

# Metoda szacowania skuteczności zastosowanej profilaktyki ograniczającej wpływ czynnika ludzkiego na wypadkowość w kopalniach węgla kamiennego



Fot. Lisa F. Young/BigStockPhoto

Określenie ilościowe udziału poszczególnych rodzajów błędnych działań człowieka stało się podstawą do zaproponowania nowego podejścia w zakresie sposobu szacowania ryzyka. Dla poszczególnych kategorii błędów ludzkich wyznaczono ich częstość, a postępując zgodnie z koncepcją ALARP określono poziomy ryzyka ich zaistnienia. Prócz analizy statystycznej baz danych uzyskanych z Centralnego Ośrodka Informatyki Górnictwa dokonano przeglądu kopalnianych dokumentacji powypadkowych, w tym kilkuset protokołów powypadkowych. Uzyskana wiedza pozwoliła na poznanie genezy wypadków i przedstawienie ich przebiegu w formie scenariuszy rozwoju niebezpiecznych zdarzeń (drzew zdarzeń – ETA). Następnie dla poszczególnych etapów rozwoju zagrożenia dobrano odpowiednie środki profilaktyczne oraz określono stopień redukcji ryzyka przez poszczególne systemy ochronne.

## Method of estimating the effectiveness of preventive measures taken to reduce the human factor in the accident rate in carbon coal mines

Quantitative assessment of selected errors made by humans has become a basis for the proposed new approach to estimating risk. Incidence of human errors was determined for individual categories and levels of risk of their occurrence was determined in accordance with ALARP. In addition to a statistical analysis of the databases from the Centralny Ośrodek Informatyki Górnictwa, post-accident mining documentation, including several hundred post-accidents protocols, was reviewed. Acquired information made it possible to become acquainted with the genesis of accidents and to present their course in the form of scenarios of the development of dangerous events (Event Tree Analysis – ETA). Then, for each stage of the development of danger preventive measures were selected and the degree of reduction in risk via individual preventive systems was determined.

## Wstęp

Z danych Wyższego Urzędu Górniczego wynika, że około 70% wszystkich wypadków zarejestrowanych w kopalniach węgla jest wynikiem popełnionych przez pracowników błędów, zaniedbań obowiązków, postępowania sprzecznego z formalnymi normami bezpieczeństwa oraz świadomie podejmowanego ryzyka. Niewiele natomiast wiadomo o udziale poszczególnych rodzajów błędnych działań w ogólnej liczbie wypadków oraz ich

wpływie na kształtowanie się wypadkowości w kopalniach węgla.

Istnieje wiele definicji błędów człowieka, które zależne są od kontekstu, w jakim rozpatruje się to pojęcie. Ogólnie istnieją dwa konteksty – pierwszy, gdy błędy człowieka analizuje się jako skutek niewłaściwej konstrukcji urządzeń, z którymi on współpracuje, a więc w typowych układach technicznych, drugi zaś utożsamia błędy z przyczynami doprowadzającymi do wypadku. Ten sposób podejścia stał się pod-

stawą analiz. Podział błędów, jakim posłużono się, został zaproponowany przez G.C. Simpsona [1], który zakłada istnienie dwóch grup błędów. Pierwszą stanowią błędy aktywne, w założeniu bezpośrednio odpowiedzialne za wystąpienie niebezpiecznego zdarzenia, a drugą błędy o skutkach odroczonych. Łamanie obowiązujących zasad oraz pomyłki zalicza się do grupy błędów o skutkach natychmiastowych. Naruszenie przepisów to zwykle skutek zignorowania zagrożenia lub przeceny własnych możliwości, z kolei pomyłka to niewłaściwe zrealizowanie intencji, planu lub konkretnego polecenia [2] spowodowane przez nieuwagę, brak koncentracji, zapomnienie (np. chwilowy zanik pamięci). Błędy popełnione w działaniu systemu bezpieczeństwa przedsiębiorstwa oraz w organizacji zadań mają skutki odroczone. Na rys. 1. przedstawiono podział błędów [3].

