, K. (2006): *A Guide to Construction Projects*. Retrieved in March 2011, from http://aca.org.au/wp-content/uploads/2009/12/a_guide_to_construction_projects_2006-publication_issue.pdf

Oyedele, O. (2010): *Managing Construction Defects..* Retrived in March 2011 from Glasgow Caledonian University:
http://www.scitopics.com/Managing_Construction_Defects.html

Padiyar, V., Shankar, T., & Varma, A. (n.a.). *Risk Management in PPP*. Retrieved in October 2010 from [www.globalclearinghouse.org/.../Padiyar%20et%20al%20-%20Risk%20Management%20in%20PPP%20\(2004\).pdf](http://www.globalclearinghouse.org/.../Padiyar%20et%20al%20-%20Risk%20Management%20in%20PPP%20(2004).pdf)

Project Management Institute (2008): *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) — Fourth Edition*.

Robertson, S., Haggie, M., & Wilshire, K. (2010): *The rectification of defects*. Retrieved in March 2011 from Kensington Swan:
http://www.kensingtonswan.com/Newsletters/Construction/The_rectification_of_defects.pdf

Tan, Y., Shen, L., & Langston, C. (2010): *Contractors' Competition Strategies in Bidding: Hong Kong Study*. Retrieved in February from <http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?268903>

The Chartered Institute of Building (2002): *Code of practice for project management for construction and development*. Osney Mead, Oxford: Blackwell Publishing Ltd.

Tokarski J. (1980): *Słownik wyrazów obcych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

U.S. Department of Transportation (2006). *Risk assessment and allocation for highway construction management* . Retrieved January, 2011, from <http://international.fhwa.dot.gov/riskassess/index.cfm>

Webster's Dictionary, www.websters-online-dictionary.org

Van de Vonder S., Demeulemesser E, Herroelen W., Leus R. (2005): *The use of buffers in project management: The trade-off between stability and makespan*. International Journal of Production Economics, 97(2), pp. 227-240, Elsevier.

Van de Vonder S., Demeulemesser E, Herroelen W., Leus R. (2006): The trade-off between stability and makespan in resource-constrained scheduling. International Journal of Production Research , 44(2), pp. 215-236, Taylor&Francis.

Zour, P. X., Zhang, G., & Wang, J.-Y. (n.a.): *Identifying Key Risks in Construction Project: Life Cycle and Stakeholder Perspectives*

MATERIAŁY DODATKOWE

Al-Fawzan M.A., Haouari M. (2005): A bi-objective model for robust resource – constrained project scheduling. International Journal of Production Economics, 96(2), pp. 175-187, Elsevier.

Birgönül, M., & Dikmen, I. (1996): *Risk Management in construction Projects* Retrieved in January 2011 from <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/658.pdf>

Cushman, R. F., & Myers, J. J. (1999): *Construction Law Handbook*. Retrieved in January 2011 from http://books.google.pt/books?id=E9Krv_J6LCMC&pg=PA463&lpg=PA463&dq=basic+definitions+of+risk+in+construction&source=bl&ots=c97KaP6rsy&sig=Tdh8SqFKpaiwHJoINfEUBh4PD6E&hl=pt-PT&ei=iNw1TfONJInvsgaOwsT5CQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CCAQ6AEwAQ

Gokhale, S. (2005): *Procurement - Strategies for owners on trenchless projects*. Retrieved in March 2011 from http://www.nastt.org/store/technical_papersPDF/448.pdf

Heimonen, I., Immonen, I., Kauppinen, T., Nyman, M., & Junnonen, J.-M. (n.a.): *Risk management for planning and use of buiding service systems* . Retrieved January, 2011, from http://www.brita-inpubs.eu/toolbox/Risk%20analysis_files/Risk%20management%20Examples.pdf

Herroelen W., Leus R. (2001): *On the merit and pitfalls of critical chain scheduling*. Journal of Operations Management, 19, pp. 559-577, Elsevier.

Herroelen W., Leus R., Demeulemeester E. (2002): *Critical chain scheduling: do not oversimplify*. Project Management Journal, 33 (4), pp. 48-60. Project Management Institute.

