

**MONITORING PROCESU EKSPLOATACJI POKŁADÓW, JAKO SKUTECZNE  
NARZĘDZIE POPRAWY WYNIKÓW PRODUKCYJNYCH KOPALNI**

*Witold BIAŁY*  
*Politechnika Śląska*

**Streszczenie:** Podstawowym źródłem informacji niezbędnych do prawidłowego i skutecznego kierowania i zarządzania kopalnią węgla kamiennego, jest ciągle monitorowanie procesu wydobywczego. Wzrost liczby pracujących w kopalni maszyn i urządzeń spowodował potrzebę ciągłego, bieżącego śledzenia pracy oddziałów wydobywczych. Monitoring procesu eksploatacji złoża węgla kamiennego, ma kluczowe znaczenie dla zarządzania tym procesem, gdyż od niego zależy właściwa realizacja procesu wydobywczego. Stąd monitorowanie można uznać za najważniejszy element procesu kontrolowania, szczególnie w obszarze zarządzania procesem wydobywczym w kopalni. Skuteczny monitoring i właściwe, szybkie reagowanie na występujące w tym procesie nieprawidłowości ma istotny wpływ na wyniki produkcyjne kopalni.

**Słowa kluczowe:** kopalnia, proces wydobywczy, monitoring, zarządzanie

**WPROWADZENIE [7]**

Głównym źródłem obiektywnych informacji niezbędnych do prawidłowego i skutecznego kierowania i zarządzania kopalnią węgla kamiennego, jest ciągle monitorowanie przebiegu procesów technologicznych. Monitorowanie w dzisiejszym znaczeniu pojawiło się w połowie lat 50-tych ubiegłego wieku. Stało się to na skutek rosnącego zapotrzebowania na węgiel kamienny, co spowodowało rozwój mechanizacji prac górniczych. Mechanizacja, która w początkowym okresie dotyczyła prostych czynności nieskomplikowanych operacji, z biegiem lat objęła całe procesy technologiczne. Wzrost liczby pracujących w kopalni maszyn i urządzeń spowodował potrzebę bieżącego, ciągłego śledzenia pracy oddziałów produkcyjnych. W tym celu zaczęto tworzyć w kopalniach dyspozytornie, których podstawowym wyposażeniem były urządzenia zapewniające łączność z pracującymi pod ziemią i na powierzchni pracownikami oraz monitorowanie procesów technologicznych i stanu bezpieczeństwa.

Pierwsze urządzenia dyspozytorskie zostały zbudowane na kopalni „Wujek” w latach 1955-1956. Następnymi urządzeniami były importowane z ówczesnej Czechosłowacji urządzenia typu DKZ-60 (inne źródła podają DZ-56). Ponadto zaczęto stosować krajowe urządzenia PUD/G-59, WSP-63, CDK-66 oraz własne rozwiązania kopalń. Rozpoczął się okres stosowania klasycznych (niekomputerowych) urządzeń dyspozytorskich wyposażonych w statyczne tablice synoptyczne służące do informowania o przebiegu produkcji i stanie bezpieczeństwa kopalni.

Rozwój mechanicznego urabiania pokładów węglowych, doprowadził do kompleksowej mechanizacji całego procesu wydobywczego, zapewniając ciągłą i równomierną pracę wszystkich maszyn i urządzeń sterowanych przez człowieka. Podejmowano próby zautomatyzowania poszczególnych procesów technologicznych, czego wynikiem była (na przełomie lat 60 i 70 ubiegłego wieku), próba kompleksowej automatyzacji całej kopalni

(kopalnia doświadczalna „Jan”). Wynikiem tego było zwiększenie ilości parametrów które wymagały ciągłej kontroli. Dotychczas stosowane metody i urządzenia do monitoringu okazały się niewystarczające – dyspozytor nie był w stanie efektywnie analizować tak dużej ilości napływających informacji. Stąd, jako uzupełnienie do statycznych tablic synoptycznych zastosowano system komputerowego wspomaganie dyspozytora. Zadaniem systemu była selekcja informacji docierających do dyspozytorni, poprzez przedstawianie tylko informacji o istotnych zmianach stanu kopalni, które wymagają interwencji. Taką próbą było wdrożenie w kopalni „Jan” w końcu 1970 roku systemów „CES” oraz „S”. Te wdrożenia zapoczątkowały zastosowanie systemów komputerowego wspomaganie pracy dyspozytora, uzupełniając statyczne tablice synoptyczne.