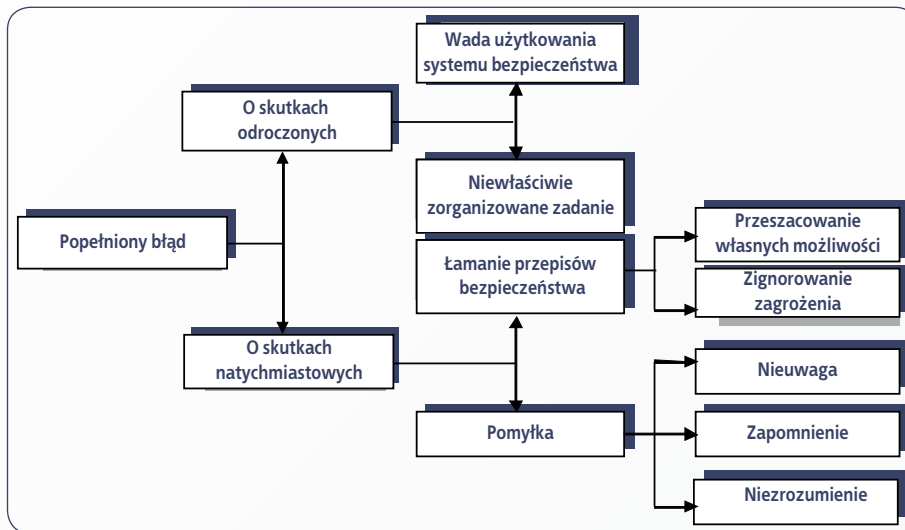
Stał się on podstawą do przeprowadzenia dalszych analiz. Korzystając z niego oraz z katalogu przyczyn wypadków stosowanego w resortowej części statystycznej karty wypadkowej, dokonano podziału na poszczególne rodzaje błędów. Przyczyny potraktowano na równi z błędami, a te z nich, które stanowiły skutek niewłaściwych działań człowieka podzielono na 4 kategorie wraz z przykładami działań błędnych:

### Kategoria A Błędy związane z wadami użytkownika systemu bezpieczeństwa:

- brak lub niedostateczna kontrola warunków bhp
- brak lub niedostateczny nadzór w zakresie bhp
- brak lub niedostateczna informacja o istniejącym zagrożeniu
- niewłaściwy dobór pracowników
- braki w wyszkoleniu zawodowym (kwalifikacyjnym).

### Kategoria B Błędy związane z niewłaściwie zorganizowanym zadaniem:

- ciasnota miejsca
- brak ładu i porządku
- brak należytej współpracy (podczas pracy zespołowej)



Rys. 1. Podział niebezpiecznych błędów ludzkich  
Fig. 1. Classification of dangerous human errors

- nadmierny pośpiech
- brak dostatecznej liczby pracowników.

**Kategoria C**  
**Błędy związane z łamaniem przepisów – zignorowanie zagrożenia:**

- niedokładnie wykonana obudowa
- niewłaściwe użycie narzędzi pracy
- nieużywanie istniejących urządzeń ochronnych i zabezpieczających wejście do miejsc zabronionych.

**Kategoria D**  
**Błędy związane z pomyłkami poszkodowanego:**

- nieuwaga
- niezrozumienie, zapomnienie spowodowane m.in. złym stanem zdrowia.

**Konsekwencje popełnianych błędów w statystyce wypadkowej**

Statystyczne ujęcie problemu pokazuje, że błędy związane z pomyłkami poszkodowanego (kategoria D) stanowią największą grupę uchybień prowadzących do wypadku. Nieuwaga, niezrozumienie czy też zapomnienie odpowiadają za 45% wszystkich wypadków z udziałem czynnika ludzkiego. Niewłaściwa organizacja zadań (kategoria B) z udziałem 30% znalazła się na 2. miejscu wśród błędów powstałych z udziałem czynnika ludzkiego. Błędy wynikające z łamania przepisów bezpieczeństwa (kategoria C) stanowiły około 17% uchybień prowadzących do wypadku. Najmniejsza liczba błędów (8%) była pochodną wad w użytkowaniu systemów bezpieczeństwa.

