

Analiza przyczyn występowania obwałów w ścianach zawałowych z wykorzystaniem metody ważonego wykresu Ishikawy

The analysis of causes of roof fall occurrence in caving longwalls with the application of Ishikawa diagram



*Dr inż. Sylwester Rajwa**



*Mgr inż. Janina Świętek**



*Dr inż. Andrzej Walentek**



*Mgr inż. Aleksander Wrań**

Treść: W ramach pracy statutowej Głównego Instytutu Górnictwa (GIG) pt. „Katalog obwałów w ścianach zawałowych” stworzono katalog zawierający przypadki obwałów występujących w ścianach zawałowych, który obejmuje m.in. zestawienie podstawowych danych geologiczno-górnictwowych, informacje o stosowanej obudowie oraz opis warunków prowadzenia ściany ze szczególnym uwzględnieniem występujących utrudnień w utrzymaniu stropu. Bazując na uzyskanych wynikach oraz wykorzystując utworzony katalog obwałów, w artykule przeprowadzono analizę czynników decydujących o możliwości zaistnienia obwału w ścianie zawałowej, wykorzystując do tego celu narzędzie zarządzania jakością, tj. ważony wykres Ishikawy.

Abstract: Within the research work performed by Central Mining Institute (GIG) titled „The catalogue of roof falls in caving longwalls”, a catalogue was prepared which describes the cases of roof falls and includes among others: the statement of basic geological and mining conditions, information on the applied support and roof conditions. Special attention was paid to the roof falls occurrence. The analysis of factors which determine the possibility of roof fall formation in caving longwall, based on gathered data, was conducted in this paper. For that purpose one of the quality management tools was used - the weighted Ishikawa diagram.

Słowa kluczowe:

obwał, obudowa zmechanizowana, ściana zawałowa, zarządzanie jakością

Keywords:

roof fall, shield support, caving longwall, quality management

*¹) Główny Instytut Górnictwa, Katowice

1. Wstęp

Występowanie obwałowań w ścianach zawałowych, poza stwarzaniem niebezpieczeństwa dla pracującej załogi, wpływa negatywnie na efektywność całego procesu produkcji górniczej. Odnosi się to zarówno do ograniczenia postępu frontu eksploatacyjnego, jak również nieprawidłowej pracy elementów kompleksu mechanizacyjnego, co z kolei wpływać może na ich większą awaryjność. W tym kontekście zapewnienie stateczności wyrobisk górniczych jest jednym z najistotniejszych czynników wpływających zarówno na bezpieczeństwo załogi, jak i możliwość osiągnięcia zakładanych wyników produkcyjnych. Opady skał ze stropu lub ociosu są corocznie przyczyną kilkudziesięciu zdarzeń wypadkowych (Wyższy ... 2015, 2016). Występowanie obwałowań w ścianach zawałowych, poza stwarzaniem niebezpieczeństwa dla pracującej załogi, wpływa negatywnie na efektywność całego procesu produkcji górniczej. Odnosi się to zarówno do ograniczenia postępu frontu eksploatacyjnego, jak również nieprawidłowej pracy elementów kompleksu mechanizacyjnego (np. obudowy zmechanizowanej), co z kolei wpływać może na ich większą awaryjność.

Zakład Technologii Eksploatacji i Obudów Górniczych GIG od przeszło 30 lat współpracuje z kopalniami węgla kamiennego w obszarze doboru obudów ścianowych do lokalnych warunków geologiczno-górniczych, a także przy prognozowaniu warunków utrzymania stropu w ścianach. Potrzeba usystematyzowania szerokich doświadczeń zdobytych podczas realizacji tych prac spowodowała, że w ramach działalności statutowej GIG opracowano katalog obwałowań występujących w ścianach zawałowych. Do katalogu wprowadzane są dane obejmujące wybrane przypadki występowania obwałowań w wyrobiskach ścianowych. Katalog ten obejmuje m.in. zestawienie podstawowych danych geologiczno-górniczych, informacje o stosowanej obudowie oraz opis warunków prowadzenia ściany ze szczególnym uwzględnieniem występujących utrudnień w utrzymaniu stropu.

Bazując na uzyskanych doświadczeniach oraz wykorzystując utworzony katalog obwałowań, w niniejszym artykule przeprowadzono analizę czynników decydujących o możliwości zaistnienia obwałowania w ścianie zawałowej, wykorzystując do tego celu narzędzie zarządzania jakością, tj. ważony wykres Ishikawy.

2. Metodyka opracowywania wykresu Ishikawy

Wykres Ishikawy, zwany także diagramem Ishikawy, to uniwersalne narzędzie służące do analizy powiązań między występującymi skutkami a ich potencjalnymi przyczynami. Zazwyczaj potencjalne przyczyny pogrupowane są według odpowiednich kategorii i podkategorii w celu stworzenia podstaw umożliwiających opracowanie diagramu przyczynowo-skutkowego przypominającego w swojej formie szkielet ryby (Ishikawa 1976, 1985; Hamrol, Mantura 2005). „Głowa ryby” oznacza problem do rozwiązania, „kręgosłup ryby” reprezentuje poszczególne grupy przyczyn mogące powodować występowanie analizowanego problemu, natomiast „ości ryby” to podprzyczyny zaliczone do danej grupy (Wodniak, Skotnicka 2007). Procedura postępowania przy tworzeniu wykresu Ishikawy przedstawiona została na rysunku 1.