W latach 1978-1980 zakończono prace nad systemem Modułowym Systemem Dyspozytorskim (MSD-80), który stał się standardowym wyposażeniem dyspozytorni na kopalniach. System ten wspomagał również prace działu tapani oraz służb wentylacyjnych.

Intensywny rozwój wydobywania węgla w Polsce wiązał się z koniecznością schodzenia na coraz większe głębokości, eksploatację pokładów zagrożonych tapaniami czy wpływem metanu. Spowodowało to, rozbudowę sieci czujników i zwiększanie ilości różnych informacji które musiały docierać do dyspozytora kopalni. Komunikaty tekstowe zostały zastąpione barwnymi planszami technologicznymi, którą stanowiły monitory. Zestaw monitorów służących do prezentacji usprawnił przepływ informacji i został nazwany dynamiczną tablicą synoptyczną. Pierwsze wdrożenie takiej tablicy nastąpiło w roku 1988 na kopalni „Moszczenica”. Procesowi wprowadzania do dyspozytorni kopalnianych dynamicznych tablic synoptycznych towarzyszył proces modernizowania dotychczasowego systemu MSD-80, prowadząc w konsekwencji do powstania systemu MSD-90.

Występujące w kopalniach trudne, złożone warunki środowiskowe, rozbudowana struktura przestrzenne kopalni, powoduje często konieczność monitorowania przebiegu procesów technologicznych oraz stanu bezpieczeństwa w warunkach niepełnej informacji. We wszystkich okresach rozwoju systemów monitorowania, powyższy problem rozwiązywano poprzez zatrudnianie dyspozytorów z wysokokwalifikowanej kadry z dużą praktyką zawodową. Dyspozytor stosując holistyczną technikę przetwarzania napływających informacji (często posługując się intuicją), podejmował często zaskakujące, ale najczęściej trafne decyzje (bez rozumowej analizy sytuacji).



Rys. 1. Współczesna dyspozytorna kopalniana [9]

Zastosowanie tablic dynamicznych nie wyeliminowało całkowicie tablic synoptycznych, jak początkowo sądzono – stały się one uzupełnieniem dla całego systemu monitorowania procesu wydobywczego kopalni (rys. 1).

Możliwość wyeliminowania statycznych tablic synoptycznych powstała wtedy, gdy rozwinęła się technika wielkich obrazów, która umożliwiła połączenie w jednym urządzeniu zalet i wyeliminowaniu wad tablic statycznych i dynamicznych.

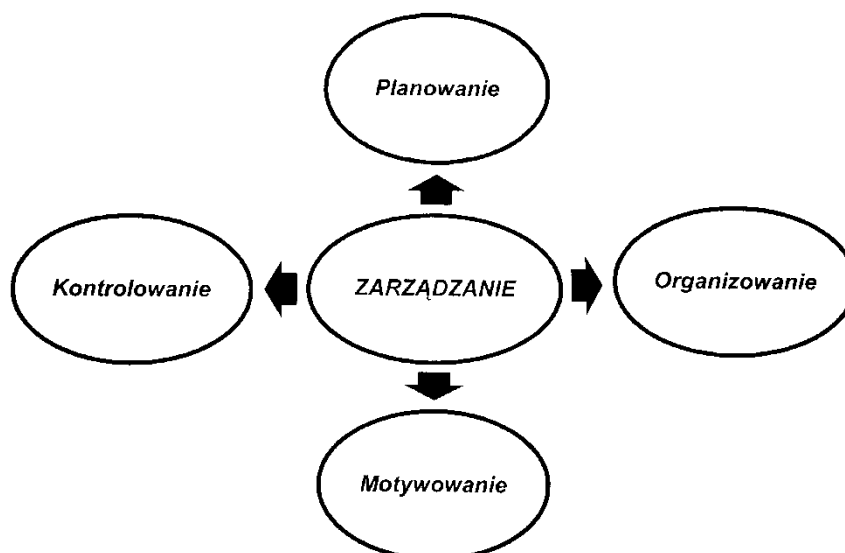
### ZARZĄDZANIE PROCESEM WYDOBYWCZYM (PRODUKCYJNYM)