Kobyłański P., Kuchta D. (2007): A note on the paper by M.A. Al-Fawzan and M. Haouari about a bi-objective problem for robust resource-constrained project scheduling. International Journal of Production Economics, 107(2), pp. 496-501, Elsevier.

Quick, R. (2006): *Procurement and Risk Management - The drafting of PPP Documents*. Retrieved in November 2010 from http://www.imakenews.com/iln/e_article000596035.cfm?x=b11,0,w

Righele, A. (n.a): *Defects Liability Period - Reduce the Risks*. Retrieved in March 2011 from Hendry Essential Matters: http://www.essentialmatters.com.au/index.php?option=com_content&task=view&id=1875&Itemid=1&DisplayMode=1

Roxo, M. M. (2004): *Segurança e saúde do trabalho: Avaliação e controlo de riscos..* Almedina.

Simu, K. (2006): *Risk management in small construction projects*. Retrieved from University of Tecnology. Department of Civil and Environmental Engineering. Division of Architecture and Infrastructure.

Tan, Y., Shen, L., & Langston, C. (2010): *Contractors' Competition Strategies in Bidding: Hong Kong Study*.

ZAŁĄCZNIK 1

Tabela 4.3. Przykładowe wyniki identyfikacji ryzyka projektu budowlanego

L.p.	DATA	AUTOR	CZYNNIK RYZYKA	CZYNNOŚĆ	SKUTEK	KATEGORIA RYZYKA	BLISKOŚĆ	WŁAŚCICIEL	DATA AKTUALIZACJI	STATUS
1	24.11.2010	M.K.	Niepełne dane o istniejących obiektach podziemnych na terenie budowy	Roboty przygotowawcze	Konieczność wykonania nieplanowanych prac zabezpieczających, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu robót przygotowawczych	Ryzyko techniczne	5 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie
2	24.11.2010	M.K.	Rygorystyczność wymagań prawnych dotyczących ochrony środowiska	Roboty przygotowawcze	Konieczność uzyskania zezwoleń na usunięcie istniejącej roślinności, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu robót przygotowawczych	Ryzyko ogólne	5 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie
3	24.11.2010	M.K.	Niekorzystne warunki pogodowe, silne opady deszczu	Wykopki	Zmniejszenie wydajności zespołu roboczego, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania wykopów	Ryzyko techniczne	6 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie

4	26.11.2010	M.K.	Protesty społeczne przeciwko wykorzystaniu istniejącej drogi lokalnej na potrzeby ruchu środków transportowych Wykonawcy	Wykopcy	Czasowe wstrzymywanie robót, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania wykopów	Ryzyko ogólne	6 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie
5	26.11.2010	M.K.	Niekompletność rysunków i specyfikacji technicznych dla ścian wewnętrznych	Roboty mурowe	Zmiany w dokumentacji projektowej, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania robót mурowych	Ryzyko organizacyjne	9 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie
6	26.11.2010	M.K.	Niekorzystne warunki pogodowe: silne opady deszczu, duża prędkość wiatru	Pokrycie dachu	Czasowe wstrzymywanie robót, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania pokrycia dachu	Ryzyko techniczne	11 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie
7	26.11.2010	M.K.	Ograniczona dostępność farb i lakierów o jakości zgodnej z wymaganiami	Malowanie	Konieczność ustalenia źródła pozyskania farb i lakierów o jakości zgodnej z wymaganiami, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania robót malarskich	Ryzyko techniczne	12 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie

8	27.11.2010	M.K.	Niekorzystne warunki pogodowe: silne opady deszczu, duża prędkość wiatru	Wykończenie zewnętrzne	Czasowe wstrzymywanie robót, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania wykończenia zewnętrznego	Ryzyko techniczne	8 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie
6	27.11.2010	M.K.	Podatność materiałów okładzinowych na uszkodzenia podczas transportu i składowania	Wykończenie zewnętrzne	Konieczność wymiany uszkodzonych materiałów okładzinowych, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania wykończenia zewnętrznego	Ryzyko organizacyjne	8 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie
10	28.11.2010	M.K.	Ograniczona dostępność armatury o jakości zgodnej z wymaganiami	Instalacje wewnętrzne	Konieczność ustalenia źródła pozyskania armatury o jakości zgodnej z wymaganiami, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania instalacji wodno-kanalizacyjnej	Ryzyko organizacyjne	10 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie

