

KONCEPCJA MONITOROWANIA ZUŻYCIA BUFORÓW CZASU W HARMONOGRAMIE BUDOWLANYM

Kamil PRUSZYŃSKI*

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

Streszczenie: W artykule przedstawiono jeden z elementów metody harmonogramowania realizacji przedsięwzięć budowlanych z uwzględnieniem buforów czasu – macierz ryzyka w zużyciu bufora czasu. Jego właściwe stosowanie pozwoli na pełną kontrolę przebiegu realizacji robót na budowie. Odpowiedni monitoring buforów czasu oraz późniejsze właściwe decyzje mogą przyczynić się do ukończenia całego zamierzenia budowlanego w ustalonym wcześniej terminie.

Słowa kluczowe: macierz ryzyka, bufor czasu, metoda łańcucha krytycznego, harmonogramowanie.

1. Wprowadzenie

Goldratt (2000) w metodzie łańcucha krytycznego, która uwzględniając zasoby oraz ich ograniczenia w dostępności, tworzy teorię ograniczeń (TOC), przedstawił główne wytyczne do stosowania buforów czasu. Przyjmując je jako podstawowe założenia, podjęto próbę dostosowania tej metody do specyfiki realizacji przedsięwzięć inżynieryjno-budowlanych.

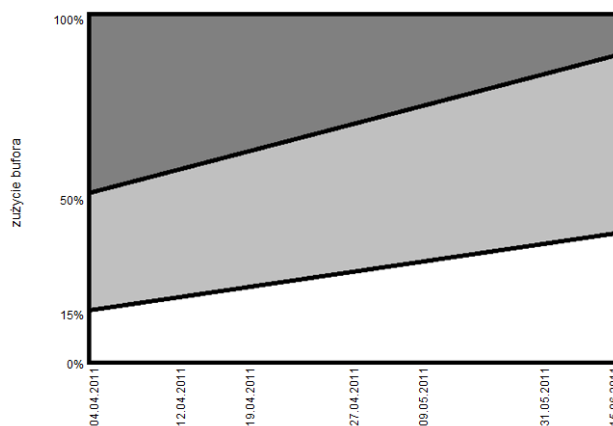
W Zakładzie Technologii i Organizacji Robót Inżynieryjnych SGGW w Warszawie jest realizowany obecnie projekt badawczy: *Metoda harmonogramowania realizacji przedsięwzięć budowlanych z uwzględnieniem buforów czasu*. W projekcie zaproponowano możliwości kontroli różnych buforów czasu wprowadzonych do harmonogramu wraz z analizą ryzyka terminowego zrealizowania przedsięwzięcia.

Autorska metoda zostanie przedstawiona na podstawie zrealizowanej już budowy stacji metra A19 Marymont w Warszawie. Analizy dokonano wykorzystując jedną z bardziej dostępnych aplikacji do zarządzania realizacją przedsięwzięć (w tym także budowlanych) – programu MS Project w wersji 2007.

2. Podstawy teoretyczne stosowania macierzy ryzyka

Wykorzystując ideę metody analizy ryzyka – FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* – analiza rodzajów i skutków możliwych błędów) buduje się macierz ryzyka dla bufora (rys. 1). W tym celu wykorzystuje się wiedzę ekspercką jednej lub wielu osób, znających doskonale

zagadnienia związane z realizacją danego zamierzenia inżynieryjno-budowlanego oraz potrafiących stworzyć odpowiednie obszary małego, średniego i dużego ryzyka. Ekspert wiarygodnie oceni, jak na przykład może wpłynąć wydłużenie choćby o jeden dzień czasu trwania ciągu, za który odpowiada dany bufor czasu, na przebieg całego harmonogramu – a tym samym na jego końcowy termin.



