

**Marcin Hibner**

Politechnika Śląska  
m.hibner@interia.pl

## Wykorzystanie diagramu Pareto–Lorenza do analizy postojów/przestojów odstawy urobku

### STRESZCZENIE

W artykule poddano analizie dane pochodzące z jednej z odstaw urobku kopalni węgla kamiennego. Zebrane wyniki pomiarowe przeanalizowano za pomocą diagramu Pareto–Lorenza dla poszczególnych rodzajów zidentyfikowanych postojów/przestojów. Systematyczne gromadzenie danych o przestojach i postojach oraz ich odpowiednie przetworzenie pozwala służbom kopalnianym odpowiedzialnym za utrzymanie ruchu prowadzenie odpowiedniej profilaktyki, tym samym pozwala na poprawę efektywności czasu pracy odstawy urobku, co powiązane jest ze wzrostem wydobywania i poprawą wyników finansowych.

**Słowa kluczowe:** przestój/postój, efektywny czas pracy, przenośnik taśmowy, odstawa urobku, diagram Pareto–Lorenza, awaryjność.

### Wprowadzenie

Bezawaryjna praca układu produkcyjnego w układzie technologicznym zakładu górniczego poprawia efektywność kopalni węgla kamiennego. Realizacja celu możliwa jest przy spełnieniu określonych zasad, które doprowadzą do ograniczenia kosztów. Trudna sytuacja ekonomiczna sektora górnictwa węgla kamiennego w ostatnich latach w Polsce w sposób szczególny zmusza spółki górnicze do podjęcia kroków w tym kierunku.

Jednym z ważniejszych czynników mających wpływ na rentowność wydobywania prowadzonego w zakładzie górniczym jest efektywny czas pracy. Zakłada się, że czas pracy odstawy wynosi 24 godziny, co bezpośrednio wynika z czasu pracy ściany. Czas pracy przodka składa się z trzech, czterech lub pięciu zmian roboczych. W zależności od przyjętej ilości zmian wyróżnia się trzy składowe procesy pracy:

- czas organizacyjny,
- czas dyspozycyjny,
- czas konserwacyjny.

Przy zastosowaniu cztero- lub pięcioletniego systemu pracy redukcji ulega czas organizacyjny, który związany jest ze zjazdem załogi, podziałem załogi, dojściem lub dojazdem do miejsca pracy. Ze względu na czasowe nakładanie się zmian, przekazanie stanowisk pracy następuje w sposób płynny bez wstrzymania pracy. Zakłady górnicze,

aby zminimalizować straty, często ograniczają lub eliminują całkowicie z dobowego cyklu pracy czas na przeprowadzenie konserwacji. W wielu przypadkach czas wygospodarowany w ten sposób tracony jest z wielokrotnością w chwili wystąpienia przestojów technicznych<sup>1</sup> i generowane są ogromne straty<sup>2</sup>.

Głównym elementem wydobywania kopaliny jest ciąg urabiania, w którym można wyszczególnić następujące etapy:

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

Awaria jednego z wymienionych ogniw powoduje „wyłączenie” pozostałych elementów tego ciągu ze względu na to, że jest to system szeregowy.

Analizę awaryjności przeprowadzono w obszarze obejmującym drugi etap ciągu urabiania – transport poziomy. W niniejszym artykule przestój techniczny należy rozumieć jako uszkodzenie mechaniczne przenośnika odstawy urobku, awarię elektryczną oraz zadziałanie czujników zabezpieczeń. Natomiast do postojów górniczych zaliczamy obwały i zawały skał stropowych, utratę stateczności wyrobiska po wystąpieniu tąpnięcia, strzelania odprężające, rozbijanie kęsów, wycofanie załogi w przypadku przekroczenia zawartości metanu powyżej 2%.