**Określenie poziomu ryzyka zawodowego według koncepcji ALARP**

W dotychczasowej praktyce do oceny ryzyka wykorzystywano proste metody oparte na PN-N-18002 lub pseudocyfrową metodę *Risc Score*, stosując przy tym jakościowe kryteria szacowania ryzyka opisujące je jako np. małe, średnie, duże lub akceptowalne, nieakceptowalne. Wykorzystanie koncepcji ALARP pozwala na przyjęcie ilościowych kryteriów oceny ryzyka bazujących na wskaźnikach statystycznych. Tę koncepcję po raz pierwszy zastosowano w Wielkiej Brytanii. Jako kryterium dopuszczalności ryzyka przyjęto taką jego wartość, która jest racjonalnie uzasadniona, z ang. *As Low As is Reasonably Practicable* (tak niskie, jak to rozsądne i możliwe z praktycznego punktu widzenia – przyp. red.). Rozwinięciem tej koncepcji w odniesieniu do zagrożeń występujących na stanowiskach pracy w górnictwie jest propozycja kryteriów szacowania stworzona przez Z. Niczyporuka [4] przedstawiona w tabeli 1. Warunki tolerowania ryzyka wyznaczonego przy zastosowaniu wskazanej tam macierzy można określić według PN-N-18002. Zgodnie z nią poziomem oddzielającym obszar ryzyka tolerowalnego od nieakceptowalnego jest linia rozgraniczająca poziom ryzyka średniego i dużego.

Wykorzystanie tej macierzy w analizie kształtowania się częstości wypadków w latach 1996-2007 pozwoliło na wyznaczenie poziomów ryzyka zaistnienia wypadków lekkich, ciężkich i śmiertelnych jako konsekwencji popełnianych przez człowieka błędów.

W przypadku błędów o skutkach natychmiastowych wyznaczone poziomy ryzyka na ogół mieszczą się w kategorii ryzyka bardzo małego i małego. Wyjątek stanowi poziom ryzyka wystąpienia wypadku śmiertelnego spowodowanego „wejściem do miejsc zabronionych”, określane jako „średni”. Poziomy ryzyka zaistnienia wypadków w rezultacie błędów o skutkach odroczonech także mieszczą się w kategoriach ryzyka małego i bardzo małego.

Tabela 1

ILOCIOWE KRYTERIA SZACOWANIA RYZYKA ZAWODOWEGO  
Quantitative criteria of estimating occupational risk

Rodzaj wypadków	Prawdopodobieństwo*	Poziom ryzyka				
		bardzo małe	małe	średnie	duże	bardzo duże
Śmiertelne	< 0,001	X				
„S”	0,001 - 0,01		X			
	0,01 - 0,1			X		
	0,1 - 1				X	
	> 1					X
Ciężkie	< 0,1	X				
	0,1 - 0,5		X			
	0,5 - 1			X		
	1 - 10				X	
Lekkie	> 10					X
	< 1	X				
	1 - 10		X			
	11 - 50			X		
„L”	51 - 100				X	
	> 100					X

\* Liczba wypadków na 1000 zatrudnionych w ciągu roku

**Ilościowa metoda oceny skuteczności zastosowanej profilaktyki w celu osiągnięcia koniecznej redukcji ryzyka**

Mimo że koncepcja ALARP kwalifikuje wyznaczone poziomy ryzyka jako tolerowalne, to jednak zgodnie z PN-N-18002 w celu oszacowania ryzyka na poziomie małym i średnim zaleca się zaplanowanie i podjęcie działań zmierzających do zmniejszenia ryzyka zawodowego lub rozważenie możliwości dalszego obniżania jego poziomu. Bardzo istotna jest możliwość oceny wpływu tych działań na ostateczny poziom ryzyka.