Rys. 1. Interpretacja graficzna przykładowej macierzy ryzyka

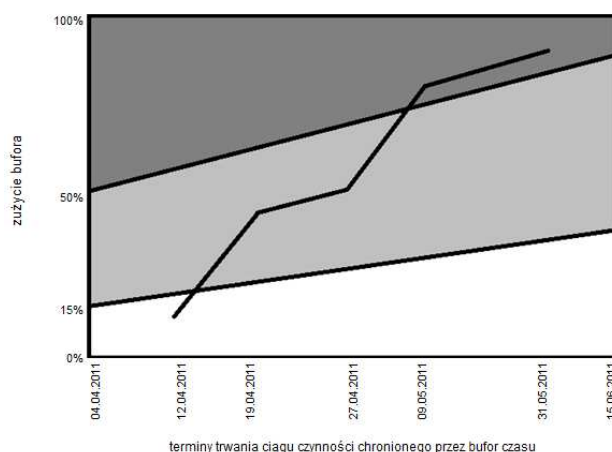
Odcienie, które zostały zastosowane w macierzy służą lepszemu uwidocznieniu tych elementów, które są bardziej lub mniej ryzykowne. Tak na przykład kolor biały ilustruje ryzyko znikome, które jest na tyle małe i nieszkodliwe, że można je uznać za pomijalne w dalszych działaniach związanych z realizacją przedsięwzięcia. Kolorem jasnoszarym zaznaczono te obszary, dla których występuje ryzyko umiarkowane

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: kpruszynski@op.pl

(dopuszczalne warunkowo). Te ryzyka należy już brać pod uwagę w dalszej części analizy. Ostatni kolor, ciemnoszary przedstawia ryzyka groźne, a więc traktowane jako niedopuszczalne. To im należy w pierwszej kolejności poświęcić dalszą uwagę, celem przekwalifikowania ich na ryzyko o mniejszym prawdopodobieństwie lub o mniejszych skutkach zajścia. Wielkości zarówno prawdopodobieństw jak i skutków są określane indywidualnie dla każdego realizowanego przedsięwzięcia.

Macierz ryzyka wykorzystywana jest w analizie intensywności zużycia buforów czasu. Jej interpretacja graficzna powstaje poprzez nałożenie na macierz ryzyka linii przedstawiającej wyczerpywanie bufora czasu w czasie. Taki przykład obrazuje rysunek 2.

Nałożony na macierz ryzyka wykres linii przedstawiającej w czasie wyczerpywanie bufora czasu powstaje poprzez zaznaczenie na osi odciętych (czas trwania ciągu, który przedmiotowy bufor ochrania) odpowiednich terminów zużycia bufora. Natomiast na osi rzędnych należy odkładać wielkość zużywanego bufora wyrażoną w procentach.

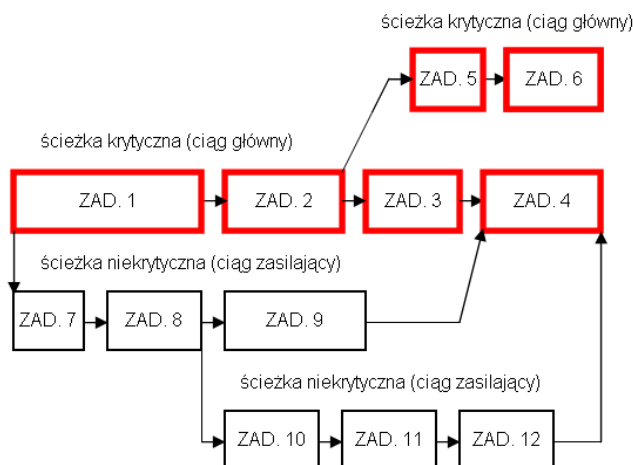


Rys. 2. Interpretacja graficzna wyczerpywania bufora czasu na tle macierzy ryzyka jego zużycia

