

*Witold Biały<sup>1</sup>*

## **INNOWACYJNE ZASTOSOWANIE NARZĘDZI INŻYNIERII JAKOŚCI W PRZEMYSŁE WYDOBYWCZYM**

**Streszczenie:** Górnictwo węgla kamiennego, charakteryzuje się złożonością i specyfiką problemów związanych z użytkowaniem maszyn.

Na efektywność procesu wydobywania węgla kamiennego, istotny wpływ mają niezawodnie działające maszyny górnicze. Aby zapewnić większą efektywność oraz wydajność, należy znaleźć przyczyny najczęściej występujących w tym procesie awarii i skutecznie im przeciwdziałać. Przerwy spowodowane awaryjnością maszyn, przekładają się na efektywność całego procesu wydobywczego. Stąd w przemyśle górniczym poszukuje się nowych metod i narzędzi, które by istotnie wpływały na doskonalenie procesu wydobywczego w kopalniach.

W niniejszym artykule przedstawiono jedno z narzędzi inżynierii jakości stosowane w różnych gałęziach przemysłu – narzędziem tym jest diagram Pareto-Lorenza. Narzędzie to pozwoliło pogrupować przyczyny poszczególnych awarii, wykazać które z nich mają największe znaczenie i które powinny być w pierwszej kolejności usuwane.

**Słowa kluczowe:** awarie, maszyna, kopalnia, diagram Pareto-Lorenza

### **1. Wprowadzenie**

Narzędzia zarządzania jakością służą do zbierania i przetwarzania danych związanych z różnymi aspektami jakości. Najczęściej wykorzystywane są do nadzorowania (monitorowania) całego cyklu produkcyjnego, począwszy od projektowania, konstruowania, wytwarzania, użytkowania, aż do kontroli po zakończonym procesie produkcyjnym.

W przemyśle wydobywczym, niewłaściwe zastosowanie maszyny/urządzenia do istniejących warunków geologiczno-górnich, może skutkować wzrostem energochłonności procesu wydobywczego,

---

<sup>1</sup> dr hab. inż., prof. Pol. Śl., Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania, Instytut Inżynierii Produkcji, e – mail: wbialy@polsl.pl

przedwczesnym zużyciem, czy zwiększonymi przerwami w pracy, które są spowodowane awaryjnością (BIAŁY W. 2011a).

Firmy produkcyjne – w tym także kopalnie węgla kamiennego – w sferze efektywności i bezpieczeństwa w procesie technologicznym, koncentrują wysiłki głównie na przygotowaniu procedur jakie należy przedsięwziąć w przypadku wystąpienia katastrof, awarii sprzętowych, czy też usuwania ich skutków. Zmieniająca się sytuacja gospodarcza na Świecie oraz w Polsce, konkurencja, a także coraz większe wymagania odbiorców (klientów) kopalni, wymuszają na kierownictwie kopalni poszukiwanie nowych sposobów na poprawę procesu produkcyjnego (wydobywczego) (BIAŁY W. 2011, ŁUCKI Z. 2005, SKOTNICKA-ZASADZIEN B., BIAŁY W. 2011).

W niniejszym artykule do oceny awaryjności maszyn/urządzeń górniczych, wykorzystano jedno z tradycyjnych narzędzi zarządzania jakością – diagram Pareto-Lorenza (PETER F. 2001, WOLNIAK R., SKOTNICKA B. 2007). Za pomocą tego graficznego obrazu można przedstawić zarówno względny jak i bezwzględny rozkład rodzajów błędów, problemów i przyczyn ich powstawania (KRAUZE K., KOTWICA K. 2007).

## 2. Analiza problemu

W przemyśle wydobywczym, diagram Pareto-Lorenza można wykorzystać do monitorowania i kontroli maszyn/urządzeń górniczych (kombajn ścianowy, przenośnik zgrzeblowy, przenośnik taśmowy, kruszarki oraz urządzenia zasilania i sterowania), które stanowią ważny element procesu wydobywczego w kopalni. Istotna jest tutaj ocena występujących przerw w pracy tych maszyn/urządzeń, czyli ich awaryjności i niezawodności. Ponadto istotne jest również wykazanie, które z wykrytych przyczyn powodujących przerwy w pracy (a spowodowane awaryjnością), powinny być wyeliminowane w pierwszej kolejności (SKOTNICKA-ZASADZIEN B., BIAŁY W. 2011, WANG Z., HUANG H-Z., DU X. 2009, WOLNIAK R., SKOTNICKA B. 2007).