W celu rozwiązania tego problemu zaproponowana została metoda oceny oparta na analizie

warstw zabezpieczeń LOPA (*Layer of Protection Analysis*). Metoda ta jest jedną z wielu technik analiz opracowanych na potrzeby przemysłu procesowego w celu oceny prawidłowości doboru warstw zabezpieczeń w stosunku do skali występujących zagrożeń [7, 8]. W szczególności proponowana metoda czepie podejście do oceny warstw zabezpieczeń z norm europejskich PN-EN 61511 i PN-EN 61508 [10, 11] dotyczących bezpieczeństwa funkcjonalnego. Na podstawie części 5. PN-EN 61508 *Przykłady metod do określenia poziomów nienaruszalności i bezpieczeństwa* został opracowany algorytm połączenia koncepcji ALARP z zestawionymi w tabeli 1. ilościowymi kryteriami oceny ryzyka.

Adaptacja tego podejścia pozwoliła na stworzenie metody oceny skuteczności stosowanej profilaktyki złożonej z 5 etapów.

1. Określenie ryzyka tolerowalnego  $R_t$  na podstawie matrycy ryzyka z tabeli 1.

2. Określenie ryzyka przed wprowadzeniem środków ochronnych i zabezpieczających  $R_{np}$  na podstawie drzewa zdarzeń.

3. Określenie niezbędnej redukcji ryzyka  $r^R$  w celu osiągnięcia ryzyka tolerowalnego według wzoru:

$$r^R = \frac{R_t}{R_{np}} \geq P_{FDavg} \quad (1)$$

$R_{np}$  – ryzyko przed wprowadzeniem rozważanych środków zabezpieczeniowych

$R_t$  – ryzyko tolerowalne

$P_{FDavg}$  – przeciętne prawdopodobieństwo niewypełnienia funkcji bezpieczeństwa przez bariery ochronne złożone ze stosowanej na stanowisku pracy profilaktyki dla określonego rodzaju wypadków (ciężkości następstw).

4. Wyznaczenie  $P_{FDavg}$  dla całego zestawu barier ochronnych.

5. Porównanie wartości  $P_{FDavg}$  z wartością  $r^R$ , które ma odpowiedzieć na pytanie, czy zastosowane środki zabezpieczające są adekwatne do zagrożeń.

W dalszej części artykułu przedstawiony zostanie przykład obliczeniowy wykorzystania przedmiotowej metody wraz z niezbędnymi

wyjaśnieniami dotyczącymi tworzenia drzew zdarzeń, problematyki barier ochronnych i wyznaczania wartości  $P_{FDavg}$ .

Przykład obliczenia wartości  $r^R$  w odniesieniu do scenariusza rozwoju zagrożenia związanego ze „stanem nieprawidłowego zabudowania maszyn i urządzeń” powodującym zdarzenie wypadkowe „spadnięcie lub wywrócenie się elementów obudowy górniczej” przeprowadzono przy założeniu, że:

– prawdopodobieństwo zaistnienia krytycznego zdarzenia „stan nieprawidłowego zabudowania maszyn i urządzeń” z udziałem 1 pracownika podczas 1 zmiany roboczej wynosi 1

– zdarzenie wypadkowe związane ze „stanem nieprawidłowego zabudowania maszyn i urządzeń” powodujące „spadnięcie lub wywrócenie się elementów obudowy górniczej” w okresie ostatnich 10 lat zakończyło się wypadkiem śmiertelnym

– liczba zmian roboczych w ciągu roku wynosi 220.

Zdarzenie krytyczne	Naruszenie stanu równowagi obudowy	Spadnięcie, lub wywrócenie się elementu obudowy	Obecność ludzi w strefie zagrożenia	Element obudowy trafił w człowieka	Znajdujący się w pobliżu zdarzenia pracownik był zmuszony wykonać gwałtowny unik	Pracownik stracił równowagę i upadł	Skutki
	A	B	C	D	E	F	
Stan nieprawidłowego zabudowania maszyn i urządzeń P=1							Zdarzenie wypadkowe związane ze spadnięciem lub wywróceniem się elementów obudowy górniczej $p = 1,8 \cdot 10^{-1}$
							Zdarzenie wypadkowe związane z potknięciem, poślizgnięciem się i upadkiem osób $p = 2,7 \cdot 10^{-2}$
							Wymagany monitoring podjętych działań $p = 2,7 \cdot 10^{-2}$
							Wymagany monitoring podjętych działań $p = 1,3 \cdot 10^{-1}$
							Wymagany monitoring podjętych działań $p = 4,0 \cdot 10^{-2}$
							Wymagany monitoring podjętych działań $p = 4,0 \cdot 10^{-1}$
							Wymagany monitoring podjętych działań $p = 2,0 \cdot 10^{-1}$
<p><b>Przykładowe zdarzenie wypadkowe</b>                  Podczas transportu za pomocąciągarki stojaka sekcji obudowy zmechanizowanej doszło do zsunięcia stojaka z kosza kablowego PZS i uderzenia uszkodzonego w lewą nogę, powodującego uraz. Skutkiem urazu było złamanie podudzia lewej nogi.</p>							

