

Marta Sukiennik¹, Aneta Napieraj²,
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

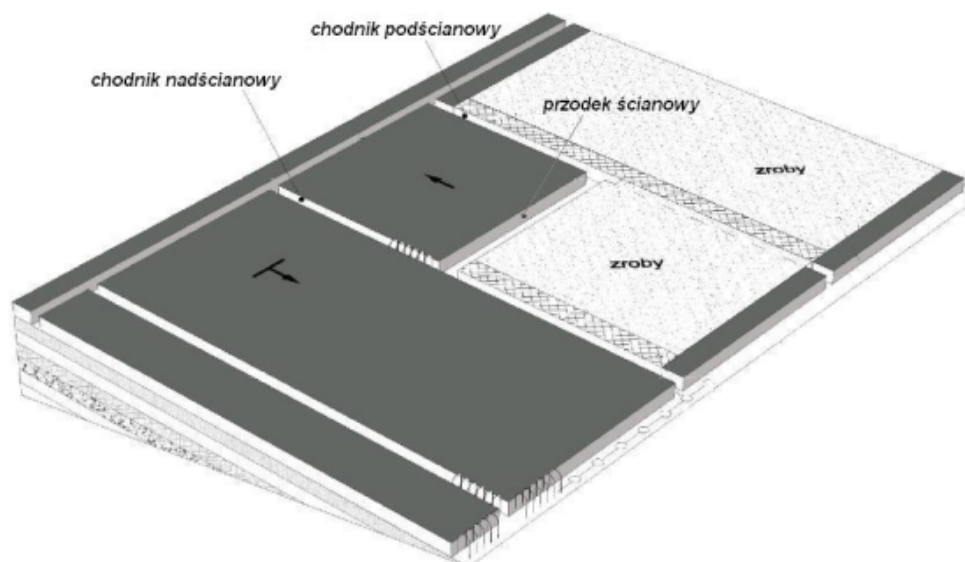
Proces produkcyjny realizowany w przodkach ścianowych kopalń węgla kamiennego w Polsce w ujęciu logistycznym

Wprowadzenie

W niniejszej publikacji przedstawiono podejście logistyczne do procesu produkcyjnego realizowanego w przodkach ścianowych kopalń węgla kamiennego w Polsce. Do przeprowadzenia analizy przyjęto często stosowaną technologię jednokierunkowego urabiania kombajnem. W momencie uzyskania dostępu do ściany oraz jej uruchomienia, można mówić o powstającym strumieniu wartości w rozumieniu logistycznym. W skład czynności prowadzonych w procesie produkcyjnym realizowanym w przodku ścianowym wchodzi następujące czynności: zawrębianie kombajnu, przesuwanie obudowy, przesuwanie napędu, przesuwanie przenośnika, urabianie kombajnem, przesuwanie obudowy, przesuwanie zwrotni, przesuwanie obudowy, przesuwanie przenośnika, czyszczenie kombajnem, przesuwanie przenośnika.

Proces produkcyjny realizowany w przodkach ścianowych kopalń węgla kamiennego

Eksploatowane obecnie w Polsce złoża węgla kamiennego występują w formie pokładów, czyli warstw zalegających na dużej przestrzeni i ograniczonych od dołu i góry dwiema, mniej więcej równoległymi płaszczyznami [6]. Aby złożo węgla wydobyć należy je udostępnić, czyli wykonać wyrobiska udostępniające. Następnie wyznaczone do eksploatacji pole rozcina się chodnikami (nadścianowym i podścianowym), wzdłuż których prowadzona jest eksploatacja (Rys. 1).