## 2.1. Przerwy w pracy spowodowane awariami ścianowego kompleksu kombajnowego

Analiza przeprowadzona została na przykładzie jednej ściany, w kopalni należącej do Kompani Węglowej S.A., w której zainstalowany był kombajn wydobywczy, roboczo nazwany „AE” (PROJEKT TECHNICZNY ŚCIANY, DTR). Budowa modułowa (a taką budowę posiada kombajn „AE”), podstawowych zespołów kombajnów ścianowych, pozwala na dobór układu tych zespołów kombajnu zależnie od potrzeb technologicznych eksploatacji (np. kombajn jedno- lub dwugłowicowy albo jedno- lub dwuraminowy). Aktualnie górnictwo światowe wykazuje zapotrzebowanie na kombajny dwuraminowe z dwoma głowicami urabiającymi (BIAŁY W. 2011, KRAUZE K., KOTWICA K. 2007).

Czas pracy analizowanej ściany od momentu jej uruchomienia do zakończenia eksploatacji, wyniósł 92 dni. Wszystkie przerwy w pracy ściany, powstałe w ciągu całego okresu wydobywczego ściany zostały zarejestrowane przez dyspozytora kopalni.

Jako miejsce wystąpienia awarii przyjęto urządzenie (maszynę) w którym wystąpiła przerwa w pracy. Miejsca awarii to:

- kombajn,
- przenośnik (ścianowy, podścianowy, taśmowy),
- kruszarka,
- obudowa,
- inne.

Wszelkie przerwy w pracy (przyczyny postojów przodka ścianowego) usystematyzowane zostały wg następującego algorytmu (BIAŁY W. 2011):

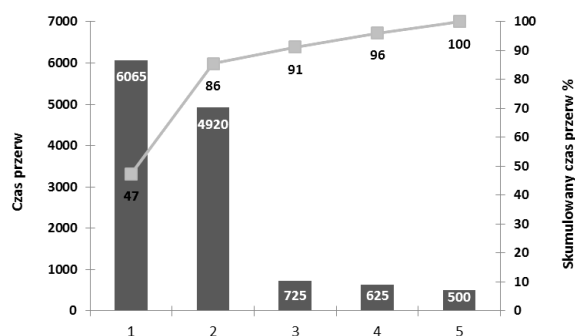
- uszkodzenia kombajnu,
- uszkodzenia przenośników (ścianowego, podścianowego oraz taśm odstawy oddziałowej),
- uszkodzenia obudowy oraz brak zasilania w medium,
- awarie górnicze (opad stropu, strzelanie wstrząsowe, pompowanie wody, rozbijanie brył, przekroczenie CH<sub>4</sub>, pobierka spągu),

- inne przyczyny postojów (uszkodzony wąż wodny w ścianie, brak wody, brak napięcia elektrycznego).

Sumę wszystkich przerw w pracy kompleksu ścianowego przedstawia tabela 1 oraz diagram Pareto-Lorenza (rys. 1).

*Tabela 1. Suma przerw w pracy kompleksu ścianowego*

Lp.	Przerwy w pracy elementu kompleksu ścianowego	Liczba przerw	Łączny czas przerw min	Czas trwania wszystkich przerw %	Skumulowany czas przerw %
1	Kombajn	67	6065	47	47
2	Przenośnik	70	4920	39	86
3	Górnicza	14	725	6	91
4	Obudowa zmechanizowana	19	625	5	96
5	Inna	13	500	4	100
<b>Suma:</b>		<b>183</b>	<b>12835</b>	<b>100</b>	



*Rys. 1. Diagram Pareto-Lorenza dla kompleksu ścianowego*

Tabela 1 ilustruje liczbę oraz czasy przerw w pracy poszczególnych składników kompleksu ścianowego. Pod względem liczby przerw wyraźnie widać, że największą awaryjność miały przenośniki, a tuż za nimi plasuje się kombajn (rys. 1). Natomiast uwzględniając łączny czas przerw, to na łączną sumę czasu przerw kompleksu ścianowego

największy wpływ miały przerwy w pracy kombajnu, a następnie przenośników (KSIĄŻKI RAPORTOWE, RAPORTY DZIENNE).