Rys. 2. Drzewo zdarzeń (ETA) w odniesieniu do krytycznego zdarzenia „Stan nieprawidłowego zabudowania maszyn i urządzeń” powodującego zdarzenie wypadkowe „Spadnięcie lub wywrócenie się elementów obudowy górniczej”

Fig. 2. Event Tree Analysis (ETA) for a critical event called “The state of irregular encasement of machines and devices” causing an accident called “A fall or an overturn of mining casing elements”

**Etap 1.** Określenie ryzyka tolerowanego  $R_t$ 

Korzystając z matrycy ryzyka przedstawionej w tabeli 1., opierając się na przedstawionych wyżej założeniach, obliczono ryzyko tolerowane w odniesieniu do wypadku śmiertelnego, wyznaczone dla 1 zmiany roboczej i dla pojedynczego pracownika, które wynosi:

$$R_t = 4,54 \cdot 10^{-7}$$

**Etap 2.** Określenie ryzyka przed wprowadzeniem środków zabezpieczeniowych  $R_{np}$  na podstawie drzewa zdarzeń.

Prawidłowy dobór warstw zabezpieczeń wymaga znajomości przebiegu rozwoju zagrożenia. W tym celu należy ustalić scenariusze na podstawie możliwych konsekwencji powodowanych przez zagrożenia. W rozpatrywanym przypadku są to konsekwencje popełnionych przez człowieka błędów o skutkach odroczonej i natychmiastowych. Do opisu przebiegu rozwoju zagrożeń wykorzystano metodę analityczną drzew zdarzeń ETA (*Event Tree Analysis*). Każde drzewo ETA składa się z początkowego zdarzenia krytycznego (KZ), które inicjuje bieg wtórnych zdarzeń krytycznych (WKZ) oraz zdarzeń wypadkowych (ZW). Wybór KZ i ZW był poprzedzony analizą statystyczną baz danych COIG. Jako zdarzenia krytyczne w drzewie ETA występują takie błędy ludzkie, jak brak uwagi, ciasnota miejsca, brak należytej współpracy przy pracy zespołowej. Rolę zdarzeń wypadkowych pełni branżowa lista wydarzeń powodujących wypadki, zaczerpnięta ze statystycznej karty wypadku.

Przykładowy scenariusz zdarzenia krytycznego „stan nieprawidłowego zabudowania maszyn i urządzeń” przedstawiono na rys. 2.

Ryzyko bez dodatkowych zabezpieczeń wyznaczone na podstawie drzewa zdarzeń (rys. 2.) wynosi:

$$R_{np} = 1,8 \cdot 10^{-1}$$

**Etap 3.** Określenie niezbędnej redukcji ryzyka  $r^R$  w celu osiągnięcia ryzyka tolerowanego według wzoru (1):

$$r^R = 2,5 \cdot 10^{-6}$$

**Etap 4.** Wyznaczenie  $P_{FDavg}$  dla całego zestawu barier ochronnych.

Minimalizacja skutków, jakie pociąga za sobą scenariusz rozwoju niebezpiecznych

zdarzeń, wymaga zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa przez zastosowanie środków prewencji (warstw ochronnych). Zdefiniowane są cztery główne rodzaje podejmowanych działań, które tworzą tzw. warstwy ochronne:

- unikanie
- zapobieganie
- kontrolowanie
- ograniczanie.