Rys. 1. Schemat rozcięcia złoża w systemie ścianowym

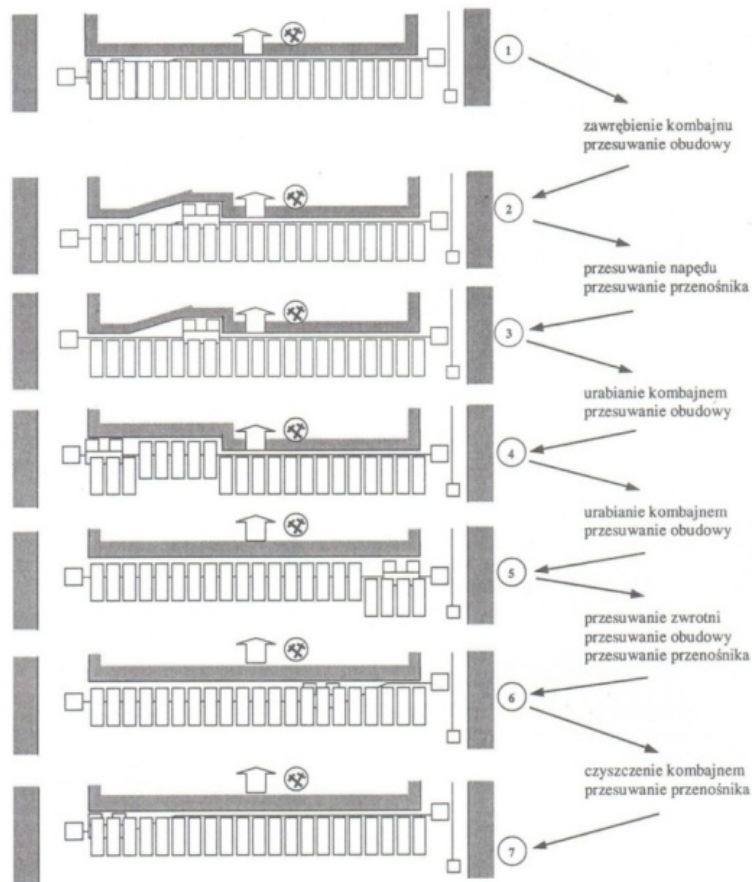
Źródło: [13]

W polskim górnictwie węgla kamiennego zdecydowana większość przodków ścianowych prowadzonych jest z zawalem stropu, w których maszyną urabiającą jest kombajn. Najczęściej stosuje się technologię

¹ Marta, Sukiennik, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii

² Aneta, Napieraj, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii.

jednokierunkowego urabiania. Cykl produkcyjny obejmuje wówczas dwukrotny przejazd kombajnu wzdłuż ściany (jeden przejazd urabiający, a drugi czyszczący ścieżkę kombajnową) i składa się z następujących czynności: zawrębianie kombajnu, przesuwanie obudowy, przesuwanie napędu, przesuwanie przenośnika, urabianie kombajnem, przesuwanie obudowy, przesuwanie zwrotni, przesuwanie obudowy, przesuwanie przenośnika, czyszczenie kombajnem, przesuwanie przenośnika (Rys. 2).



Rys. 2. Przebieg cyklu produkcyjnego realizowanego w przodku ścianowym dla technologii jednokierunkowego urabiania kombajnem.

Źródło: [9]

Eksploatacja węgla jest zadaniem wyjątkowo trudnym z racji dużej nieprzewidywalności warunków jej prowadzenia. Badania geologiczne złoża pozwalają na szacowanie parametrów produkcji, ale przybliżenia te nie zawsze mogą być podstawą do precyzyjnych obliczeń na etapie organizacji produkcji. Występowanie niejednorodności w budowie geologicznej złoża, zagrożenia naturalne czy awaryjność maszyn, to tylko niektóre z czynników mogących powodować stochastyczny charakter procesu produkcyjnego realizowanego w kopalniach [11].

Przebieg procesu produkcyjnego, realizowanego w przodku ścianowym węgla kamiennego zależy od szeregu czynników. Można podzielić je na dwie grupy: warunki geologiczno-górnice oraz warunki techniczno-organizacyjne.

Do warunków geologiczno-górnicych zalicza się:

- rodzaj stropu,
- rodzaj spągu,
- urabialność węgla,
- grubość i nachylenie pokładu,
- zagrożenia naturalne.

Warunki techniczno-organizacyjne, mające istotny wpływ na przebieg procesu produkcyjnego, to między innymi:

- układ mechanizacyjny,
- parametry techniczne maszyn,
- awaryjność urządzeń,
- organizacja cyklu produkcyjnego, na którą składają się forma organizacji robót, forma organizacji pracy oraz system pracy wyszkolenie i doświadczenie pracowników.