Prezentowane dane w artykule pochodzą z kopalni węgla kamiennego zlokalizowanej na terenie województwa śląskiego. Odstawa ze ściany, której nadano nazwę nr „14”, składa się z siedmiu przenośników taśmowych o łącznej długości 2700 m.

### Pozyskanie danych i ich interpretacja

Ze względu na brak zautomatyzowania poszczególnych przenośników taśmowych oraz systemu gromadzenia danych czas przestojów/postojów zapisywano ręcznie. Rejestrację na wszystkich zmianach prowadził oddziałowy dozór górniczy.

Interpretacja wyników przedstawiona zostanie za pomocą diagramu Pareto–Lorenza<sup>3</sup>, który umożliwi znalezienie 20% przyczyn powodujących 80% przestojów. Diagram umożliwia hierarchizację czynników mających wpływ na badane zjawisko i jest ich graficznym obrazem<sup>4</sup>. Za pomocą diagramu Pareto–Lorenza można określić częstotliwość występowania przyczyn zaistniałego problemu. Pozwala to na wyznaczenie działań niezbędnych do doskonalenia procesów i zwiększenia jakości wyrobów.

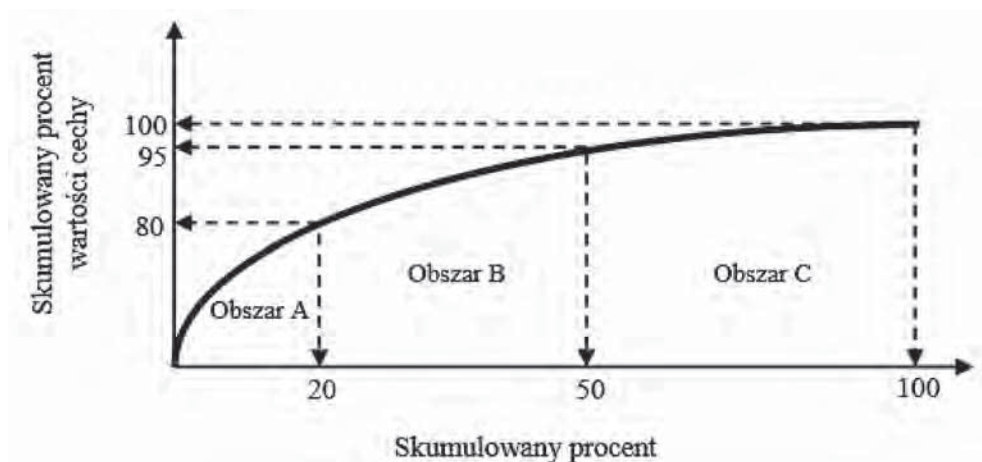
---

<sup>1</sup> W. Biały, *Awaryjność górniczych urządzeń technicznych w procesie wydobywczym. Problemy bezpieczeństwa w budownictwie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego*, Centrum Badania i Dozoru Górnictwa Podziemnego, Łódź 2010, s. 73–85.

<sup>2</sup> Raporty dzienne dyspozytora głównego kopalni.

<sup>3</sup> B. Skotnicka-Zasadzień, W. Biały, *Analiza możliwości wykorzystania narzędzi Pareto–Lorenza do oceny awaryjności urządzeń górniczych*, „Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability” 2011, s. 51–55.

<sup>4</sup> B. Skotnicka-Zasadzień, *Zastosowanie inżynierii jakości i niezawodności do analizy awaryjności obiektów technicznych na przykładzie maszyn i urządzeń górniczych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014, s. 27–28; R. Wolniak, B. Skotnicka, *Metody i narzędzia zarządzania jakością. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011, s. 22–25.



Rys. 1. Budowa diagramu Pareto-Lorenza (źródło: opracowanie własne na podstawie R. Wolniak B. Skotnicka, op. cit., s. 22–25)

W diagramie Pareto-Lorenza możemy wydzielić trzy obszary<sup>5</sup>:

- obszar A – postoje w tej grupie mają najistotniejszy wpływ na przebieg lub funkcjonowanie procesu, likwidacja lub ograniczenie tych przestojów musi być sprawą priorytetową,
- obszar B – zawiera postoje, które powinny być ograniczone w drugiej kolejności; mają one mniejszy wpływ na funkcjonowanie procesu,
- obszar C – grupa przestojów o niskim poziomie istotności.