Przy klasyfikacji przyczyn problemu obecnie najczęściej stosuje się tzw. regułę 6M+E (od angielskich słów: *manpower* – czynnik ludzki, *machine* – wykorzystywanie maszyn lub oprzyrządowanie, *methods* – metoda postępowania, *materials* – materiały, *management* – zarządzanie, kierowanie, *measurement* – metoda i zasady pomiaru oraz *environment* – czynnik środowiskowy) (Gwiazda 2005, Wiśniewska, Jasiak-Kujawska 2012). Do podanej reguły można dołączać kolejne kategorie z grupy „M” lub „E” jak np.: *money* – środki finansowe, *miscellaneous* – inne, czy *equipment* – wyposażenie (Capper 1998, Wiśniewska, Malinowska 2011). Jednak nie zaleca się (Dogget 2005) tworzenia wykresu więcej niż z ośmiu kategorii. Sam wykres Ishikawy został unormowany i stanowi on narzędzie opisane w normie PN-EN IS 9004:2010.

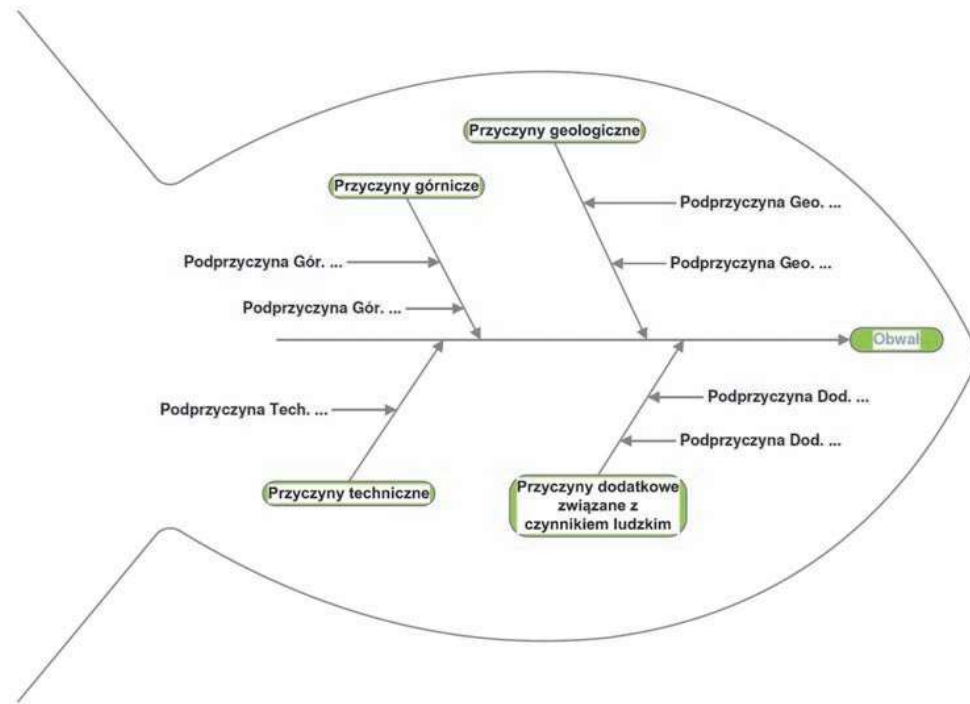
Mając na uwadze specyfikę branży górniczej zrezygnowano z grup wymienionych w metodzie 6M+E, a zaproponowano, zgodnie z podziałem stosowanym w większości zakładów górniczych (Prusek 2014, 2016), podział uwzględniający przyczyny: geologiczne, górnicze, techniczne oraz przyczyny dodatkowe związane z czynnikiem ludzkim. Podejście to wydaje się uzasadnione, w szczególności jeśli analizujemy procesy związane z eksploatacją górniczą i powinno ono ułatwić stosowanie metody w kopalniach węgla kamiennego - rys. 2.

Uwzględniając fakt, iż standardowy wykres Ishikawy nie zawiera informacji o charakterze ilościowym poszczególnych czynników, do analizy przypadku wystąpienia obwałowania w ścianie wykorzystano metodę ważonego wykresu (Gwiazda 2005), która z powodzeniem jest stosowana także m.in. do analizy problemów z dziedziny medycyny, mechaniki czy doskonalenia produktów spożywczych.