Ich realizacja jest możliwa przez włączenie do gałęzi drzewa zdarzeń ETA – w ramach warstw zabezpieczeń – różnych metod profilaktyki i prewencji, nazywanych barierami ochronnymi.

**Poziom ufności bariery ochronnej**

Kryterium ustalania poziomu bezpieczeństwa barier ochronnych jest poziom ufności LC (*Level of Confidence*). Jest to prawdopodobieństwo niezadziałania lub błędnego zadziałania bariery ochronnej. Poziom ufności powinien być szacowany w odniesieniu do całej warstwy ochronnej, składającej się niejednokrotnie z wielu barier. Wartości LC zostały przedstawione w tabeli 2.

W tabeli 3. przedstawiono przykłady warstw ochronnych niematerialnych, które mają na celu niedopuszczenie lub minimalizację skutków krytycznego zdarzenia związanego ze „stanem nieprawidłowego zabudowania maszyn i urządzeń”.

**Etap 5.** Porównanie wartości  $P_{FDavg}$  z wartością  $r^R$ 

Porównanie parametru  $r^R$  z przeciętnym prawdopodobieństwem niewypełnienia funkcji bezpieczeństwa przez warstwy ochronne (tabela 3., str. 28.) wynoszącym  $P_{FDavg} = 2,3 \cdot 10^{-9}$  wskazuje, iż osiągnięty został poziom wymaganego bezpieczeństwa.

**Podsumowanie**

Nieuwaga, niezrozumienie polecenia/zadania czy też nieporozumienie odpowiadają za 45% wszystkich wypadków spowodowanych czynnikiem ludzkim. Na drugim miejscu znalazła się niewłaściwa organizacja zadań z udziałem 30%. Błędy wynikające z łamania

przepisów bezpieczeństwa stanowiły około 17% wszystkich uchybień prowadzących do wypadku z „przyczyn ludzkich”. Najmniejsza liczba błędów, tj. 8% była pochodną wad w istniejących systemach bezpieczeństwa.

Zaprezentowana ilościowa metoda oceny ryzyka jest uzupełnieniem stosowanych w praktyce górniczej metod jakościowych według PN-N-18002 oraz ilościowych, głównie wg metody *Risk Score*. Może ona stanowić zarówno autonomiczną metodę oceny ryzyka, jak również służyć wyłącznie do określenia skuteczności środków stosowanych do jego redukcji.

Zastosowanie ilościowych kryteriów szacowania ryzyka według koncepcji ALARP, w połączeniu z ilościowym wskaźnikiem określającym stopień redukcji poziomu ryzyka przez różne systemy profilaktyki i prewencji, umożliwia przeprowadzenie kompleksowej oceny wpływu czynnika ludzkiego zarówno na liczbę generowanych błędów prowadzących do wypadku, jak i skuteczność działań ją ograniczających.

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że poziomy ryzyka zaistnienia wypadku lekkiego, ciężkiego i śmiertelnego, jako konsekwencje popełnionych przez człowieka błędów, na ogół mieszczą się w kategorii ryzyka bardzo małego i małego. Wyjątek stanowi poziom ryzyka wystąpienia wypadku śmiertelnego na skutek „wejścia do miejsc zabronionych”, który został oszacowany na poziomie średnim.

Proponowana ilościowa metoda oceny ryzyka oraz szacowania skuteczności profilaktyki może zostać wykorzystana do analizy ryzyka na stanowiskach pracy, a w szczególności na etapie projektowania, wyposażania i przekazywania nowych miejsc i stanowisk pracy, ponieważ zgodnie z wymaganiami:

– art. 78 ustawy – Prawo geologiczne i górnicze (DzU z 2005 r. nr 228, poz. 1947, z późn. zm.), szczegółowe zasady oceniania i dokumentowania ryzyka zawodowego oraz stosowania niezbędnych środków profilaktycznych zmniejszających to ryzyko powinny być ujęte w dokumencie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników zatrudnianych w ruchu zakładów górniczych