Diagram Pareto-Lorenza został skonstruowany według następujących etapów:

- zebranie danych z rodzajem postojów/przestojów,
- obliczono skumulowane wartości procentowe udziału postojów/przestojów oraz czasu ich usuwania.

### Składowe czasu pracy odstawy urobku

W kopalni węgla kamiennego, która pracowała w systemie czterozmianowym, dokonano rejestracji przestojów/postojów w ciągu odstawy urobku. Pomiar (z wyłączeniem weekendów) prowadzony był przez siedem dni, w trakcie których odnotowano postoje/przestoje. Zarejestrowano 253 zdarzenia w trakcie pracy odstawy, które przedstawiono w tabeli 1. Czas dyspozycyjny pracy przenośników taśmowych wynosił 24:00 [h:min].

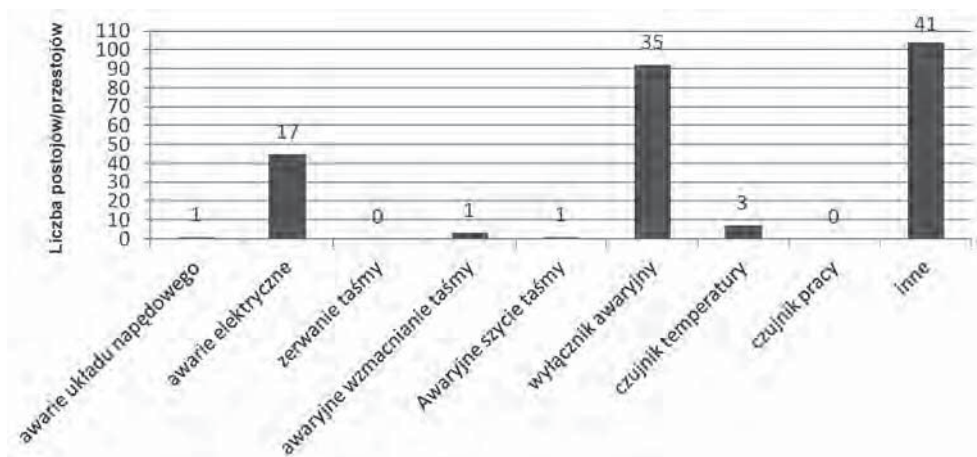
<sup>5</sup> Ibidem.

Tabela 1. Postoje/przestoje odstawy urobku

Rodzaj postojów/ przestojów	Liczba postojów/ przestojów	Czas usuwania przyczyn postojów/ przestojów
Awarie układu napędowego	1	00:40
Awarie elektryczne	45	03:41
Zerwanie taśmy	—	—
Awaryjne wzmacnianie taśmy	3	01:20
Awaryjne szycie taśmy	1	02:54
Wyłącznik awaryjny	92	02:32
Czujnik temperatury	7	01:19
Czujnik pracy	—	—
Inne	104	27:44:00

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu dziennego dyspozytora głównego kopalni.

Na rys. 2 przedstawiono liczebność postojów/przestojów, które miały miejsce w okresie prowadzenia obserwacji.