Rys. 1. Procedura sporządzania diagramu Ishikawy

Fig. 1. The procedure of Ishikawa diagram preparation



Rys. 2. Przykładowy wykres Ishikawy
Fig. 2. Exemplary Ishikawa diagram

Procedura postępowania przy tworzeniu ważonego wykresu Ishikawy jest identyczna jak przedstawiona na rys. 1., z tym że przed szczegółową analizą wykresu określa się wagę ważności każdej z przyczyn głównych oraz każdej z podprzyczyn. Następnie wyznacza się wartości bezwzględne wag podprzyczyn i nanosi się je na diagram celem przeprowadzenia analizy stratyfikacyjnej oraz wyznaczenia przyczyn krytycznych (Gwiazda 2005). Aby nadać wagę poszczególnym przyczynom oraz podprzyczynom wykorzystano metodę porównywania parami, która bazuje na macierzy Saaty'ego (Gwiazda 2005). Metoda ta polega na porównywaniu parami poszczególnych przyczyn z danej gałęzi wykresu, stosując odpowiednią skalę ocen. Dla analizy przypadku wystąpienia obwałowania w ścianie przyjęto następującą skalę: 0, 0,25, 0,5, 0,75 i 1 – gdzie (Gwiazda 2005): 0 oznacza, że jedna z analizowanych przyczyn jest mniej ważna od drugiej; 0,25 oznacza, że jedna z analizowanych przyczyn jest trochę mniej ważna od drugiej; 0,5 oznacza, że analizowane przyczyny są równoważne; 0,75 oznacza, że jedna z analizowanych przyczyn jest trochę ważniejsza od drugiej oraz 1 oznacza, że jedna z analizowanych przyczyn jest ważniejsza od drugiej.

3. Opis przebiegu badań i zastosowania ważonego wykresu Ishikawy

Opracowanie wykresu Ishikawy dla przypadku wystąpienia obwałowania w ścianie zawałowej zrealizowano według następujących etapów:

- zebrano oraz przeanalizowano następujące dokumenty: karty obwałowań zebrane za lata 2014-2016, badania ankietowe dotyczące przyczyn i skutków powstawania obwałowań w ścianach zawałowych, wykonane w ramach pracy badawczej GIG nr 11160234-150 (Prusek i in. 2014) oraz literaturę analizowanego przedmiotu (Prusek i in. 2013, 2016, Prusek 2016; Rajwa, Wrana 2009),
- na podstawie obserwacji indywidualnych przypadków występowania obwałowań w ścianach i przeglądu dokumentacji

oraz literatury tematu określono zbiór przyczyn głównych i podprzyczyn wpływających na możliwości wystąpienia obwałowania skał stropowych w ścianie oraz zbudowano wykres Ishikawy,

- bazując na powstałym wykresie określono wagi względne i bezwzględne przyczyn głównych i każdej z podprzyczyn, wykorzystując metodę porównywania parami w analizowanych grupach,
- przeprowadzono analizę stratyfikacyjną, wyznaczając tym samym najważniejsze podprzyczyny wpływające na powstawanie obwałowań w ścianie.

Przeprowadzona analiza kart obwałowań, wcześniejszych badań oraz literatury przedmiotu pozwoliła na wyodrębnienie czterech przyczyn głównych i szeregu podprzyczyn wpływających na powstawanie obwałowań w ścianach zawałowych, co szczegółowo przedstawiono w tabeli 1 i na rysunku 3. Każda z przyczyn i podprzyczyn otrzymała skróconą nazwę, którą posłużono się do dalszej analizy.

Korzystając z metody porównywania parami, zaproponowano wagi względne przyczyn głównych, a następnie tą samą metodą wyznaczone zostały wagi względne podprzyczyn kolejnego rzędu. Przykład ustalania wag przedstawiono w tabeli 2 oraz na rysunku 4.

Ustalenie wag względnych pozwoliło w dalszej kolejności na określenie wag bezwzględnych każdej z podprzyczyn. Wyznaczone one zostały poprzez pomnożenie ich wag względnych przez wartość wagi względnej przyczyny głównej, do której należała dana podprzyczyna (Gwiazda 2005) wg poniższego wzoru (1).

$$W_{b.pp} = W_{w.p.g.} \cdot W_{w.pp} \quad (1)$$

gdzie:

- $W_{b.pp}$ – waga bezwzględna podprzyczyny I rzędu,
- $W_{w.p.g.}$ – waga względna przyczyny głównej,
- $W_{w.pp}$ – waga względna podprzyczyny I rzędu.

Tabela 1. Przyczyny oraz podprzyczyny pierwszego i drugiego rzędu występowania obwał w ścianie zawałowej