Z diagramu Pareto-Lorenza (rys. 1) wynika, że przerwy w pracy kombajnu i przenośników powodują największe przestoje w pracy kompleksu ścianowego – ich łączna suma wynosi 86%. Suma przerw zaliczonych do grupy: górnicze, obudowa zmechanizowana i „inne”, a które nie powstały z winy człowieka i nie są związane z zużyciem się poszczególnych elementów kompleksu ścianowego, stanowi tylko 14%. Najbardziej awaryjnym elementem kompleksu ścianowego okazał się kombajn (47%) – dlatego przeprowadzono szczegółową analizę awaryjności z podziałem na główne układy. Awaryjne poszczególnych układów kombajnu, podzielono następująco (BIAŁY W. 2011, SKOTNICKA-ZASADZIEN B., BIAŁY W. 2011):

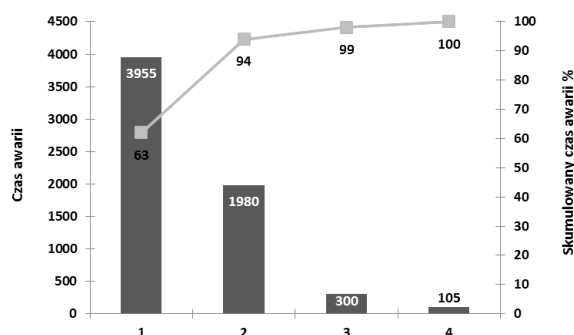
- układ mechaniczny – wszystkie niesprawności mechaniczne na kombajnie, jak i jego wyposażenia (np. osłony górne, uzupełnianie oleju w układach mechanicznych),
- układ elektryczny – wszystkie niesprawności związane ze sterowaniem, brakiem napięcia na kombajnie (np. związane z doziemieniem na linii kombajnowej w ścianie, ponieważ każdorazowo po tej niesprawności uszkodzony był komputer na kombajnie, wymiana komputera, wymiana silników elektrycznych),
- układ hydrauliczny – wszystkie awaryjne związane z czynnościami jakie w kombajnie pełni zespół hydrauliczny (np. nieszczelności na przewodach, wymiana pompy czy siłownika, uzupełnianie oleju w zbiorniku hydraulicznym),
- inne – do których zaliczono: brak przepływu wody na kombajnie, wymiana zużytych noży na organach, wypadnięcie kombajnu z trasy BP.

Sumę awarii poszczególnych układów kombajnu obrazuje tabela 2 która przedstawia wpływ poszczególnych układów kombajnu na liczbę awarii, łączny czas awarii oraz czas trwania wszystkich awarii (wyrażony w %).

*Tabela 2. Suma awarii układów kombajnu*

<i>Lp.</i>	<i>Miejsce wystąpienia awarii</i>	<i>Liczba awarii</i>	<i>Łączny czas awarii min</i>	<i>Czas trwania wszystkich awarii %</i>	<i>Skumulowany czas awarii %</i>
1	Układ elektryczny	39	3955	63	63
2	Układ mechaniczny	18	1980	31	94
3	Inne	7	300	5	99
4	Układ hydrauliczny	3	105	1	100
<b>Suma:</b>		<b>67</b>	<b>6340</b>	<b>100</b>	

Na diagramie Pareto-Lorenza (rys. 2) przedstawiono awaryjność kombajnu uwzględniając poszczególne układy kombajnu.