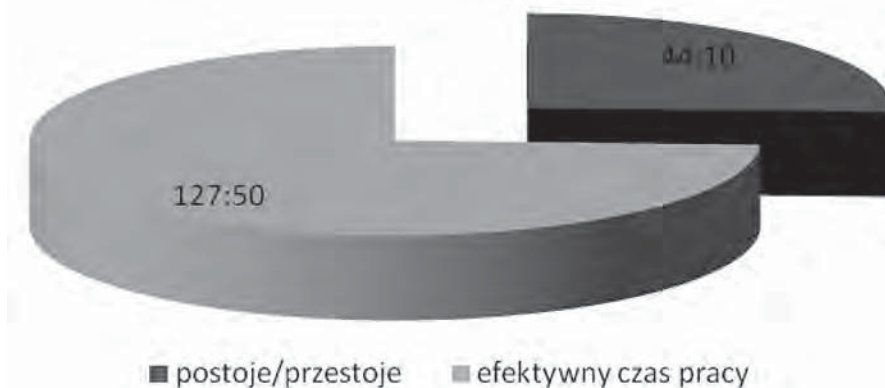


Rys. 2. Liczebność postojów/przestojów (źródło: opracowanie własne)

Odstawę urobku ze ściany prowadzono za pomocą przenośników taśmowych typu Gwarek (5 szt.) i PTG (2 szt.) o łącznej długości 2700 m.

Składowe czasu pracy odstawy urobku (rys. 3) wynosiły:

- 40:10 [h:min] postoje/przestoje (23,90%),
- 127:50 [h:min] efektywny czas pracy (76,10%).



Rys. 3. Składowe czasu pracy i postojów/przestojów odstawy urobku (źródło: opracowanie własne)

Powyższe czasy jak i wartości procentowe odnoszą się do całkowitego czasu pracy ściany równego 168:00 [h:min] uzyskanego w ciągu siedmiu dni roboczych, dla których prowadzono obserwacje.

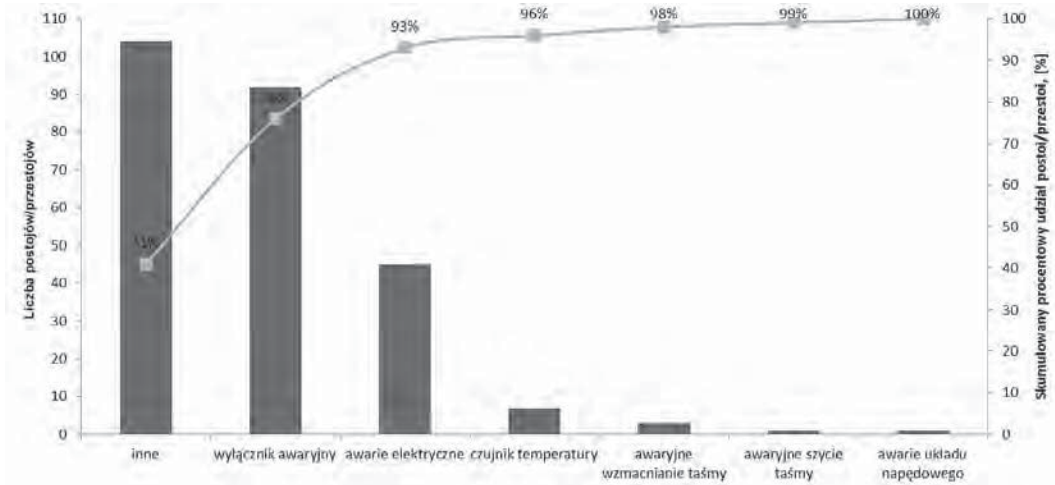
#### Analiza wpływu czasów postojów/przestojów na dyspozycyjny czas pracy odstawy z wykorzystaniem diagramu Pareto–Lorenza

Na podstawie tab. 2 gromadzącej poszczególne przestoje/postoje wraz z wartościami charakteryzującymi rodzaje postojów/przestojów skonstruowano diagram Pareto–Lorenza. Na rys. 4 przedstawiono diagram dla liczby postojów/przestojów, a na rys. 5 średniego czasu usuwania przyczyn ich zaistnienia.