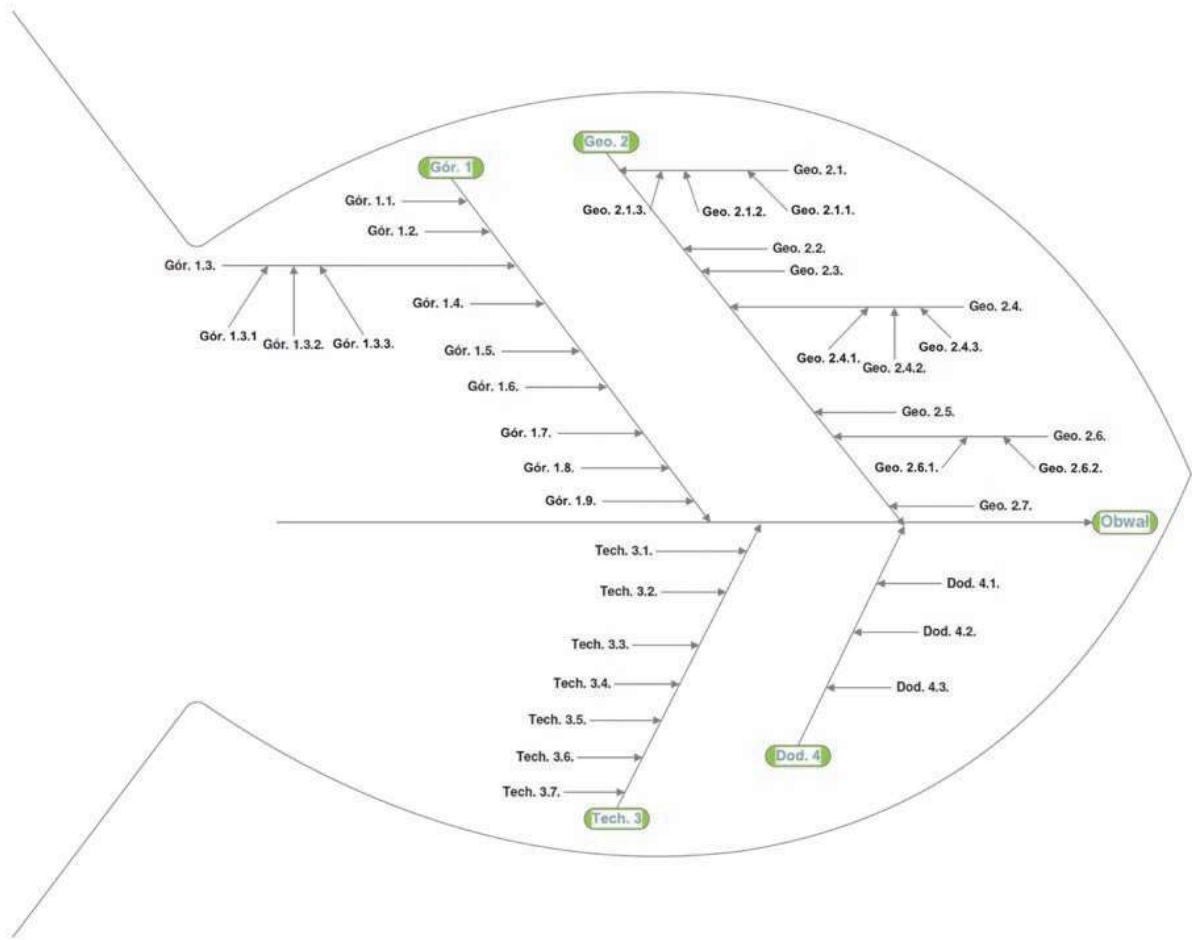
Table 1. The causes and sub-causes of first and second raw of roof falls occurrence in caving the longwall

Przyczyna główna	Podprzyczyna pierwszego i drugiego rzędu
Przyczyny górnicze - Gór. 1	Gór. 1.1. - Oddziaływanie wstrząsów górotworu
	Gór. 1.2. - Niekorzystne usytuowanie ściany względem kierunku spękań w pokładzie węgla
	Gór. 1.3. - Niekorzystne usytuowanie ściany względem kierunku spękań w skałach stropowych Gór. 1.3.1. - Kąt między linią czoła ściany a głównymi spękaniami w stropie wynosi mniej niż 30° ale nie więcej jak 150°, spękania główne zalegają w kierunku zrobów a wytrzymałość skał stropowych na ściskanie jest niższa od 40 MPa Gór. 1.3.2. - Kąt między linią czoła ściany a głównymi spękaniami w stropie wynosi mniej niż 30° ale nie więcej jak 150° a wytrzymałość skał stropowych na ściskanie jest niższa od 40 MPa Gór. 1.3.3. - Kąt między linią czoła ściany a głównymi spękaniami w stropie wynosi mniej niż 30° ale nie więcej jak 150° spękania główne zalegają w kierunku zrobów a wytrzymałość skał stropowych na ściskanie jest większa od 40 MPa
	Gór. 1.4. - Usytuowanie ściany względem kierunku rozciągłości pokładu
	Gór. 1.5. - Występowanie zaszczości eksploatacyjnych
	Gór. 1.6. - Brak regularnego postępu ściany
	Gór. 1.7. - Zbyt niski średni postęp dobowy ściany
	Gór. 1.8. - Duża wysokość ściany
	Gór. 1.9. - Znaczna długość ściany
	Przyczyny geologiczne - Geo. 2
Geo. 2.2. - Skłonność ociosu węglowego do odpajania (stateczność ociosu węglowego w ścianie)	
Geo. 2.3. - Niskie parametry wytrzymałościowe pokładu węgla	
Geo. 2.4. - Rodzaj oraz parametry wytrzymałościowe skał stropowych Geo. 2.4.1. - Występowanie w stropie skał o wysokich parametrach wytrzymałościowych na ściskanie Geo. 2.4.2. - Występowanie w stropie skał o niskich parametrach wytrzymałościowych na ściskanie Geo. 2.4.3. - Występowanie w stropie bezpośrednim warstwy skał o niskich parametrach wytrzymałościowych i grubości do 0,3 m	
Geo. 2.5. - Wykroplenia oraz dopływ wody do spągu wyrobiska	
Geo. 2.6. - Nachylenie pokładu (ściany) Geo. 2.6.1. - Nachylenie poprzeczne ściany ± 10 Geo. 2.6.2. - Nachylenie podłużne ściany > 15	
Geo. 2.7. - Duża głębokość zalegania pokładu	
Przyczyny techniczne - Tech. 3	Tech. 3.1. - Duża rozpiętość wyrobiska ścianowego po wykonanym zabiorze
	Tech. 3.2. - Głębokość zabioru "lo"
	Tech. 3.3. - Zbyt niska podporność wstępna obudowy zmechanizowanej
	Tech. 3.4. - Zbyt wysoka podporność wstępna obudowy zmechanizowanej
	Tech. 3.5. - Duża szerokość ścieżki przyczołowej
	Tech. 3.6. - Niska podporność robocza obudowy zmechanizowanej
	Tech. 3.7. - Brak aktywnego podparcia skał stropowych na całej długości stropnicy
Przyczyny dodatkowe związane z czynnikiem ludzkim - Dod. 4	Dod. 4.1. - Lekceważenie opadów stropu o niewielkich rozmiarach
	Dod. 4.2. - Opóźnienie zabudowy odstoniętego stropu
	Dod. 4.3. - Nieodpowiednie rozpieranie sekcji

