

WYZNACZENIE STRUMIENIA WARTOŚCI W GÓRNICTWIE

Tadeusz SEK, Anna WILKOSZ

Streszczenie: W niniejszym referacie, na bazie drążenia wyrobisk korytarzowych na poziomie wydobywczym, przedstawiono sposób wyznaczenia powstawania strumienia wartości. Poziome roboty przygotowawcze (udostępniające), istotne dla procesu eksploatacji, wykonuje firma zewnętrzna po wygraniu przetargu. W wyniku dokonanej analizy OEE wyznaczone zostały wskaźniki: dostępności, wydajności oraz jakości [1].

Słowa kluczowe: górnictwo, roboty przygotowawcze, logistyka, strumień wartości.

1. Wprowadzenie

W niniejszym referacie przedstawiono metodę analizy wybranej technologii drążenia wyrobiska korytarzowego pod względem powstającego strumienia wartości stosowanego w logistyce. Podstawowym założeniem było zlecenie prac firmie specjalistycznej wybranej na podstawie listy rankingowej firm o odpowiednich wskaźnikach: dostępności, wydajności oraz jakości [2].

Jednym ze sposobów na zmniejszania kosztów jest redukcja zatrudnienia. W ramach odchudzania kadry kopalnie wydzielają zespoły pracowników, którzy tworzą potem własne spółki zajmujące się wykonywaniem wyspecjalizowanych prac. Wyłoniona w drodze przetargu firma ta zajmuje się głównie drążeniem wyrobisk korytarzowych w podziemnych zakładach górniczych. W skład robót dodatkowych wchodzi: drążenie wyrobiska, budowa skrzyżowań; obsługa przenośników oraz załadowni, czyszczenie tras, transport materiałów i urządzeń; konserwacja urządzeń przodkowych oraz odstawy, montaż rurociągów przeciwpożarowego i odwodnieniowych, wzmacnianie chodników. Przy drążeniu wyrobisk zakłada się osiągnięcie postępów miesięcznych: wyrobiska węglowo-kamienne - od 250 do 400 m, wyrobiska kamienne - od 80 do 120 m.

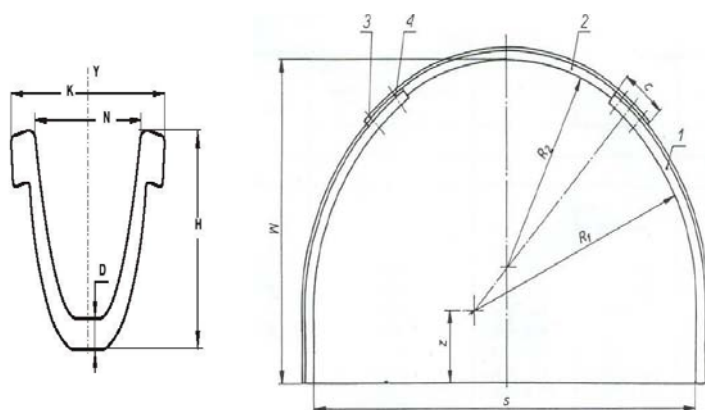
2. Zdefiniowanie zagadnienia

Niżej przedstawiono dwie wybrane definicje logistyki: 1) logistyka to planowanie, organizacja, realizacja i kontrola przepływów dóbr od ich zakupu, poprzez produkcję i dystrybucję do ostatecznego klienta, w celu spełnienia wymagań rynkowych przy minimalnych kosztach, minimalnym zaangażowaniu kapitału [CEN (Comitet European de Normalisation) 1992]; 2) logistyka to marketingowa kontrola przepływu dostaw, ich przetwarzania i dystrybucji w postaci wyrobów [T. Sek - 2010]. Stosując podejście logistyczne można dokonać porównania wykonywania określonych robót górniczych w zakresie technicznym i elastyczności stosowanego układu technologicznego. Stały wzrost znaczenia logistyki zarówno w teorii, jak i praktyce wiąże się w zasadniczej mierze ze zmianami warunków zewnętrznych, w których funkcjonują poszczególne przedsiębiorstwa i jednostki gospodarcze. Logistyka:

- utrzymuje ciągle, równomierny przebieg operacji produkcyjnych od momentu przyjęcia dostawy materiałów do dostarczenia gotowego wyrobu do klienta,

- eliminuje tworzenie zapasów,
- redukuje odległości transportu,
- eliminuje braki i zniszczenia materiałów,
- wykorzystuje w maksymalnym stopniu posiadaną przestrzeń.