W procesie zarządzania górniczym przedsiębiorstwem produkcyjnym (kopalnią), podstawowym obszarem zarządzania jest zarządzanie procesem wydobywczym. Proces ten można opisać klasycznym kołem Deminga [2]: Zaplanuj – Wykonaj – Sprawdź – Popraw (określany też jako cykl PDCA, z ang. Plan-Do-Check-Act) (rys. 2).



Rys. 2. Koło Deminga

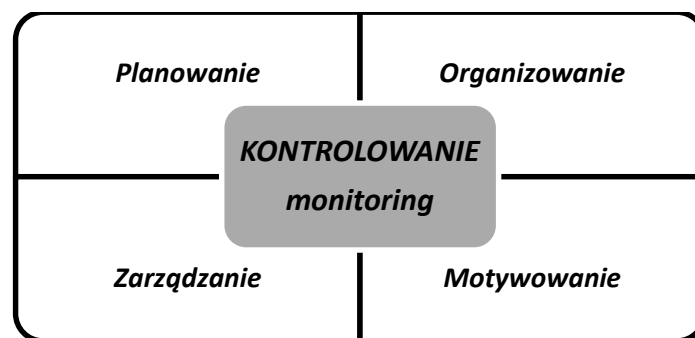
Zarządzanie produkcją definiowane jest również następująco: jest to zestaw czynności, które tworzą wartość w formie produktów lub usług przez transformację nakładów w wyniki. Wzajemne powiązanie pomiędzy poszczególnymi funkcjami procesu zarządzania przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Proces zarządzania

Kolejność wymienionych elementów zarządzania nie jest przypadkowa (planowanie, organizowanie, motywowanie, kontrola), gdyż osoby zarządzające (kierujące), wykorzystują te funkcje w takiej kolejności w jakiej zostały wymienione. Ponieważ proces zarządzania jest

procesem ciągłym, odbywającym się w każdym momencie funkcjonowania zakładu produkcyjnego (w naszym przypadku kopalni), dlatego tworzą one pewien cykl, powtarzający się wielokrotnie na różnych szczeblach zarządzania i w odniesieniu do różnych rozwiązań organizacyjnych. Oczywiście jest, że czas trwania cyklu może (i jest różny) w zależności decyzji jakich dotyczy. Kolejne, szeregowe realizowanie kolejnych funkcji klasycznego procesu zarządzania produkcją, nie zawsze ma miejsce w rzeczywistości gospodarczej, co szczególnie dotyczy zarządzania procesem wydobywczym w kopalni. Dlatego też funkcja „Kontrolowanie”, w tym, monitorowanie procesu wydobywczego powinna być ściśle powiązana z wszystkimi pozostałymi funkcjami procesu podejmowania decyzji, gdyż sama czynność obserwowania odchyleń podstawowych parametrów od wielkości przyjętych na etapie planowania nie daje możliwości poprawy sytuacji aby osiągnąć założone cele (np. parametry węgla) (rys. 4). Stąd też, niezależnie od występowania poszczególnych funkcji zarządzania w postaci zamkniętego cyklu, powinno istnieć powiązanie zwrotne funkcji kontrolowania z pozostałymi funkcjami procesu zarządzania.



Rys. 4. Powiązanie funkcji kontrolowanie (monitoring) z funkcjami procesu zarządzania

W polskim górnictwie węglowym eksploatacja pokładów węglowych odbywa się systemami ścianowymi za pomocą maszyn urabiających pracujących na zasadzie skrawania. Dlatego też, jednym z istotnych obszarów działalności Kopalń jest eksploatacja maszyn i urządzeń. Działanie to powinno polegać na między innymi na ciągłym monitorowaniu racjonalnego oraz efektywnego użytkowania i obsługiwanie maszyn i urządzeń w procesie wydobywczym.