Otrzymane wartości pozwoliły na uzupełnienie wykresu Ishikawy o wagi względne i bezwzględne, co przedstawiono na rysunkach 5a) i b).

W celu przeprowadzenia analizy stratyfikacyjnej ważonego wykresu Ishikawy i wyszczególnienia najbardziej istotnych przyczyn, mających wpływ na wystąpienie obwał w ścianie, zestawiano w tabeli 3 wszystkie podprzyczyny

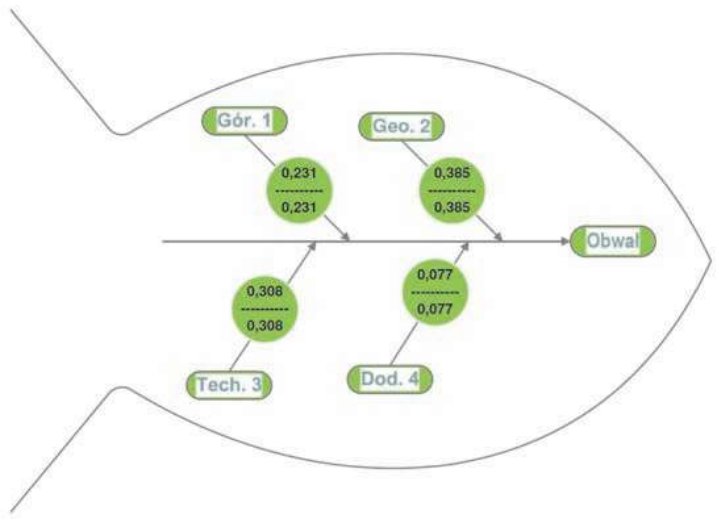
uszeregowane względem posiadanej wagi (od największej do najmniejszej). W tablicy zebrane zostały także wagi skumulowane, które stanowią współrzędne krzywej Lorenza oraz pozwoliły na przeprowadzenie analizy stratyfikacyjnej bazującej na regule Pareto (Gwiazda 2002, 2005). Wskazane zestawienie umożliwiło podzielenie przyczyn na dwie grupy A i B, z których grupa A ma większe znaczenie odnośnie



Rys. 3. Wykres Ishikawy w formie wyjściowej dla analizy powstawania obwałów w ścianie
 Fig. 3. The initial form of Ishikawa diagram for roof fall occurrence cause analysis

Tabela 2. Zasady ustalania wag na przykładzie przyczyn głównych
 Table 2. The principles of first raw causes weight determination

	Przyczyny górnicze	Przyczyny geologiczne	Przyczyny techniczne	Przyczyny dodatkowe związane z czynnikiem ludzkim	Suma (x)	Waga względna (x/y)
Przyczyny górnicze		0,25	0,25	1,00	1,50	0,23
Przyczyny geologiczne	0,75		0,75	1,00	2,50	0,38
Przyczyny techniczne	0,75	0,25		1,00	2,00	0,31
Przyczyny dodatkowe związane z czynnikiem ludzkim	0,25	0,00	0,25		0,50	0,08
	Suma (y)				6,50	