Logistyka jest procesem zarządzania łańcuchem dostaw, przez który rozumie się jako całą działalność związaną z przepływem materiału (towaru) od jego źródła poprzez wszystkie jego zmiany, aż do tej postaci, w której jest konsumowany przez klienta [Łańcuch logistyczny, dr Wojciech M. Banasiewicz]. W rozważanym przykładzie przez dostawy rozumie się wszystkie elementy niezbędne do realizacji zamówionych robót: komplety obudowy chodników V25 (rys. 1, tabela 1.), siatki wykładzinowe, śruby, elementy rurociągów, szyny torowisk itp.



Rys. 1. Schemat obudowy [2]

Niżej w tabeli 1 przedstawiono wymiary gabarytowe dla trzech typów obudów chodnikowych: V21, V25 i V29.

Tab. 1. Parametry obudowy chodnikowej

Oznaczenia	K [mm]	N [mm]	D [mm]	H [mm]	Pole pow. przekr. [cm ²]	masa 1m [kg]
V21	125±1	95,5±0,5	14±0,6	108 ^{-0,6} _{0,6}	27	21
V25	135±1	103,5±0,5	15±0,6	118 ^{-0,6} _{0,6}	31,84	25
V29	150,5±1	116,5±0,5	16±0,6	124±1	37	29

Przepływ pieniędzy dotyczy optymalizacji warunków handlu z dostawcami i odbiorcami tak, aby obrót kapitału stał się jak najkrótszy. Planuje się zamawianie obudów na zakres robót wykonywanych w tygodniu co wyeliminuje powstawanie zbędnych zapasów. Na rys. 2. przedstawiono łańcuch logistyczny (ogólny i odpowiedni dla każdego procesu technologicznego) obrazujący przepływ materiałów i surowców od dostawców poprzez produkcję do rynku, układ zależności pomiędzy przedsiębiorstwem, jego dostawcami i odbiorcami.



Rys. 2. Łańcuch logistyczny [Opracowanie własne]

W rozważanym przypadku firma wykonująca roboty korytarzowe musi na podstawie zawartego kontraktu wynikającego z wygranego przetargu wykonać określoną ilość robót. Przez strumień wartości [2] należy rozumieć wszystkie czynności dodające i niedodające wartości niezbędne do realizacji określonej grupy potrzeb zgłoszonych przez klientów. W rozważanym przypadku na ostateczny produkt, jakim jest metr bieżący chodnika (liczony jako jednostka rozliczeniowa – j.r.p.), składają się: drążenie, wykonanie obudowy oraz wyposażenie chodnika zgodnie z umową. Zastosowanie strumienia wartości polega na wyznaczeniu wskaźników charakteryzujących produkt pod względem: dostępności, wydajności i jakości oraz globalne.

3. Roboty do wykonania i ciąg technologiczny

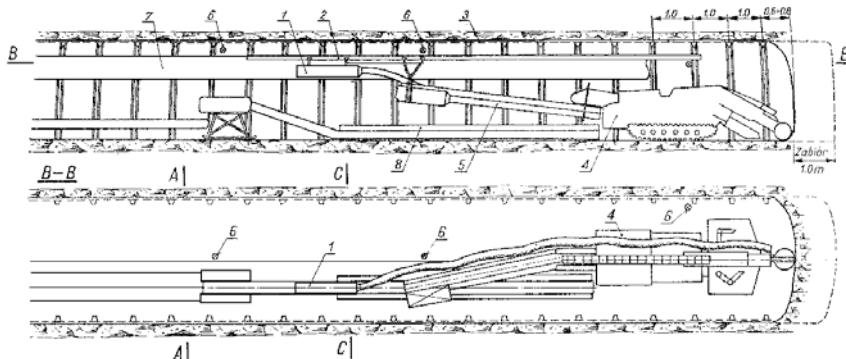
Proces okresowy (metoda tradycyjna) w realizacji danych robót obejmuje niżej wymienione czynności technologiczne (tabela 2.). Czynności te i jakość ich wykonania są podstawą do późniejszej analizy wykonywanych prac.