Systemy techniczne kopalń węgla kamiennego charakteryzują się:

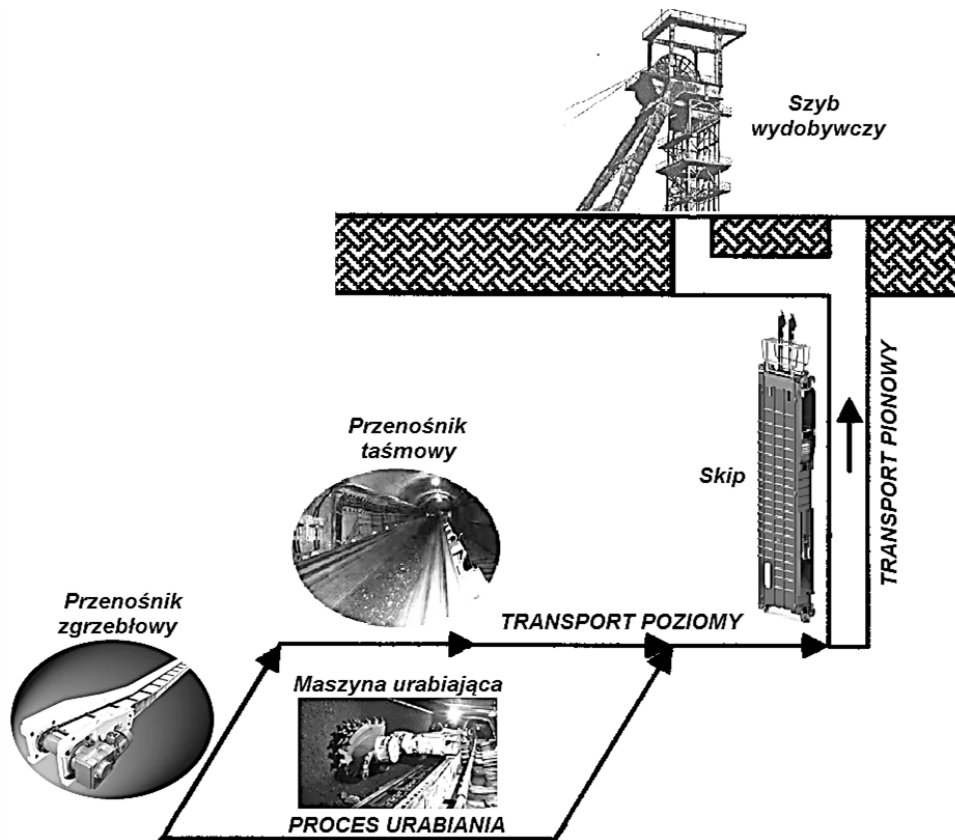
- znacznym rozproszeniem;
- złożonością;
- ograniczeniem obszaru pracy wielkością wyrobisk podziemnych.

Głównym zadaniem służb utrzymania ruchu jest zapewnienie ciągłości pracy eksploatowanych (w danej chwili) maszyn i urządzeń. Konsekwencją tych działań jest ograniczenie kosztów utrzymania ruchu maszyn i urządzeń, a tym samym obniżenie kosztów produkcji, czyli działania zakładu górniczego. W przypadku wystąpienia zakłóceń w tym procesie generowane są ogromne straty [6].

W procesie wydobywczym możemy wyszczególnić następujące etapy [1] (rys. 5):

- proces urabiania,
- transport poziomy,
- transport pionowy.

Śledząc proces wydobywczy możemy stwierdzić, że jest to system szeregowy. Awaria jednego z wymienionych ogniw spowoduje „wyłączenie” pozostałych elementów tego ciągu.