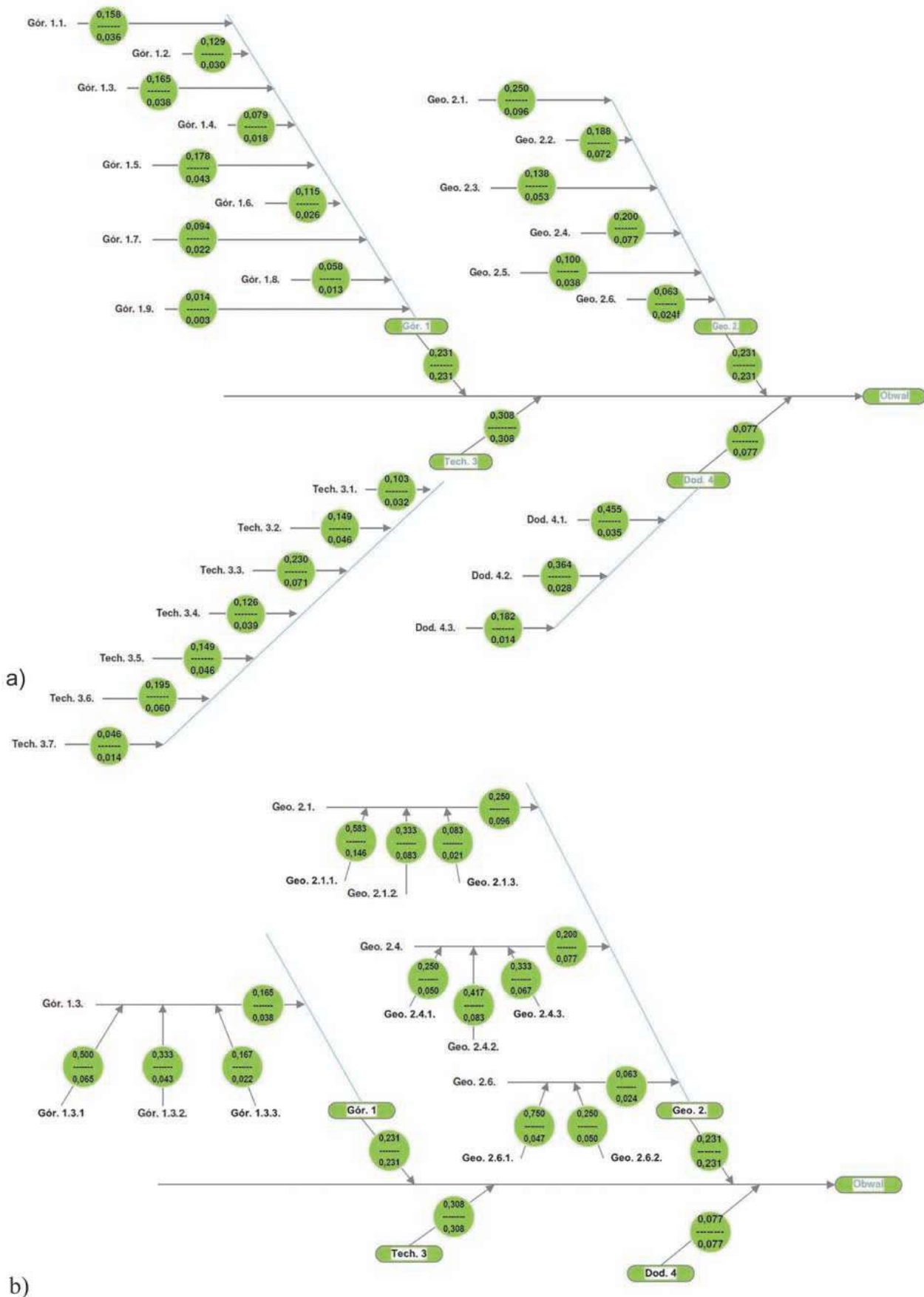
Rys. 4. Wykres Ishikawy z wagami względnymi przyczyn głównych
 Fig. 4. The Ishikawa diagram with first raw causes weight

występowania obwałów w ścianie. Jako wskaźnik podziału posłużyło tzw. „pole odniesienia”, czyli pole prostokąta wyznaczone przez punkt przegięcia krzywej Lorentza. Wartości wyznaczonego pola zawarte zostały w tabeli 3 (kolumna 5). Pole odniesienia swoje maksimum osiągnęło dla dziesiątej podprzyczyny i wynosi ono 9,645, a tym samym stanowi granicę stratyfikacji, wyznaczając podział na dwie grupy, tj.

grupa A – podprzyczyny istotne i grupa B – podprzyczyny mniej istotne (tabela 3, rys. 6).

Analiza stratyfikacyjna w analizowanym przypadku przyjęła postać 38/62, co oznacza, że 38% analizowanych przyczyn ma największy wpływ na występowanie obwałów i należą do nich:

- występowanie uskoków w ścianie,



Rys. 5. Wążony wykres Ishikawy dla: a) przyczyn pierwszego rzędu, b) przyczyn drugiego rzędu