Tab. 2. Planowane roboty do wykonania

Maszyna	Rodzaj wykonywanej pracy
Roboty związane z uruchomieniem drążenia chodnika (rys. 5 i 6)	
	R1
Transport kombajnu chodnikowego KTW 200	Możliwość drążenia wyrobiska kombajnem AM-50zw
Transport przenośników	Umożliwienie zabudowy odstawy urobku
Budowa układu transportu kołowego po torach	Umożliwienie transportu materiałów po torach
Budowa odstawy urobku i wentylacji	Umożliwienie odstawy urobku oraz budowy niezbędnej wentylacji odrębnej (lutniociąg)
Wykonanie skrzyżowań	Połączenie pochylni z chodnikiem oraz chodnika z przekopem
Drążenie chodnika z wnąką i budową komory maszynowej	
	R2
Budowa, obsługa i konserwacja tras przenośników	Utrzymanie odpowiedniej przydatności tras przenośników umożliwiających transport

	urobku	
Transport materiałów i urządzeń od punktu zdawczo-odbiorczego do przodka	Transport niezbędnych materiałów do drążenia wyrobiska	
Budowa lutniociągu	Dostarczenie świeżego powietrza w rejon robót	
Budowa rurociągów p.poz. i odwodnienia	Zabezpieczenie chodników na wypadek pożarów egzogenicznych oraz zagrożeń wodnych	
Budowa układu transportu kołowego po torach	Możliwość transportu materiałów do oraz z przodka	
Drążenie pochylni kamiennej wraz z poszerzeniami technologicznymi		R3
Budowa, obsługa i konserwacja tras przenośników	Utrzymanie odpowiedniej przydatności tras przenośników umożliwiających transport urobku	
Transport materiałów i urządzeń od punktu zdawczo-odbiorczego do przodka	Transport niezbędnych materiałów do drążenia wyrobiska	
Budowa lutniociągu	Dostarczenie świeżego powietrza w rejon robót	
Budowa rurociągów p. poz. i odwodnienia	Zabezpieczenie chodników na wypadek pożarów egzogenicznych oraz zagrożeń wodnych	
Budowa układu transportu kołowego po torach	Możliwość transportu materiałów do oraz z przodka	
Wykonanie skrzyżowań na wlocie chodników wraz z wnękami z pochylnią	Połączenie pochylni z chodnikiem z wnękami	
Zakończenie robót		R4
Przefrontowanie kombajnu na skrzyżowanie	Przetransportowanie kombajnu z przodka w rejon skrzyżowania	
Wyczyszczenie tras przenośników	Wyczyszczenie tras przenośników z większych kawałków urobku w celu uzyskania odpowiedniej prędkości transportu	
Demontaż i wytransportowanie urządzeń	Możliwość wytransportowania urządzeń na powierzchnie	
Wzmocnienie chodnika za pomocą kotwienia	Wzmocnienie chodnika w celu wydłużenia jego przydatności	

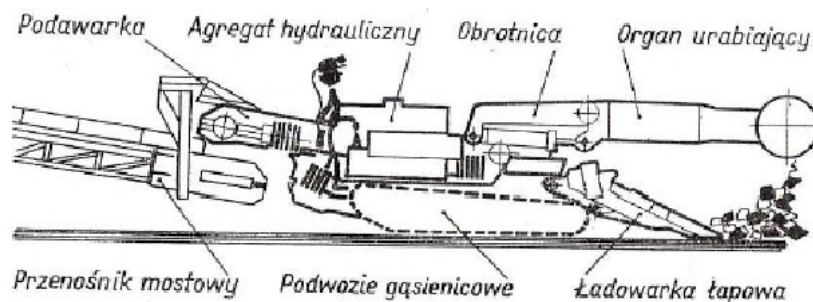
Na rysunku 3, przedstawiono schemat technologiczny drążenia wyrobiska korytarzowego wraz z wyposażeniem technicznym, a na rysunku 4 schemat budowy kombajnu AM-50 przeznaczonego do drążenia chodników w węglach i skałach.



Rys. 3 Przekrój drążonego wyrobiska [2]

Oznaczenia:

1- wentylator z sekcją zraszającą, 2- trasa jezdna podajnika i wentylatora, 3- siatka MM lub wykładziny żelbetowe, 4- kombajn AM-50, 5- krótki podajnik zgrzeblowy typu Skat, 6- punkty świetlne, 7-lutnociąg, 8- przenośnik zgrzeblowy.