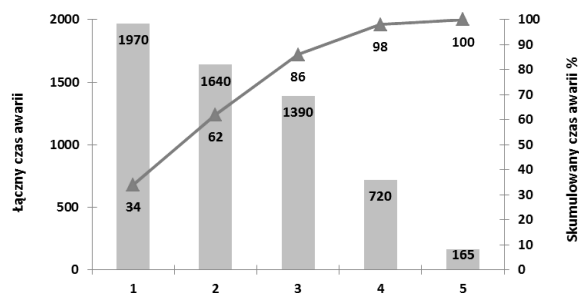
*Rys. 2. Diagram Pareto-Lorenza dla kombajnu*

Układ elektryczny kombajnu miał największy udział w przerwach w pracy w ogólnym czasie pracy (63%), – awarie mechaniczne (31%). Największą awaryjność wykazuje układ elektryczny, na co główny wpływ miały silniki elektryczne i ich wymiany, uszkodzenia komputera, uszkodzenia kabla kombajnowego w ścianie. Uszkodzenia mechaniczne to zerwanie sprzęgiełka przeciążeniowego w ciągniku posuwu. Awarie inne, to powtarzający się brak przepływu wody przez silniki elektryczne, który jest ograniczony poprzez osadzający się kamień.

Sumę łączną awarii na kombajnie według miejsca ich powstania przedstawia tabela 3 oraz diagram Pareto-Lorenza (rys. 3).

*Tabela 3. Suma awarii kombajnu według miejsca powstania*

Lp.	Miejsce wystąpienia awarii	Liczba awarii	Łączny czas awarii min	Czas trwania wszystkich awarii %	Skumulowany czas awarii %
1	Ramię i organy urabiające	16	1970	34	34
2	Ciągniki, układy trakcyjne	18	1640	28	62
3	Zespół elektryczny	23	1390	24	86
4	Układ hydrauliki	6	720	12	98
5	Rama (kadłub)	4	165	2	100
<b>Suma:</b>		<b>67</b>	<b>5885</b>	<b>100</b>	



*Rys. 3. Diagram Pareto-Lorenza awarii kombajnu*

W podziale tym (tabela 3), na kombajnie zostały wydzielone podzespoły według miejsca wystąpienia awarii (BIAŁY W. 2011, SKOTNICKA-ZASADZIEN B., BIAŁY W. 2011):

- ramię i organy urabiające,
- ciągniki i układy trakcyjne,
- układ hydrauliki,
- rama,
- zespół elektryczny.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że najbardziej awaryjnym miejscem na kombajnie są ramiona, ciągniki oraz zespół elektryczny.

## 2.2. Udział przerw w czasie dyspozycyjnym

W trakcie eksploatacji ściany wystąpiły 183 przerwy w pracy których sumaryczny czas wyniósł 12835 minut (tabela 1.4). Łączny czas dyspozycyjny pracy kompleksu ścianowego wynosił 102120 min (KSIĄŻKI RAPORTOWE, RAPORTY DZIENNE). Tabela 4, przedstawia czas przerw oraz udział przerw w czasie dyspozycyjnym z wyszczególnieniem poszczególnych elementów kompleksu ścianowego.

*Tabela 4. Udział przerw w pracy ścianowego kompleksu kombajnowego (czas łączny oraz dyspozycyjny)*

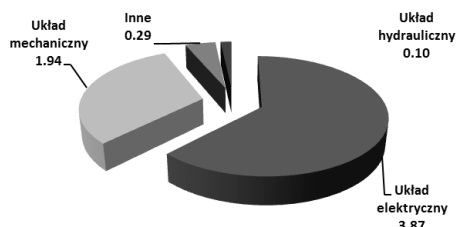
<i>Lp.</i>	<i>Przerwy w pracy elementu kompleksu ścianowego</i>	<i>Liczba przerw</i>	<i>Łączny czas przerw min</i>	<i>Udział przerw w czasie dyspozycyjnym %</i>
1	Kombajn	67	6065	5.94
2	Przenośnik	70	4920	4.82
3	Górnicza	14	725	0.71
4	Obudowa zmechanizowana	19	625	0.61
5	Inna	13	500	0.49
<b>Suma:</b>		<b>183</b>	<b>12835</b>	<b>12.57</b>

W tabeli 5 oraz na rysunku 4, przedstawione zostały awarie poszczególnych układów kombajnu, ich udział w czasie dyspozycyjnym z wyszczególnieniem:



*Tabela 5. Awarie układów kombajnu w czasie dyspozycyjnym  
(czas łączny i czas dyspozycyjny)*