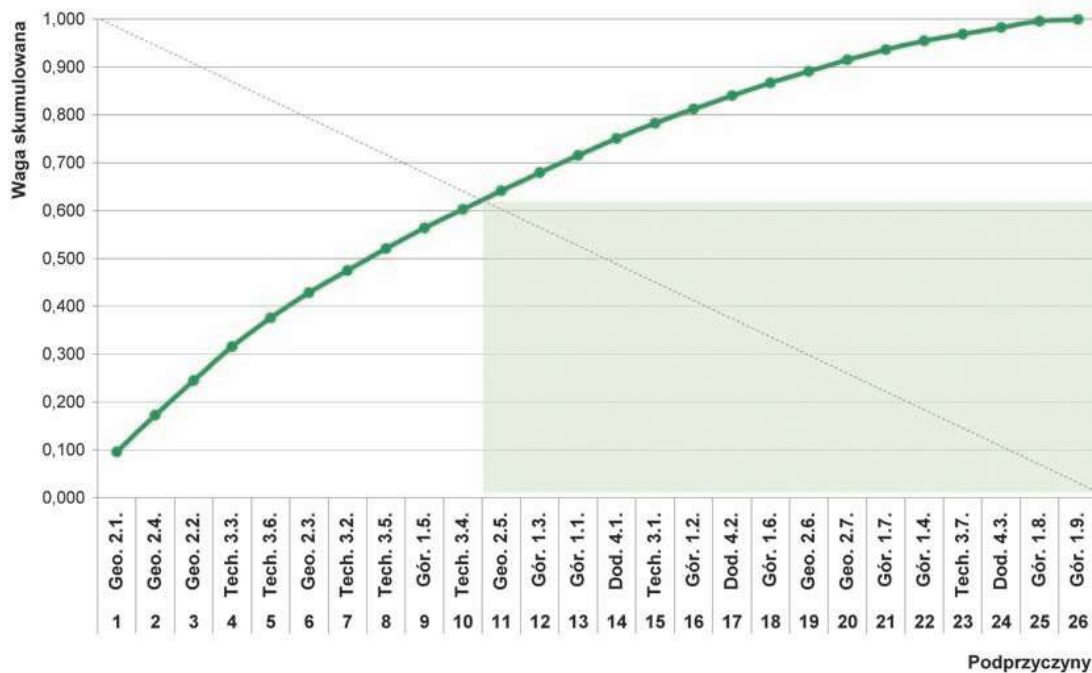
Źródło: opracowanie własne

Fig. 5. Weighted Ishikawa diagram for: a) first raw causes, b) second raw causes

Tabela 3. Wyniki analizy stratyfikacyjnej
Table 3. The results of statistical analysis

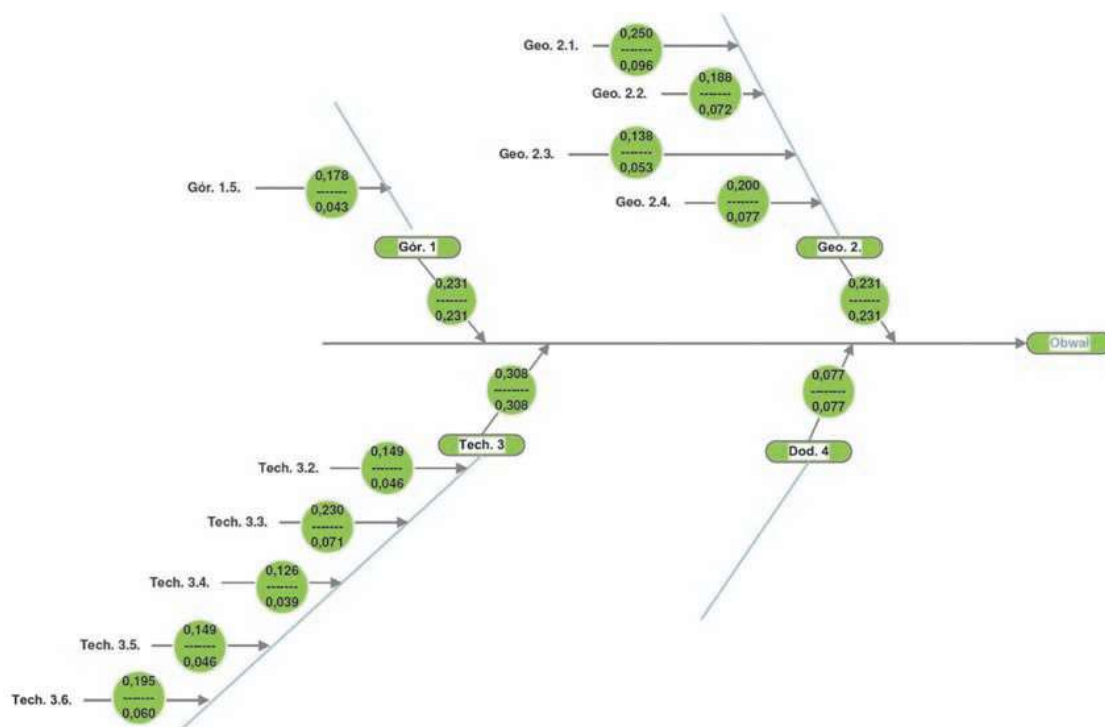
1	2	3	4	5
L.p.	Podprzyczyna	Waga bezwzględna	Waga skumulowana	Pole odniesienia*
1	Geo. 2.1.	0,096	0,250	2,404
2	Geo. 2.4.	0,077	0,173	4,154
3	Geo. 2.2.	0,072	0,245	5,639
4	Tech. 3.3.	0,071	0,316	6,950
5	Tech. 3.6.	0,060	0,376	7,897
6	Geo. 2.3.	0,053	0,429	8,579
7	Tech. 3.2.	0,046	0,475	9,023
8	Tech. 3.5.	0,046	0,521	9,376
9	Gór. 1.5.	0,043	0,564	9,586
10	Tech. 3.4.	0,039	0,603	9,645
11	Geo. 2.5.	0,038	0,641	9,619
12	Gór. 1.3.	0,038	0,679	9,511
13	Gór. 1.1.	0,036	0,716	9,305
14	Dod. 4.1.	0,035	0,751	9,008
15	Tech. 3.1.	0,032	0,783	8,608
16	Gór. 1.2.	0,030	0,812	8,123
17	Dod. 4.2.	0,028	0,840	7,563
18	Gór. 1.6.	0,026	0,867	6,934
19	Geo. 2.6.	0,024	0,891	6,236
20	Geo. 2.7.	0,024	0,915	5,489
21	Gór. 1.7.	0,022	0,936	4,682
22	Gór. 1.4.	0,018	0,955	3,818
23	Tech. 3.7.	0,014	0,969	2,906
24	Dod. 4.3.	0,014	0,983	1,965
25	Gór. 1.8.	0,013	0,996	0,996
26	Gór. 1.9.	0,003	0,999	0,000