Występowanie tych czynników powoduje, że cykl produkcyjny realizowany w przodku ścianowym może być destabilizowany [5, 12].

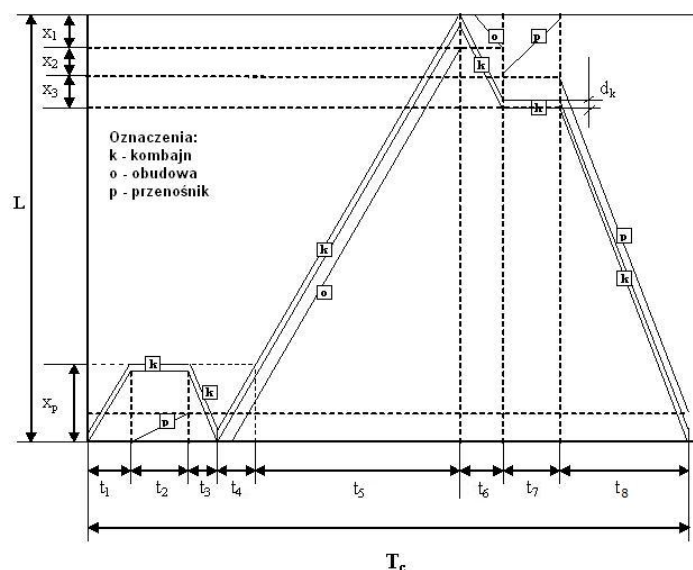
Układ technologiczny w przodku ścianowym

Zmechanizowany kompleks ścianowy składa się z kombajnu, pełniącego funkcję urabiania i ładowania urobku, przenośników zgrzeblowych: podścianowego i ścianowego, odstawiających urobek z wyrobiska do dalszych systemów odstawy (najczęściej szeregu przenośników taśmowych), zestawu sekcji obudowy zmechanizowanej oraz szeregu urządzeń pomocniczych. Elementami bezpośrednio odpowiedzialnymi za prawidłową pracę kompleksu są sekcje obudowy zmechanizowanej, kombajn oraz ścianowy przenośnik zgrzeblowy.

Jak wspomniano wcześniej, realizacja cyklu produkcyjnego obejmuje wykonanie szeregu czynności związanych z urabianiem kombajnem, zabudową stropu, utrzymaniem skrzyżowań przy ścianie itp. Generalną zasadą, która jest stosowana w przodkach wyposażonych w kombajn, jest zasada niewstrzymywania pracy kombajnu. Zasadę tę należy rozumieć w taki sposób, że: jeśli kombajn porusza się wzdłuż ściany urabiając caliznę, to jego ruch nie powinien być wstrzymywany przez np. nie dość szybko przesuwaną obudowę, jak również inne prace, które powinny być wykonywane równoległe czy też braki materiałowe wynikające z błędów logistycznych.

W nowoczesnej organizacji pracy w przodku ścianowym, to kombajn wyznacza tempo prac. On jest źródłem urobku i każde wstrzymanie jego posuwu jest niekorzystne, gdyż obniża efektywność procesu produkcyjnego. Tylko uzasadnione wymogami technologii wstrzymanie ruchu kombajnu, jest dopuszczalne. Taka sytuacja ma miejsce np. w momencie przesuwania napędu lub zwrotni, gdy kombajn oczekuje na wykonanie tych czynności.

Na rysunku 3 przedstawiono cykl produkcyjny dla technologii jednokierunkowego urabiania, który obejmuje wszystkie czynności i operacje, składające się na urobienie węgla na długości całej ściany na głębokość jednego zabioru.



Rys. 3 Schemat cyklu produkcyjnego dla technologii jednokierunkowego urabiania kombajnem
 Źródło: [9]

Na rysunku zastosowano następujące oznaczenia :

L - długość ściany [m],

T_c - czas trwania cyklu produkcyjnego [min],

t_1, t_2, \dots, t_8 - czasy wykonywania poszczególnych fragmentów cyklu produkcyjnego [min],

d_k - długość kombajnu [m],

x_1, x_2, x_3 - wzajemne odległości wykonywanych czynności i operacji w ramach układu kombajn - obudowa - przenośnik [m],

x_p - odległość miejsca postoju kombajnu od skrzyżowania ściany z chodnikiem [m].