– rozporządzenia ministra gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (DzU nr 139, poz. 1169 oraz z 2006 r. nr 124, poz. 863) dokument bezpieczeństwa powinien zawierać opis postępowania związanego z bezpiecznym prowadzeniem ruchu zakładu górniczego, w zakresie bieżącego przeprowadzania analiz i badań niezbędnych do bezpiecznego prowadzenia ruchu zakładu górniczego, projektowania, wykonywania, wyposażenia i przekazywania do użytkowa-

Tabela 2

ZALECANE POZIOMY UFNOCI LC ODNOSZĄCE SIĘ DO POJEDYNCZYCH BARIER BEZPIECZEŃSTWA WYNIKAJĄCYCH Z ZASTOSOWANYCH METOD PROFILAKTYKI I PREWENCJI (NA PODSTAWIE NORM SERII EN 61 508)

*Recommended levels of confidence LC for individual safety barriers resulting from the use of preventive methods (based on the EN 61 508 series)*

Poziom ufności	Współczynnik redukcji ryzyka	Prawdopodobieństwo niezadziałania lub błędnego zadziałania
4.	10 000-100 000	$\geq 10^{-5}$ do $< 10^{-4}$
3.	1 000-10 000	$\geq 10^{-4}$ do $< 10^{-3}$
2.	100-1000	$\geq 10^{-3}$ do $< 10^{-2}$
1.	10-100	$\geq 10^{-2}$ do $< 10^{-1}$

Tabela 3

WYKAZ BARIER OCHRONNYCH DLA SCENARIUSZA ROZWOJU NIEBEZPIECZNEGO ZDARZENIA „STAN NIEPRAWIDŁOWEGO ZABUDOWANIA MASZYN I URZĄDZEŃ” POWODUJĄCEGO ZDARZENIE WYPADKOWE „SPADNIĘCIE LUB WYWRÓCENIE SIĘ ELEMENTÓW OBUDOWY GÓRNICZEJ”

*A list of safety barriers for the scenario of a dangerous event called “The state of irregular encasement of machines and devices” causing an accident called “A fall or an overturn of mining casing elements”*

Etapy rozwoju scenariusza	Rodzaj niematerialnej warstwy ochronnej	Wykonane funkcje bezpieczeństwa	Poziom ufności LC dla bariery	Krotność redukcji ryzyka przez wszystkie bariery	Prawdopodobieństwo niewypełnienia funkcji bezpieczeństwa przez warstwę (PFD)
Naruszenie stanu równowagi obudowy	zapobieganie	– kontrola stanu obudowy oraz maszyn i urządzeń zgodnie z wymaganiami przepisów oraz DTR	2	100	6,25·10 <sup>-3</sup>
	normalne działanie	– zachowanie bezpiecznej odległości pomiędzy obudową wyrobiska a środkiem transportu oraz transportowanym ładunkiem, zgodnie z obowiązującymi przepisami – wykorzystanie obudowy zasadniczej wyrobisk do podwieszania, zawieszania i podnoszenia maszyn i urządzeń tak, aby nie spowodować zniszczenia lub uszkodzenia obudowy – obsługa maszyn i urządzeń, zgodnie z instrukcją stanowiskową, przez upoważnionych pracowników – użytkowanie maszyn i urządzeń w sposób uniemożliwiający powstawanie zagrożeń podczas eksploatacji – zabudowa maszyn i urządzeń zgodnie z DTR	2	50	
	interwencja	– bieżąca likwidacja stwierdzonych nieprawidłowości w stanie obudowy oraz maszyn i urządzeń	1	10	
Spadnięcie lub wyrzucenie się elementu obudowy	zapobieganie	– odpowiednie wzmocnienie lub zabezpieczenie obudowy w miejscu zawieszenia lub podnoszenia maszyn i urządzeń	2	100	6,25·10 <sup>-3</sup>
	normalne działanie	– prawidłowy załadunek i zabezpieczenie transportowanej obudowy (w odpowiednich zestawach transportowych) – transport obudowy kolejkami sprawnymi technicznie – użytkowanie maszyn i urządzeń oraz ich konserwacja prowadzona zgodnie z DTR – sprawdzenie stanu obudowy przed przystąpieniem do rabowania – zabudowa obudowy zgodnie z projektem technicznym, technologią	2	50	
	interwencja	– przebudowa wyrobisk (wymiana obudowy lub dodatkowe wzmocnienie)	1	10	
Obecność ludzi w strefie zagrożenia	zapobieganie	– zabezpieczenie dróg dojścia za pomocą zapór i tablic zakazujących przejścia ludzi, rozwieszonych w poprzek dróg dojścia na czas prowadzenia transportu	2	100	5,88·10 <sup>-3</sup>
	normalne działanie	– egzekwowanie zakazu przebywania osób na trasie transportu – rozmieszczenie sygnalizacji alarmowej i ostrzegającej wzdłuż trasy transportu – kontrola stanu oświetlenia, napędów, trasy kolejki, sygnalizacji porozumiewawczo-łączyńowej przed przystąpieniem do transportu – zachowanie gabarytów ruchowych wymaganych przepisami dla robót związanych z transportem obudowy – rozładunek i załadunek obudowy tylko w miejscach do tego przeznaczonych – rabowanie obudowy prowadzone wyłącznie przez górników rabunkarzy zgodnie z opracowaną instrukcją	2	60	
	interwencja	– odsunięcie osób postronnych od strefy zagrożenia w trakcie podwieszania, zawieszania lub podnoszenia maszyn i urządzeń	1	10	
Element obudowy trafił w człowieka	zapobieganie	– stosowanie środków ochrony indywidualnej	2	100	1,00·10 <sup>-2</sup>