Rys. 5. Proces wydobywczy

Aby móc na bieżąco monitorować oraz optymalizować proces wydobywczy należałoby do tego typu zadań wkomponować zintegrowany system komputerowy. Powyższy system powinien być integralną częścią komputerowego systemu zarządzania kopalnią.

### ROLA MONITORINGU W PROCESIE WYDOBYWCZYM

Monitoring procesu eksploatacji złoża węgla kamiennego, ma kluczowe znaczenie dla zarządzania tym procesem, gdyż od niego zależy właściwa realizacja procesu wydobywczego. Informacje które uzyskujemy w wyniku monitorowania, po ich analizie, umożliwiają podjęcie właściwych decyzji dla przyjętego procesu wydobywczego a także bieżącego wprowadzania niezbędnych korekt. Stąd monitorowanie można uznać za najważniejszy element procesu kontrolowania, szczególnie w obszarze zarządzania procesem wydobywczym w kopalni. Projektując system kontroli i monitoringu przebiegu procesu wydobywczego należy podkreślić znaczenie informacji jako najważniejszego elementu w procesie podejmowania decyzji. Podstawowym warunkiem efektywnego zarządzania procesem wydobywczym jest posiadanie aktualnych i wiarygodnych danych opisujących ten proces, co w warunkach górniczych jest bardzo utrudnione. Stąd ciągle monitorowanie procesu wydobywczego jest istotne i jest jednym z ważniejszych sposobów na uzyskanie wiarygodnych informacji o tym procesie. Informacja musi spełniać trzy podstawowe cechy:

- wiarygodność,

- kompletność,
- dostępność w odpowiednim czasie.

Na dzień dzisiejszy kopalnie dysponują pojedynczymi rozwiązaniami związanymi z realizacją procesu wydobywczego z tym, że głównie dotyczą one otoczenia procesu wydobywczego a nie procesu urabiania (rys. 5) – brak jest jednolitej strategii informatyzacji. Rozwiązania te dotyczą głównie:

- charakterystyk jakościowych złoża,
- systemów komputerowych wizualizacji złoża i tworzenia dokumentacji mapowej wyrobisk górniczych,
- wentylacji wyrobisk,
- monitoringu zagrożeń (np. CH<sub>4</sub>),
- systemów wspomagających pracę służb BHP.

Kopalnie realizują własne strategie, stąd problemy z jakimi się spotyka kadra zarządzająca, a dotyczy głównie małej rentowności kopalń czy też sprawności zarządzania [3].

Firmy specjalistyczne które zajmują się problematyką sterowania i zarządzania procesem produkcyjnym [4], ogromne znaczenie przywiązują do problemu automatyzacji procesu monitorowania tego procesu. Wydzielone zostały cztery warstwy hierarchicznej struktury produkcji, gdzie każda warstwa reprezentuje inny poziom zarządzania przedsiębiorstwem oraz kierowania i nadzorowania procesu produkcyjnego. Podział ten przedstawia się następująco:

- Poziom I – sterowanie procesem Produkcji w czasie rzeczywistym. Poziom ten stanowi pomost pomiędzy człowiekiem a maszynami (urządzeniami) technologicznymi. Na tym etapie gromadzone są dane z urządzeń bezpośrednio realizujących proces produkcyjny, generowane są niezbędne raporty, zestawia się dane przeznaczone do archiwizacji.
- Poziom II – wizualizacja i nadzór nad procesem produkcji. Ten poziom wiąże się ściśle z poziomem I, a ich funkcje często się przeplatają. Na tym poziomie realizowane są funkcje wspomagania technologicznego oraz śledzenia produktu w obrębie danego procesu lub całego ciągu technologicznego.
- Poziom III – zarządzanie produkcją (MES – Manufacturing Execution Systems). Poziom ten jest odpowiedzialny za wymianę danych pomiędzy systemami I i II a ERP (Enterprise Resources Planning) – przejmuje funkcje związane z monitorowaniem i dokumentacją procesu z poziomu I i II. Realizowane są następujące zadania:
  - modelowanie procesu produkcji,
  - monitorowanie przepływu materiałów i środków produkcji w przedsiębiorstwie,
  - wizualizacja i nadzorowanie produkcji oraz relacji człowiek-maszyna,
  - odczyt i archiwizowanie danych dotyczących procesu,
  - zarządzanie jakością,
  - nadzór nad dokumentacją produkcji,
  - dynamiczne kierowanie ruchem zakładu,
  - generowanie raportów,