11	28.11.2010	M.K.	Niewystarczające kwalifikacje robotników	Instalacje wewnętrzne	Zmniejszenie wydajności zespołu roboczego i konieczność wykonywania robót poprawkowych, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania instalacji wodno-kanalizacyjnej	Ryzyko organizacyjne	10 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie
12	30.11.2010	M.K.	Niekompletność rysunków i specyfikacji technicznych dla urządzenia terenu inwestycji	Urządzenie terenu i uprzątnięcie placu budowy	Zmiany w dokumentacji projektowej, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu urządzenia terenu inwestycji oraz prac związanych z likwidacją placu budowy	Ryzyko organizacyjne	10 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie
13	31.11.2010	M.K.	Wzrost cen usług zewnętrznych	uprzątnięcie placu budowy	Możliwy wzrost kosztów uprzątnięcia placu budowy	Ryzyko ogólne	10 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie

ZAŁĄCZNIK 2

Tabela 4.8. Analiza i ocena jakościowa ryzyka dla przykładowego projektu budowlanego

Lp.	DATA	AUTOR	CZYNNIK RYZYKA	CZYNNOŚĆ	SKUTEK	KATEGORIA RYZYKA	WPLYW	PRAWDOPODOB. WYSTĄPIENIA	REAKCJA NA RYZYKO	BLISKOŚĆ	WŁAŚCICIEL	DATA AKTUALIZACJI	STATUS
1	24.11.2010	M.K.	Niepełne dane o istniejących obiektach podziemnych na terenie budowy	Roboty przygotowawcze	Konieczność wykonania nieplanowanych prac zabezpieczających, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu robót przygotowawczych	Ryzyko techniczne	Umiarkowany - marginalny	Wysokie	Należy sprawdzić wszystkie warunki terenowe przed przystąpieniem do robót, wpływ ryzyka należy poddać analizie ilościowej	5 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie
2	24.11.2010	M.K.	Rygorystyczność wymagań prawnych dotyczących ochrony środowiska	Roboty przygotowawcze	Konieczność uzyskania zezwoleń na usunięcie istniejącej roślinności, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu robót przygotowawczych	Ryzyko ogólne	Łagodny – akceptowalny	Średnie	Należy sprawdzić listę dokumentów oraz czy nie nastąpiły zmiany w przepisach, wpływ ryzyka należy poddać analizie ilościowej	5 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie

3	24.11.2010	M.K.	Niekorzystne warunki pogodowe, silne opady deszczu	Wykopy	Zmniejszenie wydajności zespołu roboczego, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania wykopów	Ryzyko techniczne	Umiarkowany - marginalny	Średnie	Należy rozważyć wprowadzenie rezerwy czasowej w harmonogramie, wpływ ryzyka należy poddać analizie ilościowej	6 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie
4	26.11.2010	M.K.	Protesty społeczne przedko wykorzystaniu istniejącej drogi lokalnej na potrzeby ruchu środków transportowych Wykonawcy	Wykopy	Czasowe wstrzymywanie robót, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania wykopów	Ryzyko ogólne	Pomijalny	Niewielkie	Należy przeprowadzić konsultacje społeczne przed rozpoczęciem robót	6 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie
5	26.11.2010	M.K.	Niekompletność rysunków i specyfikacji technicznych dla ścian wewnętrznych	Roboty murowe	Zmiany w dokumentacji projektowej, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania robót murowych	Ryzyko organizacyjne	Łagodny – akceptowalny	Pomijalne	Należy uzyskać pisemne wyjaśnienia projektanta przed przystąpieniem do wykonywania robót murarskich	9 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie

9	26.11.2010	M.K.	Niekorzystne warunki pogodowe: silne opady deszczu, duża prędkość wiatru	Pokrycie dachowe	Czasowe wstrzymywanie robót, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania pokrycia dachowego	Ryzyko techniczne	Umiarkowany - marginalny	Średnie	Należy rozważyć wprowadzenie rezerwy czasowej w harmonogramie, wpływ ryzyka należy poddać analizie ilościowej	11 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie
7	26.11.2010	M.K.	Ograniczona dostępność farb i lakierów o jakości zgodnej z wymaganiami	Malowanie	Kontieczność ustalenia źródła pozyskania farb i lakierów o jakości zgodnej z wymaganiami, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania robót malarskich	Ryzyko techniczne	Dotkliwy – krytyczny	Średnie	Należy bezwzględnie przystąpić do emisji zapytań ofertowych, wpływ ryzyka należy poddać analizie ilościowej	12 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie
8	27.11.2010	M.K.	Niekorzystne warunki pogodowe: silne opady deszczu, duża prędkość wiatru	Wykończenie zewnętrzne	Czasowe wstrzymywanie robót, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania wykończenia zewnętrznego	Ryzyko techniczne	Umiarkowany - marginalny	Średnie	Należy wykonać elementy osłonowe na rusztowaniach, wpływ ryzyka należy poddać analizie ilościowej	8 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie

9	27.11.2010	M.K.	Podatność materiałów uszkodzenia na uszkodzenia podczas transportu i składowania	Wykończenie zewnętrzne	Konieczność wymiany uszkodzonych materiałów okładzinowych, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania wykończenia zewnętrznego	Ryzyko organizacyjne	Pomijalny	Minimalne	Należy rozważyć wprowadzenie rezerwy czasowej w harmonogramie, wpływ ryzyka należy poddać analizie ilościowej	8 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie
10	28.11.2010	M.K.	Ograniczona dostępność armatury o jakości zgodnej z wymaganiami	Instalacje wewnętrzne	Konieczność ustalenia źródła pozyskania armatury o jakości zgodnej z wymaganiami, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania instalacji wodno-kanalizacyjnej	Ryzyko organizacyjne	Dotkliwy - krytyczny	Wysoki	Należy niezwłocznie przystąpić do emisji zapytań ofertowych, wpływ ryzyka należy poddać analizie ilościowej	10 tygodni	KB	04.12.2010	Po przeglądzie

11	28.11.2010	M.K.	Niewystarczające kwalifikacje robotników	Instalacje wewnętrzne	Zmniejszenie wydajności zespołu roboczego i konieczność wykonywania robót poprawkowych, powodująca wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu wykonania instalacji wodno-kanalizacyjnej	Ryzyko organizacyjne	Łagodny – akceptowalny	Bardzo wysokie	Należy szczegółowo zapoznać pracowników z wymaganą technologią montażu armatury, wpływ ryzyka należy poddać analizie ilościowej	10 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie
12	30.11.2010	M.K.	Niekompletność rysunków i specyfikacji technicznych dla urządzenia terenu inwestycji	Urządzenie terenu i przygotowanie placu budowy	Zmiany w dokumentacji projektowej, powodujące wydłużenie czasu i zwiększenie kosztu urządzenia terenu inwestycji oraz prac związanych z likwidacją placu budowy	Ryzyko organizacyjne	Łagodny – akceptowalny	Wysokie	Po rozpoczęciu robót, należy przeprowadzić rozmowę z inwestorem w celu spowodowania jak najszybszego dostarczenia ostatecznej wersji projektu zagospodarowania terenu, wpływ ryzyka należy poddać analizie ilościowej	10 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie

13	3111.2010	M.K.	Wzrost cen usług zewnętrznych	uprzątnięcie placu budowy	Możliwy wzrost cen usług związanych z przygotowaniem pomieszczeń do użytkowania	Ryzyko ogólne	Łagodny – akceptowalny	Minimalne	Należy bezzwłocznie pozyskać usługodawcę w zakresie prac porządkowych	10 tygodni	PM	04.12.2010	Po przeglądzie
----	-----------	------	-------------------------------	---------------------------	---	---------------	------------------------	-----------	---	------------	----	------------	----------------