<i>Lp.</i>	<i>Miejsce wystąpienia awarii</i>	<i>Liczba awarii</i>	<i>Łączny czas awarii min</i>	<i>Udział awarii w czasie dyspozycyjnym %</i>
1	Układ elektryczny	39	3955	3.87
2	Układ mechaniczny	18	1980	1.94
3	Inne	7	300	0.29
4	Układ hydrauliczny	3	105	0.10
<b>Suma:</b>		<b>67</b>	<b>6340</b>	<b>6.20</b>



*Rys. 4. Udział awarii w czasie dyspozycyjnym*

- miejsca wystąpienia awarii,
- liczby awarii,
- łącznego czasu trwania awarii (w minutach oraz procentach),
- udziału awarii w ogólnym czasie dyspozycyjnym.

Awarie kombajnu wyszczególnione wg miejsc powstania przedstawiono w tabeli 6.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że najmniej awaryjnym elementem kombajnu jest rama (kadłub) kombajnu oraz układ hydrauliki. Pozostałe elementy powodują 85% awarii (tabela 6).

*Tabela 6. Awarie kombajnu według miejsca powstania  
(czas łączny oraz udział w czasie dyspozycyjnym)*

<i>Lp.</i>	<i>Miejsce wystąpienia awarii</i>	<i>Liczba awarii</i>	<i>Łączny czas awarii min</i>	<i>Udział awarii w czasie dyspozycyjnym %</i>
1	Ramię i organy urabiające	16	1970	1.93
2	Ciągniki, układy trakcyjne	18	1640	1.61
3	Zespół elektryczny	23	1390	1.36
4	Układ hydrauliki	6	720	0.71
5	Rama (kadłub)	4	165	0.16
<b>Suma:</b>		<b>67</b>	<b>5885</b>	<b>5.77</b>

### 3. Wyniki produkcyjne analizowanej ściany

W ścianie zastosowany był czterozmianowy system pracy i potokowa forma organizacji robót z potokiem wybierkowym cyklicznym (KSIĄŻKI RAPORTOWE, RAPORTY DZIENNE). Zmiany 1, 2 i 3 były zmianami wydobywczo-produkcyjnymi, zaś zmiana 4 była zmianą konserwacyjno-remontową.

Zagrożenia naturalne jakie występowały w eksploatowanej ścianie były następujące:

zagrożenie metanowe	III kategoria,
zagrożenie wodne	I stopień,
zagrożenie tapaniami	nie występowało,
zagrożenie pożarem endogenicznym	III grupa samozapalności,
zagrożenie uskoków i zrzutów skał	0,3m do 2,7m

Wykaz dni roboczych w analizowanej ścianie przedstawiał się następująco (RAPORTY DZIENNE):

- maj – 7,
- czerwiec – 20,
- lipiec – 23,
- sierpień – 21,
- wrzesień – 21.

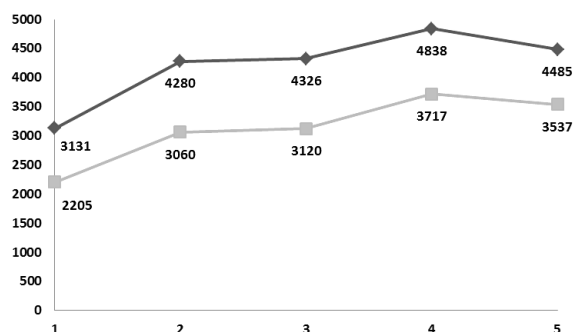
Łączna ilość dni roboczych w analizowanej ścianie wyniosła 92 – mała ilość dni roboczych w maju (7), wynikała z rozruchu ściany.

Analizę wyników produkcyjnych ściany na przestrzeni analizowanego okresu w rozbiciu dobowym i miesięcznym przedstawia tabela 7 oraz wykres (rys. 5).