- wprowadzanie i egzekwowanie właściwych praktyk produkcyjnych.
- Poziom IV – zarządzanie przedsiębiorstwem (ERP) – odpowiada za zarządzanie zasobami całego przedsiębiorstwa, zamówieniami, zakupami, finansami, księgowością, kosztorysowaniem, prognozowaniem, planowaniem. Na tym poziomie możliwe jest przeprowadzenie optymalizacji procesu produkcyjnego pod kątem kosztów lub zapewnienia jakości [5].

Zasadniczym celem tak rozbudowanego systemu, jest monitorowanie przebiegu procesu produkcyjnego (wydobywczego), we wszystkich jego fazach, w celu możliwości zagwarantowania bieżącego oddziaływania odpowiednich służb na jego przebieg tak, aby osiągnąć odpowiednią jakość finalnego produktu. W wyniku tak prowadzonych działań możliwe jest opisanie procesu produkcyjnego (wydobywczego) odpowiednimi wskaźnikami, co pozwoli dokumentować przebieg procesu [8].

W przemyśle wydobywczym (górnictwie węglowym), jest duża rozbieżność czasowa pomiędzy momentem podejmowania decyzji o realizacji procesu wydobywczego, a faktycznym okresem uzyskania efektów, występujących w trakcie eksploatacji złoża węglowego. Niezbędny dla podjęcia właściwej decyzji zakres informacji dotyczy głównie odległego horyzontu czasowego. Konsekwencją tego stanu jest fakt, że decyzje podejmowane dziś, niezależnie na podstawie jakich kryteriów są podejmowane, muszą przewidywać przyszłe stany (głównie natury). Stąd decyzje dotyczące przyszłego procesu wydobywczego podejmowane są w warunkach niepewności, a ryzyko (rozumiane jako skutek niepewności), jest tym większe, im dłuższy jest czas od podjęcia decyzji do uruchomienia procesu wydobywczego. Stąd niepewność w górnictwie traktuje się jako sytuację którą trudno wyrazić w wartościach mierzalnych. Ryzyko występujące w górnictwie wynika z budowy geologicznej złoża, struktury przestrzennej oraz z warunków techniczno-organizacyjnych. Dlatego też, w górnictwie można wyróżnić specyficzne rodzaje ryzyka, które mogą dość istotnie oddziaływać na proces udostępniania, przygotowania i eksploatacji złoża [6] do których zaliczamy:

- ryzyko geologiczne – ilość zasobów, jakość zasobów, dostępność zasobów, skład mineralogiczny,
- ryzyko technologiczne – technologia eksploatacji złoża, techniczne możliwości wydobywcze, przeróbcze, zagrożenia naturalne.

## **UWAGI KOŃCOWE**

Jak wynika z powyższego, zakład górniczy jest złożonym organizmem gospodarczym, stąd powinien przywiązywać szczególną wagę do kontroli i bieżącej regulacji procesów wydobywczych. Dlatego też, tak ważne jest monitorowanie rzeczywistych parametrów procesu wydobywczego takich jak:

- czas trwania poszczególnych operacji,
- kolejność operacji,
- parametry pracy maszyn i urządzeń,
- zagrożeń naturalnych,
- parametrów złoża i skał otaczających złożo.

Powyższe parametry mogą być uzyskiwane bezpośrednio z urządzeń pomiarowych, aparatury kontrolnej, urządzeń sterujących maszyn, bądź też z pomiarów wykonywanych przez wyspecjalizowane służby kopalniane. Informacje pochodzące z monitorowania procesu wydobywczego mogą oddziaływać na ten proces bezpośrednio lub pośrednio po odpowiednim ich przetworzeniu, analizie. Istotne jest, aby były one dostępne na bieżąco, bez zniekształceń dla personelu odpowiedzialnego za przebieg procesu wydobywczego. Powinny stanowić skuteczny instrument kontroli przeznaczony dla odpowiednich służb. Monitorowanie procesu wydobywczego i sporządzane na tej podstawie analizy i raporty mogą dotyczyć różnych przedziałów czasowych i powinny umożliwiać skuteczne oddziaływanie na doskonalenie jego parametrów.