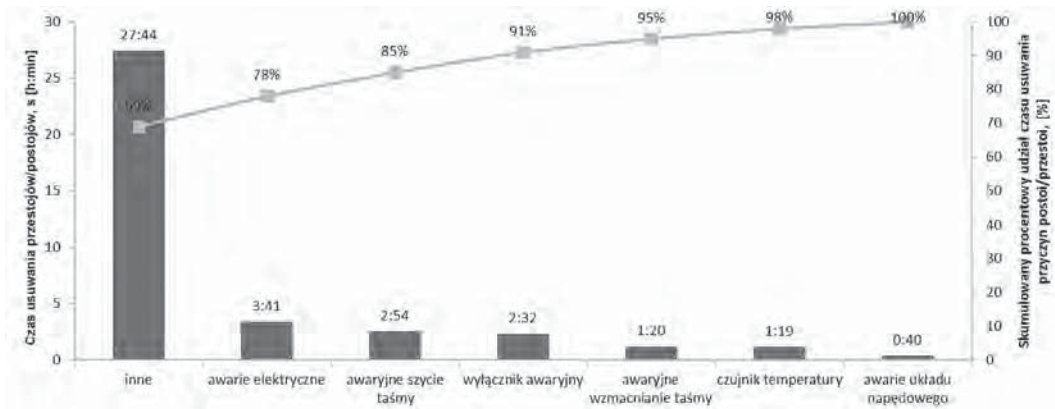
Tabela 2. Postoje i przestoje w ścianie

Rodzaj postojów/ przestojów	Liczba postojów/ przestojów	Procentowy udział postojów/ przestojów	Skumulowany procentowy udział postojów/przestojów	Czas usuwania przyczyn postojów/ przestojów [h:min]	Procentowy udział czasu usuwania przyczyn postojów/ przestojów	Skumulowany procentowy udział czasu usuwania przyczyn postojów/ przestojów
Awarie układu napędowego	1	0,40	0,40	00:40	1,66	1,66
Awarie elektryczne	45	17,79	18,18	03:41	9,17	10,83
Zerwanie taśmy	—	—	18,18	—	—	10,83
Awaryjne wzmacnianie taśmy	3	1,19	19,37	01:20	3,32	14,15
Awaryjne szycie taśmy	1	0,40	19,76	02:54	7,22	21,37
Wyłącznik awaryjny	92	36,36	56,13	02:32	6,31	27,68
Czujnik temperatury	7	2,77	58,89	01:19	3,28	30,95
Czujnik pracy	—	—	58,89	—	—	30,95
Inne	104	41,11	100,00	27:44:00	69,04	100,00

Źródło: opracowanie własne



Rys. 4. Diagram Pareto-Lorenza dla rodzajów i liczby postojów/przestojów  
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 5. Diagram Pareto-Lorenza dla średniego czasu usuwania przyczyn postojów/przestojów  
(źródło: opracowanie własne)

Z diagramu przedstawionego na rys. 4 wynika, że 77% przestojów stanowią inne postoje oraz uruchomienie wyłącznika awaryjnego. Do pojęcia „inne przestoje” należy zakwalifikować takie zdarzenia jak wymiana krążników gałęzi dolnej lub górnej, regulacja biegu taśmy, zakleszczenie brył węgla/kamienia w przesypach. W przypadku analizowania średnich czasów usuwania przyczyn postojów/przestojów 76% stanowią inne postoje oraz awarie elektryczne.

### Podsumowanie

Poprawę efektywności czasu pracy odstawy urobku uzyskać można poprzez zastosowanie narzędzi diagnostycznych. Jednym z tego rodzaju pomocniczych narzędzi są diagramy Pareto–Lorenza. Diagramy te pomagają dozorowi wyższemu i kierownictwu kopalni w hierarchizacji awaryjności poszczególnych elementów lub czynników mających największy wpływ na postoje/przestoje odstawy urobku. Poprawne zdiagnozowanie czynników pozwala na podjęcie działań mających na celu ich eliminację, tym samym poprawienie wyników wydobywczych i ekonomicznych.