Czas trwania cyklu produkcyjnego jest sumą czasów realizacji poszczególnych jego fragmentów, czyli

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 \quad (1)$$

W czasie oznaczonym na rysunku 3 jako t_1 , kombajn porusza się w kierunku środka ściany zawrębiając się w calizną węglową. Czas t_2 (podobnie jak t_7) jest czasem przesunięcia napędu (zwrotni) począwszy od momentu opuszczenia stojaków, do momentu ich rozparcia, po przesunięciu o pełny zbiór. Wszelkie prace związane z przebudową skrzyżowania są wykonywane poza momentem czasowym $t_2(t_7)$. Czas t_3 jest czasem, w którym zawrębiony kombajn urabia calizną węglową, poruszając się po dosuniętym do czoła ściany przenośniku w kierunku skrzyżowania z chodnikiem. W czasie t_4 kombajn czyści ścieżkę kombajnową na odcinku $(x_p - d_k)$, natomiast w czasie t_5 kombajn urabia calizną węglową poruszając się w kierunku przeciwnego skrzyżowania z chodnikiem. Po urobieniu calizny następuje tzw. zjazd kombajnu (czyszczenie ścieżki kombajnowej przez kombajn) w czasie t_6 . Po wykonaniu przesunięcia napędu (zwrotni) w czasie t_7 , kombajn rusza w kierunku końca ściany czyszcząc ścieżkę kombajnową w czasie t_8 .

Wzór na czas trwania cyklu produkcyjnego dla technologii jednokierunkowego urabiania kombajnem zgodnie z [10] przyjmuje postać:

$$T_c = \left(\frac{1}{V_z} + \frac{1}{V_r} + \frac{1}{V_{cz}} \right) (x_p - d_k) + \frac{1}{V_r} (L - x_p - d_k) + \frac{1}{V_{cz}} (L - d_k) + t_2 + t_7 \quad (2)$$

gdzie

V_z -prędkość posuwu zawrębiającego się kombajnu [m/min],

V_r -prędkość posuwu roboczego kombajnu [m/min],

V_{cz} -prędkość posuwu manewrowego kombajnu (prędkość posuwu kombajnu w trakcie czyszczenia ścieżki kombajnowej) [m/min],

pozostałe oznaczenia – j.w.

Pod względem automatyzacji kompleksu kombajnowego ścianowy przenośnik zgrzeblowy nie dostarcza zbyt wielu problemów, należy jednak uwzględnić specyfikę jego pracy w momencie uruchamiania i awaryjnego zatrzymywania kompleksu. Większość problemów eksploatacyjnych związanych z pracą przenośnika zgrzeblowego związanych jest z jego rozruchem, szczególnie w przypadku znacznego zasypania urobkiem węglowym oraz sytuacji nagłego wzrostu obciążeń spowodowanych klinowaniem urobku. W większości przypadków praca przenośnika z ustaloną prędkością ruchu zgrzebeł, mimo iż nieoptymalna pod względem energetycznym i eksploatacyjnym, pozwala na spełnienie wszystkich stawianych przed przenośnikiem wymagań.

Kolejnym elementem w zmechanizowanym kompleksie ścianowym jest zespół sekcji obudowy zmechanizowanej. Głównym elementem sekcji obudowy ścianowej są stojaki (podpory) hydrauliczne, bezpośrednio wpływające na zapewnienie wymaganego zabezpieczenia wyrobiska. Bardzo ważne funkcje pełnią też inne siłowniki hydrauliczne wchodzące w skład obudowy, takie jak przesuwnik przenośnika czy korektor stropnicy. Nie mniej ważną funkcją realizowaną dzięki sekcjom obudowy zmechanizowanej jest kierowanie profilem drążonego wyrobiska, poprzez odpowiednią współpracę sekcji obudowy zmechanizowanej z przenośnikiem zgrzeblowym.