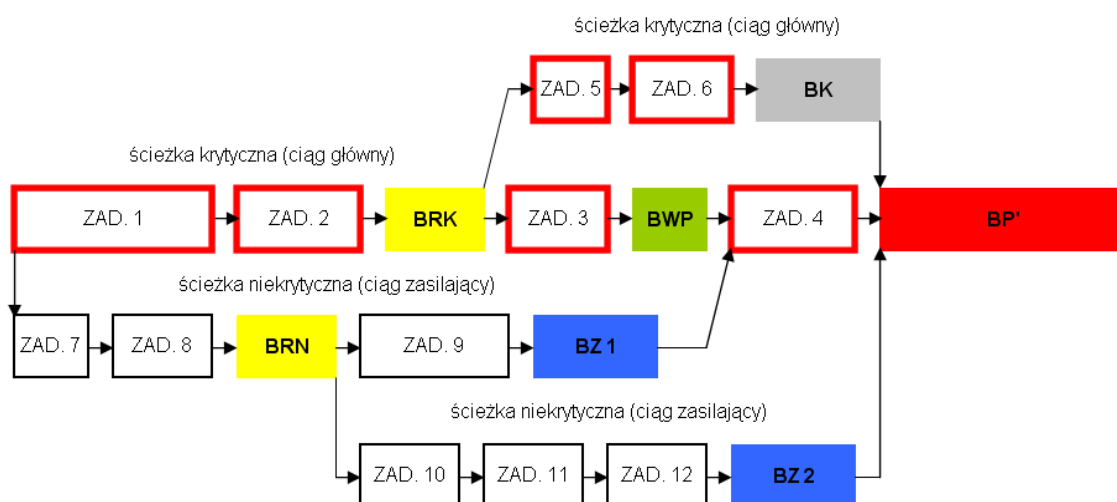
3. Monitoring i kontrola zużycia buforów czasu

Poniżej przedstawiono prosty sposób zarządzania buforami czasu podczas realizacji przedsięwzięcia inżynierijno-budowlanego, stosując w tym celu macierz ryzyka w zużyciu bufora czasu.

a)



b)



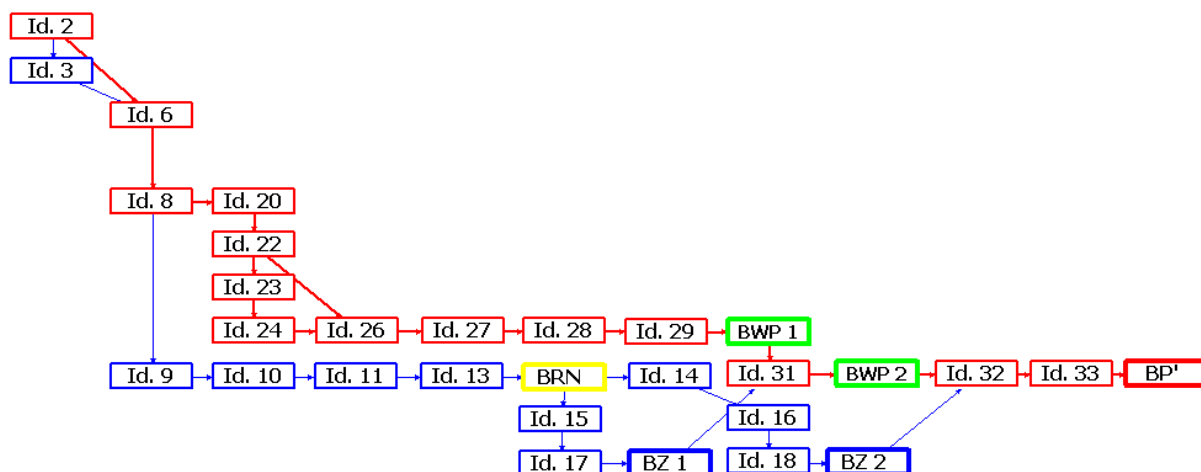
Rys. 3. Schematy (Połoński i Pruszyński, 2008): a) początkowy sieci zależności b) lokalizacji buforów czasu według proponowanej metody, gdzie: BP' – nowy bufor projektu, BZ – bufor zasilający, BK – bufor kończący, BWP – bufor wspomagający projekt, BRK – bufor reagujący na ścieżce krytycznej, BRN – bufor reagujący na ścieżce niekrytycznej