W zarządzaniu procesem produkcyjnym (wydobywczym) wykorzystuje się szereg narzędzi służących do przetwarzania informacji związanych z różnymi aspektami poprawy procesu lub kontroli jakości. Są one wykorzystywane do monitorowania całego cyklu produkcyjnego (wydobywczego).

Duży wpływ ma uzyskiwanie produktu finalnego ma jakość węgla rodzimego, zalegającego w eksploatowanym pokładzie. Na pewne elementy procesu wydobycia m.in. na jakość wychodzącego węgla z dołu kopalni górnicy nie mają wpływu. Głównym problemem jest zawodnienie urobku, czystość wybierania złoża oraz zanieczyszczenia obce. Idealnym rozwiązaniem byłoby gdyby kopalnia mogła w zależności od potrzeb klienta i jakości pokładów „sortować” węgiel na dole kopalni, a później w zależności od potrzeb mieszać odpowiednie gatunki węgla do uzyskania końcowego produktu.

Takie „technologie uzyskania jakości” stosuje się np. w Australii [4]. Z kopalni węgiel transportuje się do portu załadunkowego, gdzie jest sortowany pod względem jakości, następnie w zależności od zamówień klienta do strugi węgla dozowane są węgle o odpowiednich parametrach, do uzyskania zamówionych parametrów zamówionych przez klienta, ale odbywa się to poza kopalnią – kopalnia dostarcza tylko surowiec. Niestety, w polskim górnictwie węglowym tego typu rozwiązań jeszcze długo się nie doczekamy.

*Artykuł jest wynikiem pracy statutowej o symbolu BK-223/ROZ-3/2015  
pt. "Znaczenie inżynierii produkcji w rozwoju innowacyjnych produktów i usług",  
realizowanej w Instytucie Inżynierii Produkcji  
na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.*

## LITERATURA

- [1] Biały W.: Górnictwo węgla kamiennego – wybrane problemy funkcjonowania. Wydawnictwo PKJS Gliwice 2011. ISBN 978-83-62652-15-0. s. 114.
- [2] Hamrol A., Mantura W.: Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004. ISBN 83-01-14236-7. s. 371
- [3] Kicki J., Tadeusiewicz R.: Informatyka w górnictwie i nie tylko – gdzie jesteśmy i dokąd zmierzamy? Gospodarka Surowcami Mineralnymi PAN. Tom 23, Zeszyt specjalny 4, Kraków 2007. ISSN 0860-0953. s. 111-135
- [4] Kutkowski J., Lubryka M., Zaniewski K.: Zarządzanie jakością w kopalni głębinowej – moda czy wymóg? Polityka Energetyczna. Tom 9, Zeszyt specjalny 2006. ISSN 1429-6675. s. 401-409.



- [5] Maruszewska E.W.: Implementation of enterprise resource planning system and change in accountant's role – Polish perspective. *Management Systems in Production Engineering*, 2(6)/2012. ISSN 2299-0461. s. 3-7.
- [6] Midor K., Szczęśniak B., Zasadzień M.: The methods of studying the satisfaction of production department with traffic maintenance department's work-the outline of research method. *Scientific Journals Maritime University of Szczecin*, nr 24(96) 2010. ISSN 1733-8670 s. 48-52.
- [7] Żymełka K.: Monitorowanie procesów technologicznych i stanu bezpieczeństwa w dyspozytorniach polskich kopalń węgla kamiennego. Wydawnictwo Instytutu Systemów Sterowania Chorzów 2000. s. 96.
- [8] [www.hitron.pl](http://www.hitron.pl)
- [9] [www.tranztel.com.pl](http://www.tranztel.com.pl)