Trzecim elementem, stanowiącym integralną część zautomatyzowanego kompleksu wydobywczego, jest kombajn ścianowy. Podstawowym zadaniem urządzenia wydobywczego jest urabianie węgla z maksymalną możliwą wydajnością, ograniczoną możliwościami technicznymi urządzenia, możliwą do uzyskania

intensywnością urabiania i maksymalną wydajnością ładowania (szczególnie w przypadku pokładów niskich). Funkcjonalnie procesy podlegające sterowaniu w przypadku pracy kombajnu ścianowego obejmują prędkość przemieszczania kombajnu i pracę organów urabiających. Z uwagi na złożoność procesu sterowania kombajnem, automatyzacja jego pracy w praktyce nie występuje – działaniem kombajnu kieruje wyspecjalizowany kombajnista. Wyjątkiem mogą być konstrukcje nietypowe, jak np. kombajn „Mikrus” produkcji grupy Kopex [4].

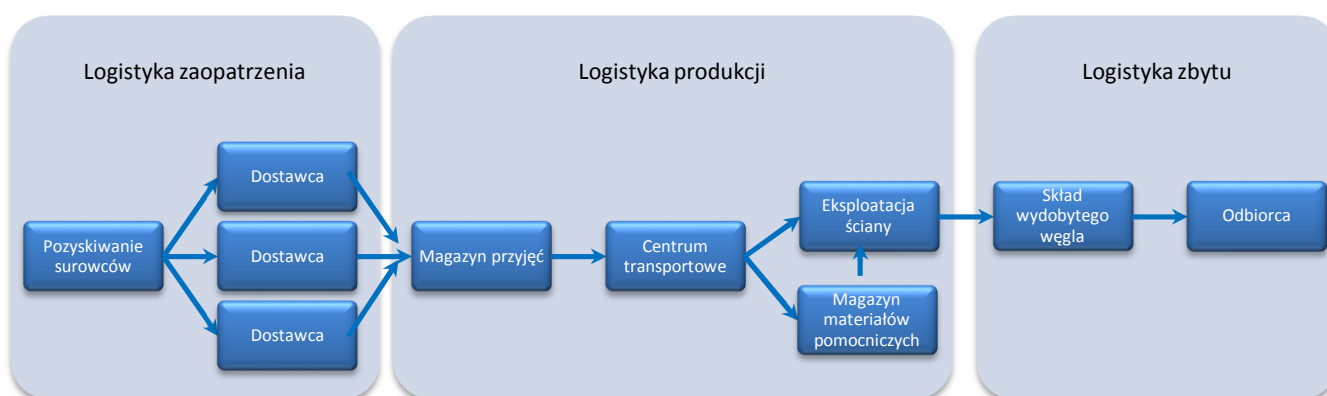
Ujęcie logistyczne procesu produkcyjnego w kopalniach węgla kamiennego

Logistyka jest terminem opisującym proces planowania, realizowania i kontrolowania sprawnego i efektywnego ekonomicznie przepływu surowców, materiałów do produkcji, wyrobów gotowych oraz odpowiedniej informacji z punktu pochodzenia do punktu konsumpcji w celu zaspokojenia wymagań klienta [1]. Podejście logistyczne do produkcji polega na takim przygotowaniu materiałowym i transportowym, aby zrealizować następujące cele logistyki:

- 1 – utrzymanie ciągłego, równomiernego przebiegu operacji produkcyjnych od momentu przyjęcia dostawy materiałów do dostarczenia gotowego wyrobu do klienta,
- 2 – eliminacja tworzenia zapasów,
- 3 – eliminacja braków i zniszczenia materiałów [2].

W rozważanym przykładzie procesu produkcyjnego realizowanego w przodku ścianowym w technologii jednokierunkowego urabiania, przez dostawy rozumie się wszystkie elementy niezbędne do realizacji procesu. Są to przede wszystkim elementy zmechanizowanego kompleksu ścianowego, czyli kombajnu, przenośnika i obudowy (k-p-o). Do tych elementów należy dołączyć również materiały pomocnicze, które są niezbędne do realizacji cyklu technologicznego (dotyczące działania ściany, ale nie związane z kompleksem k-p-o). Do tych czynności zaliczamy wypinanie siatek, przesuwanie podciągów, skracanie taśmy, przesuwanie przenośnika zgrzeblowego, przemieszczanie kruszarki i spągowanie. Niezbędne jest zatem zapewnienie dostępności wszystkich materiałów, jakie są wykorzystywane do realizacji tych czynności.