Brak nowoczesnych narzędzi diagnostycznych, takich jak systemy automatycznego sterowania i wizualizacji pracy, ograniczają służby utrzymania ruchu do skupiania uwagi tylko na głównych elementach przenośników, takich jak: napęd, taśma, konstrukcja<sup>6</sup>. Długość odstawy urobku – rejonowa (oddziałowa) czy centralna – nie sprzyja prowadzeniu dokładnej rejestracji postojów/przestojów wraz z dokładnym pomiarem czasu w formie tradycyjnego zapisu ze względu na duże odległości pomiędzy wyrobiskiem ścianowym a zbiornikiem wyrównawczym pod szybem.

Na przykładzie wyników prezentowanych w artykule można stwierdzić, że eliminacja najprostszyc i najczęstszych przyczyn postojów/przestojów, które stanowią prawie 80%, przyniesie wymierne efekty ekonomiczne.

Wprowadzenie takich narzędzi diagnostycznych jak diagram Pareto–Lorenza jest jednym z elementów poprawiających efektywność pracy odstawy urobku. Stosowanie narzędzi diagnostycznych pozwala na wcześniejsze wykrycie stanów przedawaryjnych urządzeń i maszyn<sup>7</sup>.

Wprowadzenie systemów, które rejestrują i gromadzą dane związane z awariami, przestojami/postojami, w sposób znaczący usprawni poprawne działanie odstawy urobku, przy czym jednocześnie uzyska się zwiększenie użytecznego czasu pracy, tym samym można uzyskać większe wydobycie.

### Bibliografia

- Biały W., *Awaryjność górniczych urządzeń technicznych w procesie wydobywczym. Problemy bezpieczeństwa w budownictwie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego*, Centrum Badania i Dozoru Górnictwa Podziemnego, Łędziny 2010.
- Skotnicka-Zasadzień B., *Zastosowanie inżynierii jakości i niezawodności do analizy awaryjności obiektów technicznych na przykładzie maszyn i urządzeń górniczych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014.
- Skotnicka-Zasadzień B., Biały W., *Analiza możliwości wykorzystania narzędzi Pareto–Lorenza do oceny awaryjności urządzeń górniczych*, „Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability” 2011, s. 51–55

---

<sup>6</sup> S. Smith, *Techniki pokonywania problemów*, Grupa Wydawnicza HELION S.A., Gliwice 2004, s. 60–63,

<sup>7</sup> Z. Szymański, *Nowoczesne metody badań diagnostycznych maszyn górniczych z wykorzystaniem programu DIAGNOPRZEM*, „Napędy i Sterowanie” 2013, nr 7/8, s. 96–106.

Smith S., *Techniki pokonywania problemów*, Grupa Wydawnicza HELION S.A., Gliwice 2004.

Szymański Z., *Nowoczesne metody badań diagnostycznych maszyn górniczych z wykorzystaniem programu DIAGNOPRZEM*, „Napędy i Sterowanie” 2013, nr 7/8, s. 96–106.

Wolniak R., Skotnicka B., *Metody i narzędzia zarządzania jakością. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.

Raport dzienny dyspozytora głównego kopalni.

#### SUMMARY

Marcin Hibner

#### **Use of the Pareto–Lorenz Diagram for analysis stops/standstills haulage of mined rock**

In this paper, data obtained from a haulage of gotten in a hard coal mine was analysed. The measurement results were analyzed using the diagram of Pareto-Lorenz for different types of identified stops/standstills. The systematic collection of data on stops/standstills and its respective processing make it easier for maintenance staff to design appropriate prevention activities, which allows them to improve the efficiency of the working time of haulage.

**Key words:** stops/standstills, the effective working time, belt conveyor, haulage of mined rock, diagram of Pareto-Lorenz, failure.

Data wpływu artykułu: 09.11.2016 r.

Data akceptacji artykułu: 19.01.2017 r.