Do eksperymentu obrazującego powyższe posłużono się – z racji wielkości harmonogramu budowy (roboty ziemne stacji metra A19 Marymont w Warszawie) – tylko jego odpowiednio zagregowanym fragmentem (24 czynności). W tak przygotowanym harmonogramie postępowano zgodnie z wytycznymi Goldratta (2000). Dokonano skrócenia o 50% wartości wszystkich czasów (przyjęto ten sposób skracania ze względu na jego

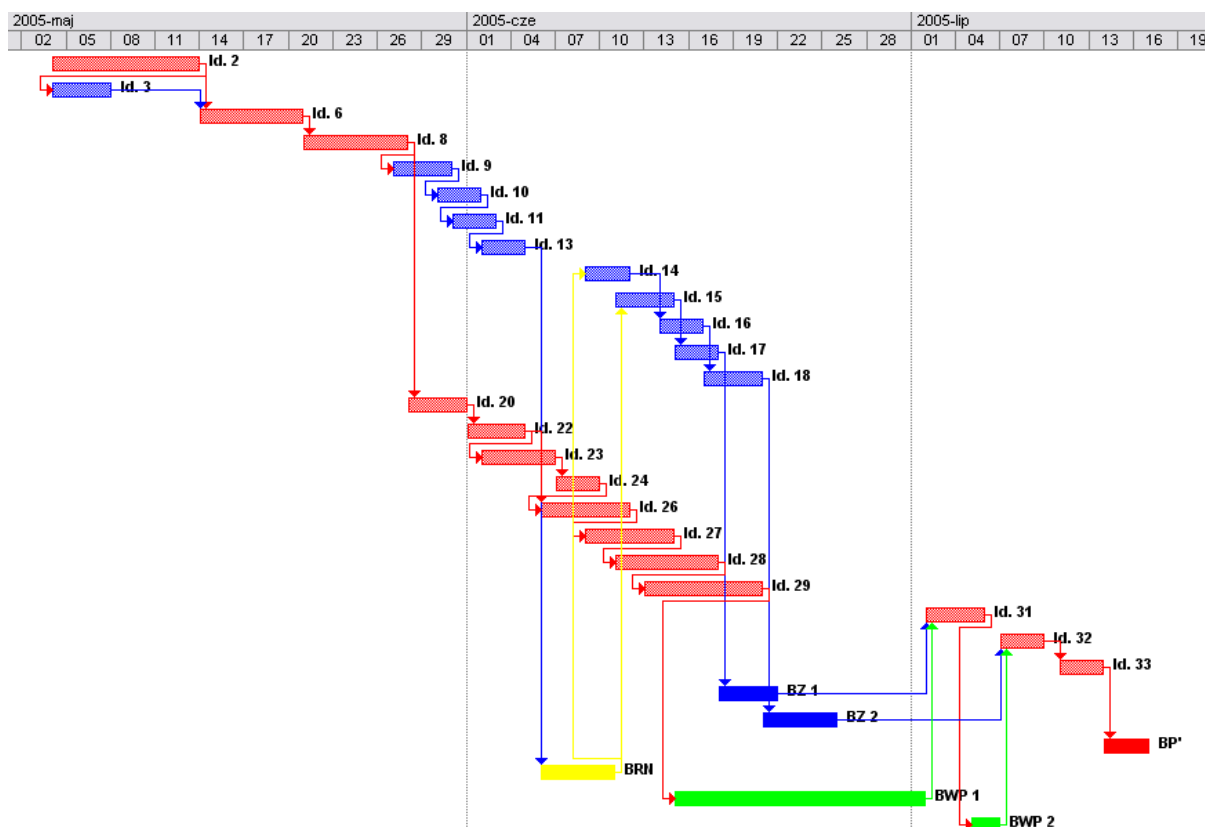
prostotę obliczeń), następnie zastosowano odpowiednie bufory czasu (rys. 3) oraz wstawiono ich wielkości (także skrócone o 50%). Powstały w ten właśnie sposób harmonogram posłużył za materiał wyjściowy do dalszych analiz (rys. 4).