Na rys. 4 przedstawiono schemat systemów logistycznych, na którym pokazano powiązania pomiędzy materiałami a pracami, do których są one wykorzystywane. Rysunek ten pokazuje także przepływ produktu finalnego czyli węgla.



Rys. 4 Schemat powiązań pomiędzy wykonywanymi pracami

Źródło: opracowanie własne na podstawie [8]

Dobre zaopatrzenie w materiały i surowce w przedsiębiorstwach produkcyjnych uzależnione jest przede wszystkim od systemu planowania działalności, z którego wynikać musi planowanie potrzeb materiałowych. Logistyka w spółkach węglowych zazwyczaj realizowana jest centralnie. Na przykład w Kompanii Węglowej SA, jednostki organizacyjne zobowiązane są do sporządzenia najdalej do 30 czerwca danego roku planów wszystkich zamówień dotyczących dostaw, realizowanych w następnym roku oraz przesłania ich do Biura Logistyki i Gospodarki Materiałowej. Plany zamówień przekazywane są do Biura Controlingu celem zaopiniowania, a następnie do akceptacji Zarządowi KW SA w formie projektu uchwały. Zaakceptowane plany jednostek organizacyjnych stanowią podstawę do sporządzenia przez Dział Umów i Przetargów zbiorczego zestawienia zamówień dostaw zsumowanych w ramach danej grupy. Powyższe

zbiorcze zestawienia stanowią podstawę do dokonania klasyfikacji zamówień pod względem obowiązku stosowania Ustawy Prawo Zamówień Publicznych [7].

Zapotrzebowanie materiałowe, niezbędne w realizowanych procesach produkcyjnych dla grupy kopalń musi być zintegrowane z harmonogramem wykonywanych robót. Przykładowy harmonogram przedstawiono na rysunku 5. Analizowany proces dotyczy eksploatacji zaznaczonej na rysunku kolorem czerwonym. Ujęcie logistyczne tego procesu wymusza uwzględnienie aktualnie prowadzonych ścian. W horyzoncie czasowym obejmującym okres od 31 grudnia 2015 roku do 15 grudnia 2018 roku, należy uwzględnić eksploatację kolejno w ścianach 320, 504, 301, 401, 430, 414 następnie 432, 302, 415, 402, 440 i 303, 510 i 403, 433, 431, 441 oraz 505, a co się z tym wiąże, zaplanować odpowiednie działania logistyczne.



Rys. 5 Przykładowy harmonogram robót w wybranej spółce węglowej. Źródło: opracowanie własne

Możliwość prawidłowego formułowania potrzeb determinuje Plan Ruchu Zakładu Górniczego, w którym określony jest zakres poszczególnych robót górniczych. Dla przewidywanej liczby i długości uruchamianych ścian eksploatacyjnych pozwala na określenie wraz z Działem Przygotowania Produkcji potrzeb w zakresie wyposażenia ścian. Pod uwagę należy wziąć: możliwości odzysku z likwidowanych wyrobisk ścianowych, charakterystyczne cechy pokładów, w których planowane są prace eksploatacyjne, spodziewane zagrożenia geologiczno-górnice, niezbędny do utrzymania zapas materiałów oraz obecny stan magazynu.

Podsumowanie

Logistyka, zgodnie z literaturą przedmiotu, powinna obejmować proces planowania, realizowania i kontrolowania sprawnego i efektywnego ekonomicznie przepływu surowców, materiałów do produkcji, wyrobów gotowych. W przypadku kopalń węgla kamiennego, proces ten w związku ze specyfiką prowadzenia działalności jest szczególnie istotny[3]. Długi cykl produkcyjny, nieprzewidywalne warunki geologiczno-górnice oraz skomplikowany proces technologiczny powodują, że sprawna i efektywna realizacja celów logistycznych jest utrudniona. Problem ten dotyczy nie tylko zaprezentowanej w niniejszym artykule technologii jednokierunkowego urabiania, ale także wszystkich sposobów eksploatacji w kopalniach węgla kamiennego.