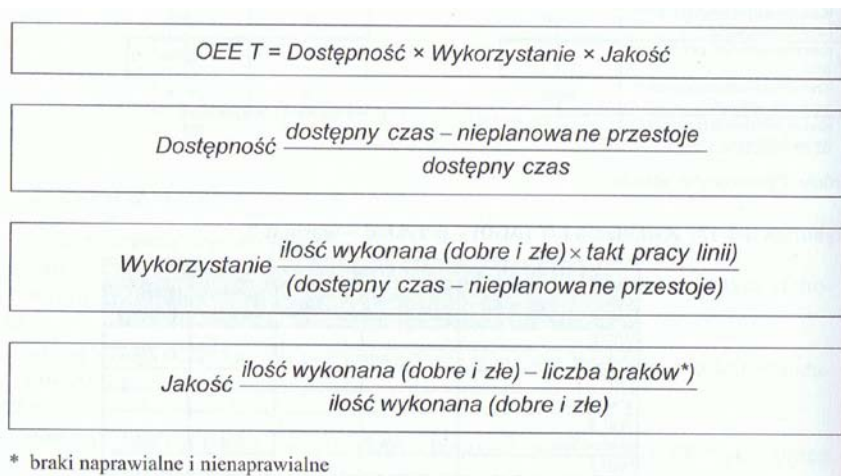
Rys. 4. Kombajn AM-50

4. Wyznaczenie kalkulacji OEE

Analizy efektywności wykorzystania stanowisk można dokonać przy użyciu wskaźnika OEE (Overall Equipment Efficiency). Pomaga on w identyfikowaniu miejsca powstawania strat na efektywności. Wskaźnik OEE opiera się na trzech grupach strat, dzięki którym, po szczegółowym zmierzeniu ich czasów trwania i częstotliwości występowania można ustalić priorytety dla doskonalenia. Grupy są następujące:

- nieplanowane przestoje – wskaźnik dostępności
- straty na wydajności (przekroczenie normatywne czasów cykli) – wskaźnik ich wykorzystania
- straty na jakości – wskaźnik jakości.

Analiza została przeprowadzona dla wykonanego chodnika o długości 1037 m. Prace trwały 97 dni. System pracuje dwie zmiany na dobę. W trakcie zmiany wykonywano dwa cykle. W czasie jednego cyklu stawiano trzy obudowy w odległości 1,2 m (w założeniach technologicznych podano 1 m jako odległość stawianych obudów). Czas pracy na zmianę wynosi 7 godz. (420 min.).



Rys. 7. Wskaźnik OEE (Overall Equipment Efficiency) i czynniki go kształtujące [1]

Całkowity czas dostępności wyposażenia [A] - całkowity planowany czas wykonywania robót z uwzględnieniem podziału na zmiany robocze z zainstalowanym wyposażeniem technicznym:

$$A = T_p * L_z * L_{dr} = 420 * 2 * 97 = 63360 \text{ [min]} \quad (1)$$

gdzie:

T_p - czas pracy na zmianę [min]

L_z - liczba przewidywanych zmian na dobę [zm/dobę]

L_{dr} - przewidywana liczba dni roboczych do wykonania 1037 m wyrobiska

Planowane przerwy w pracy systemu [B] – przewidywany czas tracony zgodnie z wymaganiami socjalnymi i technologicznymi:

$$B = (t_d + t_s + t_k + t_n) * d = 95 * 97 = 9215 \text{ [min]} \quad (2)$$

gdzie:

t_d - czas dojścia do stanowiska (20 min),

t_s - czas przerw socjalnych (30 min),

t_k - czas kontroli miejsca pracy (20 min),

t_n - czas nastaw i rozruchu maszyn (25 min),

d - ilość dni.

Czas pracy netto [C]: całkowity planowany czas wykonywania robót z uwzględnieniem czasu traconego:

$$C = A - B = 63360 - 9215 = 54145 \text{ [min]} \quad (3)$$

Nieplanowane przerwy [D]: czas opóźnień związanych z wypadkami losowymi, nagłymi awariami czy innymi nieprzewidywanymi zdarzeniami (dane na podstawie obserwacji pracy w kopalni):

$$D=(E+F+G+G1) * d = 75 * 97 = 7275 \text{ [min]} \quad (4)$$

gdzie:

E - awarie - średnio można przyjąć 30 min
F - ustawienia i regulacje 35 min
G - brak obsady
G1 - inne (opóźnienie w dojściu załogi) – 10 min
d - ilość dni

Czas operacyjny [H] - całkowity czas pomniejszony o straty w wyniku niezaplanowanych przerw w pracy:

$$H = C - D = 54145 - 7275 = 46870 \text{ [min]} \quad (5)$$

gdzie:

C – czas pracy netto [min]
D – nieplanowane przerwy [min]

Dostępność [I] - czas operacyjny przez czas pracy netto:

$$I = H/C = 46870/54145 = 0,8856 \rightarrow 88,56\% \quad (6)$$

Ilość wyprodukowanych jednostek (tutaj przewidywana ilość cykli) [J]

$$J = L_{dr} * L_z * L_c = 73 * 2 * 2 = 292 \quad (7)$$

gdzie:

L_{dr} - przewidywana liczba dni roboczych na wykonanie wyrobiska ($1037 / 14,4 = 72,01 \rightarrow 73$)
 L_z – liczba zmian roboczych na dobę
 L_c – średnia liczba wykonywanych cykli na zmianie

Czas cyklu wg technologii [K]:

$$K = C/T = 54145 / 388 = 139,55 \quad (8)$$

gdzie:

T- ilość cykli dla rzeczywistego czasu wykonania chodnika (97 dni)

Osiągnięty średni czas cyklu [L]:

$$L = H/J = 46870/292 = 160,51 \text{ [min]} \quad (9)$$

Wydajność (wykorzystanie) [M]:

$$M = (J * K) / H * 100\% = (292 * 139,55) / 46870 = 0,8694 \rightarrow 86,94\% \quad (10)$$

Ilość braków [N] - założono, że komisja odbierająca stwierdziła usterki w wykonaniu wyrobiska na 100 m. Odpowiada to 13,89 cyklom roboczym.

Jakość uzyskana w czasie realizacji [O]:

$$O = (J-N)/J = (292 - 13,89)/292 = 0,9524 \rightarrow 95,24\% \quad (11)$$

Współczynnik OEE:

$$OEE = \text{dostępność} * \text{wydajność} * \text{jakość} = I * M * O = 0,8856 * 0,8694 * 0,9524 = 0,7163 \rightarrow 71,63\% \quad (12)$$

5. Wnioski końcowe

Na podstawie policzonych wskaźników cząstkowych można zauważyć, że największa strata powstaje na wydajności, a następnie, w kolejności, na dostępności oraz jakości. Wpływ na kształtowanie tych wartości mają: czynnik ludzki, czynnik geologiczny, stosowane maszyny i technologie. W danym momencie jedynym sposobem na poprawienie tych wskaźników jest zwiększenie liczby cykli i czasu operacyjnego. Niesie to za sobą konieczność zmniejszenia czasu poświęconego nie na samo drążenie wyrobiska, a na czynności nie związane z drążeniem bezpośrednio, tam gdzie w grę wchodzi czynnik ludzki.

Wskaźnik OEE, zgodnie z założeniem powyższej analizy, pozwala na stworzenie listy rankingowej firm specjalistycznych, które po wyznaczeniu wartości wskaźników mogą zostać wybrane do wykonania prac przy drążeniu wyrobisk. Im lepszy wskaźnik OEE tym większa pewność, że firma poradziła sobie z poprawieniem jakości pracy.

Literatura

1. Czerska J.: Doskonalenie strumienia wartości. Wydawnictwo Difin, Warszawa, 2009.
2. Bielewicz T., Prus B.: Górnictwo, Wydawnictwo „Śląsk”, 1984.
3. Sęk T.: Metody i narzędzia projektowania systemów zarządzania. WD AGH, Kraków, 2001.
4. Banasiewicz W. M.: Łańcuch logistyczny, dostępne http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8Ymw3cnMc3cJ:www.wszim-sochaczew.edu.pl/www/download%25CLogistyka_WMTHB%255CINNE%255CWB_%C5%81A%C5%83CUCH%2520LOGISTYCZNY.ppt+%C5%82a%C5%84cuch+logistyczny+banasiewicz&cd=2&hl=en&ct=clnk&gl=pl
5. Płaczek G.: Analiza wskaźników techniczno – ekonomicznych związanych z wykonywaniem wyrobisk korytarzowych w warunkach KWK „Zofiówka”. Praca dyplomowa studium podyplomowego WGiG AGH, Kraków, 1998.

Dr hab. inż. Tadeusz SĘK, prof. AGH
Mgr inż. Anna WILKOSZ
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
Akademia Górniczo-Hutnicza
30-045 Kraków, Mickiewicza 30
e-mail: tsek@agh.edu.pl