Tabelaryczne zestawienie zawartych w harmonogramie danych przedstawia tabela 1.

a)



b) harmonogram Gantta



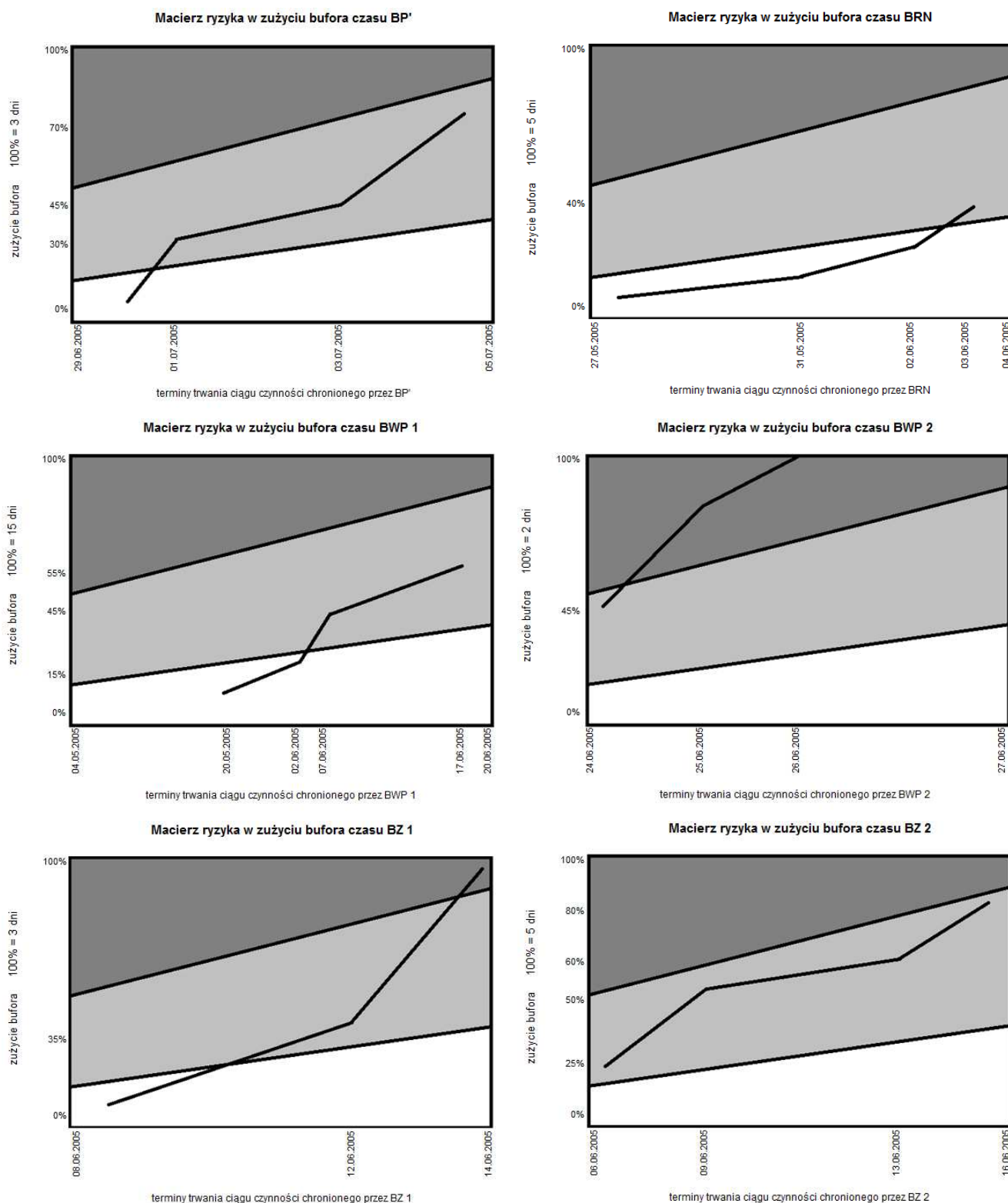
Rys. 4. Fragment (24 czynności) harmonogramu robót ziemnych budowy stacji metra A19 Marymont w Warszawie ze wstawionymi buforami czasu (harmonogram wyjściowy): a) schemat zależności, b) harmonogram