*Tabela 7. Wydobywanie dobowe i miesięczne kopaliny oraz czystego węgla*

Lp.	Miesiąc	Wydobywanie Mg/dobę		Wydobywanie Mg/miesiąc	
		Całkowite wydobywanie	Czysty węgiel	Całkowite wydobywanie	Czysty węgiel
1	maj	3131	2205	21919	15417
2	czerwiec	4280	3060	85580	61209
3	lipiec	4326	3120	99957	71701
4	sierpień	4838	3717	101604	70552
5	wrzesień	4485	3537	94184	74268
<b>Średnia:</b>		<b>4212</b>	<b>3128</b>	<b>80649</b>	<b>58629</b>

Źródło: KSIĄŻKI RAPORTOWE, RAPORTY DZIENNE



*Rys. 5. Wydobywanie dobowe kopaliny oraz czystego węgla*

Tabela 7 oraz wykres (rys. 5) przedstawia średnie wydobywanie całkowite kopaliny oraz węgla w poszczególnych miesiącach – w rozbiciu na poszczególne miesiące uzyskane wyniki były zróżnicowane. Z wykresu (rys. 5) wynika również, że ściana dość znacznie przekroczyła założony wynik produkcyjny (3000 Mg/dobę).

W miesiącu maju średniodobowe wydobywanie dość znacznie różniło się od pozostałych miesięcy, co wynikało z uruchomienia ściany. Natomiast najwyższe średniodobowe wydobywanie osiągnięte zostało w miesiącach sierpień oraz wrzesień. Na uzyskane miesięczne wyniki istotny wpływ miały awarie kompleksu ścianowego.

W rzeczywistości można było uzyskać lepszy wynik produkcyjny, jednak awarie kompleksu ścianowego (w tym głównie kombajnu – 47.30% wszystkich awarii kompleksu ścianowego) oraz utrudnienia geologiczno-górnictwa zaniżyły wyniki produkcyjne.

## 1. Podsumowanie

W czasie trwania eksploatacji ściany (92 dni) awarie które zostały zarejestrowane przez dyspozytora spowodowały 183 przerwy w pracy kompleksu ścianowego, o łącznym czasie trwania 12835 minut. Operacyjny czas pracy jednej zmiany był równy 330 min tj. 5,5 godziny – ściana pracowała w systemie 4 zmianowym. W ujęciu zmianowym, wydobywanie z analizowanej ściany w wyniku awarii uległo „wydłużeniu” o prawie 39 zmian ( $12835 : 330 = 38,9$  zmiany).

Analizując elementy kompleksu ścianowego (tabela 1), najbardziej awaryjnym urządzeniem okazał się kombajn, w odniesieniu do czasu przerw (47.30%) – miał największy wpływ na przerwy w pracy.

Wśród wydzielonych układów kombajnu, rozkład awarii przedstawiał się następująco:

- Układ elektryczny – awarie stanowiły 62.40% (3955 min). Liczba awarii wyniosła 39, co w sumie spowodowało wydłużenie pracy kompleksu o 65.90 godz. – na usunięcie tych awarii potrzebnych było 12 zmian.
- Układ mechaniczny – 31.20% całkowitego czasu przerw. Łączny czas przerw to 1980 min. – czas potrzebny na ich usunięcie to 6 zmian wydobywczych.
- Inne oraz awarie układu hydraulicznego wyniosły odpowiednio: 4.70% oraz 1.70% wszystkich przerw spowodowanych przez awarie.

Można uznać, że te awarie nie miały wpływu na wydłużenie czasu pracy ściany.

Analizując awarie kombajnu (tabela 6), można zauważyć trzy główne miejsca ich powstawania, a mianowicie:

1. Ramię i organy urabiające – 33.50% ogólnego czasu awarii.
2. Ciągniki, układy trakcyjne – 27.90% czasu awarii.
3. Zespół elektryczny – 23.60% czasu ogólnego awarii.

Pozostałe awarie (układ hydrauliki oraz kadłub) stanowią łącznie 15% ogólnego czasu awarii. Wynika stąd, że awarie (poz. 1-3) spowodowały łącznie 5000 min przerw w pracy (85%) co wpłynęło na „wydłużenie” czasu pracy ściany o 9 zmian wydobywczych.

Suma czasów przestoju kombajnu w całkowitym czasie przerw to ponad 11 zmian wydobywczych ( $6065 : 330 = 11$  zmian), wiąże się to z trudnymi warunkami pracy, jakie ma ten element kompleksu ścianowego.