Streszczenie

W niniejszej publikacji przedstawiono podejście logistyczne do procesu produkcyjnego realizowanego w przodkach ścianowych kopalń węgla kamiennego w Polsce. W momencie uzyskania dostępu do ściany oraz jej uruchomienia, można mówić o powstającym strumieniu wartości w rozumieniu logistycznym. Do przeprowadzenia analizy przyjęto często stosowaną technologię jednokierunkowego urabiania kombajnem. Zaprezentowano ujęcie logistyczne procesu produkcyjnego ze wskazaniem na elementy logistyki zaopatrzenia, produkcji i zbytu. Zwrócono także uwagę na konieczność uwzględnienia harmonogramów eksploatacyjnych przy planowaniu działań logistycznych.

Słowa kluczowe: Proces produkcyjny, technologia jednokierunkowego urabiania, harmonogram robót, logistyka procesu

THE PRODUCTION PROCESS IN HARD COAL LONGWALL FACES ACCORDING TO LOGISTIC ASPECT

Abstract

This paper presents the logistical approach to the production process realized within hard coal mine longwall faces in Poland. At the moment of access to the longwall face and its start-up, the value stream within the meaning of logistics emerges. The technology of shearer-based unidirectional mining was used to make an analysis of the production cycle. The article also presents the logistical approach to the production cycle with indicating the elements of procurement logistics, production and sales. The need to accept the operational schedules necessary for planning logistics operations was shown in the present article.

Keywords: production process, technology of shearer-based unidirectional mining, work schedule, logistics process

Literatura

- [1] Beier F. J., Rutkowski K.: *Logistyka*, wydanie X, SGH w Warszawie – Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2004
- [2] Czerna J.: *Doskonalenie strumienia wartości*, Difin Warszawa 2009
- [3] Fuksa D., Wilkosz A.: Istota i sposoby modyfikacji transportu kopalnianego, *Logistyka* Nr 4 dod.: CD nr 6 *Logistyka* 2014
- [4] Gospodarczyk P. i in.: *Możliwości automatyzacji kompleksu ścianowego przy wykorzystaniu systemu sterowania obudową DOH-matic*, *Napędy i sterowanie* 2014, Nr 7/8
- [5] Napieraj A.: *Metoda probabilistycznego modelowania czasu trwania czynności cyklu produkcyjnego realizowanego w przodkach ścianowych kopalń węgla kamiennego*, Wydawnictwa AGH, Kraków 2012
- [6] Piechota S.: *Podstawy górnictwa kopalni stałych*, Wydawnictwa AGH, Kraków 1996
- [7] Podosek A., Czech P.: *Analiza, ocena i propozycje zmian zarządzania logistycznego w kopalni węgla kamiennego – Cz.1*, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, seria: transport z. 78, Gliwice 2013
- [8] Sęk T., Wilkosz A.: *Analiza logistycznego łańcucha wartości w kopalni węgla*, *Przegląd Górniczy* 2011 t. 67 nr 9, s. 132–137.

- [9] Snopkowski R., *Metoda identyfikacji rozkładu prawdopodobieństwa wydobycia uzyskiwanego z przodków ścianowych kopalń węgla kamiennego*, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2000
- [10] Snopkowski R., Napieraj A.: *Method of the production cycle duration time modeling within hard coal longwall faces*, Archives of Mining Sciences 2012, vol. 57 no. 1, s. 121–138.
- [11] Snopkowski R., Sukiennik M.: *Selection of the longwall face crew with respect to stochastic character of the production process. Pt. 1, Procedural description*, Archives of Mining Sciences 2012, vol. 57 no. 4, s. 1071–1088.
- [12] Sukiennik M.: *Metoda wyznaczania obsady w przodkach ścianowych kopalń węgla kamiennego z uwzględnieniem stochastycznego charakteru procesu produkcyjnego*, AGH University of Science and Technology Press, Krakow 2012.
- [13] <http://home.agh.edu.pl/~herezy>, data dostępu: 10.06.2015