Tab. 1. Zestawienie danych do harmonogramu wyjściowego

Id	Nazwa zadania	Czas trwania	Rozpoczęcie	Zakończenie	Następniki	ZC
2	Mobilizacja i przygotowanie sprzętu	9 dn	2005-05-04 09:00	2005-05-13 18:00	3ZR-9 dn;6	0 dn
3	Przygotowanie frontu robót	4 dn	2005-05-04 09:00	2005-05-07 18:00	6	5 dn
6	Wykonanie ścian szczelinowych - sekcje 11-18 i 37-44	6 dn	2005-05-14 09:00	2005-05-20 18:00	8	0 dn
8	Wykonanie ścian szczelinowych - sekcje 19-26 i 31-36	5 dn	2005-05-21 09:00	2005-05-27 18:00	9ZR-1 dzień;20	0 dn
9	Wykonanie pali ścianki berlińskiej	3 dn	2005-05-27 09:00	2005-05-30 18:00	10ZR-1 dzień	9 dn
10	Wykonanie wykopu wstępnego sekcje 5a i 5b	3 dn	2005-05-30 09:00	2005-06-01 18:00	11ZR-2 dn	9 dn
11	Skucie ścian szczelinowych oraz uszczelnienie połączenia ze stropem zewnętrznym - sekcje 18-25 i 32-37	3 dn	2005-05-31 09:00	2005-06-02 18:00	13ZR-1 dzień	9 dn
13	Szalowanie sekcji 5a	3 dn	2005-06-02 09:00	2005-06-04 18:00	37	9 dn
14	Zbrojenie i betonowanie sekcji 5a	3 dn	2005-06-09 09:00	2005-06-11 18:00	16ZR+1 dzień	9 dn
15	Szalowanie sekcji 5b	3 dn	2005-06-11 09:00	2005-06-14 18:00	17	9 dn
16	Zbrojenie i betonowanie sekcji 5b	3 dn	2005-06-14 09:00	2005-06-16 18:00	18	9 dn
17	Szalowanie przewyższenia sekcji 5a	3 dn	2005-06-15 09:00	2005-06-17 18:00	34	9 dn
18	Zbrojenie i betonowanie przewyższenia sekcji 5a	3 dn	2005-06-17 09:00	2005-06-20 18:00	35	9 dn
20	Wykonanie ścian szczelinowych- sekcje 27-30 i 58-59	3 dn	2005-05-28 09:00	2005-05-31 18:00	22	0 dn
22	Wykonanie ścian szczelinowych- sekcje 8-10 i 45-47	4 dn	2005-06-01 09:00	2005-06-04 18:00	26;23ZR-3 dn	0 dn
23	Wykonanie pali ścianki berlińskiej	4 dn	2005-06-02 09:00	2005-06-06 18:00	24	0 dn
24	Tymczasowe przełożenie kabli energetycznych i trakcyjnych - wiązka 2	3 dn	2005-06-07 09:00	2005-06-09 18:00	26ZR-4 dn	0 dn
26	Wykonanie ścian szczelinowych- sekcje 1-7 i 48-57	6 dn	2005-06-06 09:00	2005-06-11 18:00	27ZR-3 dn	0 dn
27	Wykonanie pali ścianki berlińskiej	5 dn	2005-06-09 09:00	2005-06-14 18:00	28ZR-3 dn	0 dn
28	Wykonanie wykopu wstępnego sekcje 1, 2a, 2b	6 dn	2005-06-11 09:00	2005-06-17 18:00	29ZR-5 dn	0 dn
29	Skucie ścian szczelinowych oraz uszczelnienie połączenia ze stropem zewnętrznym - sekcje 1-8 i 47-57	7 dn	2005-06-13 09:00	2005-06-20 18:00	38ZR-5 dn	0 dn
31	Szalowanie sekcji 1	3 dn	2005-07-02 09:00	2005-07-05 18:00	39ZR-1 dzień	0 dn
32	Zbrojenie i betonowanie sekcji 1	3 dn	2005-07-07 09:00	2005-07-09 18:00	33	0 dn
33	Zbrojenie i betonowanie sekcji 2b	3 dn	2005-07-11 09:00	2005-07-13 18:00	36	0 dn
34	Bufor BZ 1	3 dn	2005-06-18 09:00	2005-06-21 18:00	31	9 dn
35	Bufor BZ 2	5 dn	2005-06-21 09:00	2005-06-25 18:00	32	9 dn
36	Bufor BP'	3 dn	2005-07-14 09:00	2005-07-16 18:00		0 dn
37	Bufor Brn	5 dn	2005-06-06 09:00	2005-06-10 18:00	15;14ZR-2 dn	9 dn
38	Bufor BWP 1	15 dn	2005-06-15 09:00	2005-07-01 18:00	31	0 dn
39	Bufor BWP 2	2 dn	2005-07-05 09:00	2005-07-06 18:00	32	0 dn