*) wielkość pola odniesienia otrzymujemy mnożąc wartość wagi skumulowanej przez wartość $X=(26-x)$, gdzie: 26 to ilość przyczyn, a x to numer kolejnej podprzyczyny w tabeli



Rys. 6. Wykres Lorenza i jego analiza stratyfikacyjna
Fig. 6. Lorenz curve and its statistical interpretation

- rodzaj oraz parametry wytrzymałościowe skał stropowych,
- skłonność ociosu węglowego do odpajania,
- zbyt niska podporność wstępna obudowy zmechanizowanej,
- niska podporność robocza obudowy zmechanizowanej,
- niskie parametry wytrzymałościowe pokładu węgla,
- głębokość zabioru,
- duża szerokość ścieżki przyczołowej,
- występowanie zaszłości eksploatacyjnych,



Rys. 7. Wykres przyczyn powstawania obwał w ścianie zawałowej Ishikawy – wersja ostateczna
Fig. 7. The final form of Ishikawa diagram for roof fall occurrence cause analysis

– zbyt wysoka podporność wstępna obudowy zmechanizowanej.

Wersja ostateczna wykresu Ishikawy uwzględniająca najważniejsze przyczyny powstawania obwał w ścianie przedstawia rys. 7.

4. Podsumowanie

W niniejszym artykule skupiono się na zastosowaniu ważonego wykresu Ishikawy do identyfikacji przyczyn i określenia ich wag dla oceny problemu występowania obwał w ścianach zawałowych. Zastosowane narzędzie analityczne pozwoliło na uporządkowanie informacji, pogrupowanie danych oraz lokalizację przyczyn wpływających na powstawanie obwał.

Rezultaty przeprowadzonej analizy wykazują, że na powstawanie obwał w ścianie wpływ mają głównie czynniki z grupy geologicznej i technicznej. Dużo mniejszy wpływ mają czynniki z grupy górniczej. Wskazane rezultaty odpowiadają znacząco prowadzonym obserwacjom ścian, w których wystąpiły obwały, których dane zebrano w katalogu obwał (2014-2016), utworzonego w ramach pracy statutowej GIG.

Uzyskane wyniki można zastosować w innych metodach zarządzania jakością, pozwalających na określenie działań zapobiegawczych lub minimalizujących kluczowe przyczyny występowania obwał w ścianach zawałowych.

Literatura

- CAPPER R. 1998 - A project-by-project approach to quality. Gower Publishing Limited, Hampshire, p. 196-197.
- DOGGET A.M. 2005 - Root Cause Analysis: A Framework for Tool Selection. Quality Management Journal vol. 12, No. 4, p. 34-45.
- GWIAZDA A. 2002 - Metoda szeregowania informacji z wykorzystaniem zasady Pareto. „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa” nr 11, s. 21-27.
- GWIAZDA A. 2005 - Koncepcja ważonego wykresu Ishikawy. „Problemy Jakości” nr 4, s. 13-17.

HAMROLA., MANTURA W. 2005 - Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

ISHIKAWA K. 1976 - Guide to quality control. Asian Productivity Organization, Tokyo.

ISHIKAWA K. 1985 - What is total quality control? The Japanese way. Prentice Hall, New Jersey.

PRUSEK S. 2016 - Stateczność wyrobisk ścianowych podczas eksploatacji pokładów węgla kamiennego z zawałem skał stropowych. Wyd. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, s. 72-123.

PRUSEK S. I IN. 2013 - Metoda oceny ryzyka wystąpienia obwał w ścianach zawałowych. Klasyfikacja obwał skał stropowych w ścianach prowadzonych z zawałem stropu. Praca badawcza GIG nr 11160133 – 150, Katowice (niepublikowana).

PRUSEK S. I IN. 2014 - Metoda oceny ryzyka wystąpienia obwał w ścianach zawałowych. Metoda oceny ryzyka wystąpienia obwał w ścianach zawałowych. Praca badawcza GIG nr 11160234 - 150, Katowice (niepublikowana).

PRUSEK S., RAJWA S., WRANA A., KRZEMIEŃ A. 2016 - Assessment of roof fall risk in longwall coal mines. International Journal of Mining, Reclamation and Environment. June 2016, s. 1-17.

RAJWA S., WRANA A. 2009 - Metoda wspomagania procesu przygotowania produkcji górniczej. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 5 (177), s. 7-11.

WIŚNIEWSKA M., JASIAK-KUJAWSKA A. 2012 - Analiza przyczyn zakażeń medycznych z wykorzystaniem ważonego diagramu Ishikawy. „Zarządzanie i Finanse” R. 10, nr 3, cz. 1, s. 328-343.

WIŚNIEWSKI M., MALINOWSKA E. 2011 - Zarządzanie jakością żywności. Systemy, Koncepcje, Instrumenty. Wyd. Difin, Warszawa, s. 203.

WODNIAK R., SKOTNICKA B. 2007 - Metody i narzędzia zarządzania jakością. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

Wyższy Urząd Górniczy 2015 - Ocena stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górniczo-geologiczną w 2014 roku. WUG, Katowice.

Wyższy Urząd Górniczy 2016 - Ocena stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górniczo-geologiczną w 2015 roku. WUG, Katowice.

Artykuł wpłynął do redakcji – styczeń - 2018
Artykuł akceptowano do druku 24.01.2018