Aby więc nie dochodziło do częstych postojów (67), pracownicy związani z obsługą kombajnu winni być często szkoleni w zakresie obsługi i eksploatacji, w szczególności w takich zagadnieniach jak:

- przeznaczenie, budowa oraz zasada działania i zastosowanie systemu sterowania oraz diagnostyki,
- zasady działania i instalowania czujników systemu,
- struktura, budowa i zasada działania części składowych i podzespołów,
- metody instalacji, uruchamiania oraz obsługi,
- diagnostyki i analizy przyczyn awarii i ich usuwania,
- wytyczne eksploatacji,
- wymagania BHP.

W tej grupie awarii człowiek nie jest bezpośrednią przyczyną, ale może skutecznie zapobiegać powstawaniu niektórych z tych awarii. Można zmniejszyć czas ich usunięcia poprzez częste szkolenia personelu dotyczące usuwania skutków awarii. Należy również przeprowadzać szkolenia związane z właściwą konserwacją urządzeń (maszyn) co przyczyni się do przedłużenia bezawaryjnej pracy urządzeń (maszyn).

Przeprowadzona analiza wyników produkcyjnych potwierdza osiągnięcie założonych celów produkcyjnych, pomimo zaistniałych awarii. Z tabeli 7 oraz wykresu (rys. 5) wynika, że ściana (mimo dużego nachylenia pokładu) (PROJEKT TECHNICZNY ŚCIANY) średnio wydobywała 3128Mg/dobę, czystego węgla, czyli zrealizowany został założony plan wydobycia wynoszący 3000Mg/dobę.

Poprzez poprawę efektywności eksploatacji, która w praktyce przekłada się na wzrost (wydłużenie) zdatności maszyn i urządzeń, ograniczenia awarii i przestojów oraz właściwą organizację i realizację prac obsługowych i konserwacyjnych, możliwe jest utrzymanie ciągłości produkcji, zwiększenie wydajności i poprawa jakości produkowanych wyrobów oraz ograniczenie kosztów eksploatacji maszyn i urządzeń, a co za tym idzie ograniczenie kosztów produkcji i produktu.

*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.: 2011 „Górnictwo węgla kamiennego – wybrane problemy funkcjonowania”. Monografia. Wydawnictwo PKJS Gliwice.
2. BIAŁY W.: 2011a *The selection of optimal method determining mechanical properties of coal layers*. Management Systems in Production Engineering No. 4
3. FRANIK T. 2009 *Monitorowanie podstawowych parametrów procesów produkcyjnych w kopalni węgla kamiennego*. Komputerowo zintegrowane zarządzanie. Praca zbiorowa pod red. R. Knosali, Opole: Oficyna Wydawnicza PTZP.
4. KRAUZE K., KOTWICA K.: 2007 *Selection and underground tests of the rotary tangential cutting picks used in cutting heads of the longwall and roadway miners*. Archives of Mining Sciences vol 52. No. 2.
5. ŁUCKI Z.: 2005 *Zarządzanie w górnictwie naftowym i gazownictwie*. Kraków: Wydawnictwo Universitas.

6. PETER F.: 2001 *Rethinking Pareto analysis maintenance applications of logarithmic scatterplots*. Journal of Quality i Maintenance Engineering, 4(7).
7. SKOTNICKA-ZASADZIEN B., BIALY W.: 2011 *An analysis of possibilities to use a Pareto chart for evaluating mining machines' failure frequency*. Maintenance and Reliability No. 3.
8. WANG Z., HUANG H-Z., DU X.: 2009 *Projektowanie niezawodności z wykorzystaniem kilku strategii utrzymania*. Maintenance and Reliability, No. 4.
9. WOLNIAK R., SKOTNICKA B.: 2007 *Metody i narzędzia zarządzania jakością – teoria i praktyka*. Gliwice. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
10. Książki raportowe działu Głównego Mechanika ds. dołu.
11. Raporty dzienne dyspozytora głównego kopalni.
12. Projekt Techniczny Ściany pokład 409/1.
13. DTR Kombajnu Ścianowego „AE”.