Na rysunku 5 przedstawiono wykresy „dystrybucji” czasu z planowanych w przedsięwzięciu buforów wraz

z terminami osiągnięcia zakończenia ciągów czynności, które one chronią.



Rys. 5. Interpretacja graficzna wykorzystania bufora czasu na tle macierzy ryzyka jego zużycia

Należy nadmienić, iż taki monitoring należy wykonywać na tyle często, by móc podjąć odpowiednie kroki zaradcze w razie zagrożenia realizacji przedsięwzięcia. Wydaje się jednak, iż w przypadku dużych budów, gdzie z założenia przedsięwzięcie inżynieryjno-budowlane trwać będzie długo, wystarczy kontrola przykładowo raz w tygodniu – podczas cotygodniowych narad z kadrą techniczną budowy. Ważne jest jednak, by była ona systematyczna. Wówczas, zgodnie z intencją Goldratta (2000), taka kontrola jest pewniejsza i przynosić może oczekiwane efekty w momencie, kiedy faktycznie będą one potrzebne. Ponadto doprowadzi to do pełnego sukcesu w zarządzaniu realizacją przedsięwzięcia budowlanego.

4. Podsumowanie

Pełny monitoring i kontrolę „zużycia” buforów czasu osiąga się dzięki zastosowaniu macierzy ryzyka. Próba stosowania macierzy ryzyka w zużyciu bufora czasu jest głosem w dyskusji nad pełnym przystosowaniem metody łańcucha krytycznego do realiów przedsięwzięć inżynieryjno-budowlanych. Pozwoli to na całościowe jego zarządzanie według koncepcji Goldratta (2000).

Odpowiednio dobrane wielkości obszarów macierzy ryzyka w zużyciu bufora czasu oraz konsekwencja w ich korygowaniu gwarantuje skuteczne zarządzanie w trakcie realizacji przedsięwzięcia budowlanego.

Przedstawiona w referacie problematyka badawcza wydaje się zasadna z uwagi na fakt, coraz to bardziej

„wyśrubowanych” harmonogramów skierowanych do realizacji, przez co zwiększa się ryzyko ich niedotrzymania.

Literatura

- Goldratt E. M. (2000). Łańcuch krytyczny. Wyd. WERBEL, Warszawa.
- Połoński M., Pruszyński K. (2008). Lokalizacja buforów czasu w metodzie łańcucha krytycznego w harmonogramach robót budowlanych (cz. 1) – podstawy teoretyczne. *Przegląd budowlany*, 02/2008, 45-49.

TIME BUFFER CONSUMPTION MONITORING CONCEPT IN THE SCHEDULE CONSTRUCTION

Abstract: The paper presents one of elements for Method of scheduling building project including time buffers – matrix risk of time buffers usage. Its proper usage allow for full control of project implementation course in building site. Appropriate monitoring of time buffers and later proper decision result most of all in finishing all building project in fixed term.

Praca realizowana w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie w ramach projektu badawczego promotorskiego nr N506 431036 pt.: „Metoda harmonogramowania realizacji przedsięwzięć budowlanych z uwzględnieniem buforów czasu” finansowanego przez MNiSW w latach 2009-2011