W odniesieniu do całego zestawu warstw wynosi  $P_{FD\text{og}} = 2,3 \cdot 10^{-9}$

nia nowych miejsc i stanowisk pracy, a także zmiany, rozbudowy i przebudowy miejsc i stanowisk pracy, powodujących zmianę warunków pracy.

PIŚMIENNICTWO

[1] G.C. Simpson *Applying ergonomics in the mining work place*. Mine Safe 1993, materiały konferencyjne, Sydney 1993  
 [2] Z. T. Niczyporuk, A. Gembalska-Kwiecień *Czynnik ludzki w zapobieganiu wypadkom przy pracy*. Materiały Konferencyjne III Międzynarodowej Konferencji „Bezpieczeństwo i higiena pracy w górnictwie w krajach Europy Środkowo-Wschodniej”, Sosnowiec 2001

[3] R. Studenski *Organizacja bezpiecznej pracy w przedsiębiorstwie*. Gliwice. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 1996  
 [4] Z. T. Niczyporuk *Granice ryzyka*. Konferencja Naukowo-Techniczna „Zarządzanie bezpieczeństwem pracy w państwie i przedsiębiorstwie”  
 [5] A. Trojnar, B. Niemieć *Metoda analizy zmian trendów wypadkowości jako miara oceny skuteczności systemu zarządzania bezpieczeństwem*. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 8/2007  
 [6] B. Niemieć *Zasady ograniczenia prawdopodobieństwa błędów ludzkiego dla wybranych czynności*. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 10/2004  
 [7] Lines of Defence/Layers of Protection Analysis in the COMAH Context. Prepared by Amey Vectra Limited for the Health and Safety Executive

[8] A. S. Markowski, M. Borysiewicz *Zastosowanie analizy warstw zabezpieczeń (LOPA) do oceny ryzyka dla rurociągów*. Szkoła tematyczna MANHAZ, 26-30.09.2005  
 [9] K. T. Kosmowski *Koncepcja bezpieczeństwa funkcjonalnego w przemyśle*. Konferencja Naukowo-Techniczna „Zarządzanie bezpieczeństwem funkcjonalnym”, Jurata 2004  
 [10] PN-EN 61511-1:2005: *Bezpieczeństwo funkcjonalne. Przyrządowe systemy bezpieczeństwa do sektora procesów przemysłowych*. Część 1: Schemat, definicje, wymagania dotyczące systemu, sprzętu i oprogramowania (oryg.)  
 [11] PN-EN 61508:2003: *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/ programowalnych systemów związanych z bezpieczeństwem*