



Analiza zależności wybranych parametrów tąpnięć zaistniałych w kopalniach węgla kamiennego

The analysis of the dependence between selected rock burst parameters in hard coal mines

Dr inż. Renata Patyńska*)

Treść: W celu oceny parametrów przyczyn i skutków charakteryzujących tąpnięcia zaistniałe w kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, wyselekcjonowano najbardziej istotne i mierzalne ich wartości, takie jak: głębokość eksploatacji, grubość warstwy tąpnięcej oraz odległość pomiędzy ogniskiem a skutkiem wstrząsu. Parametry te reprezentują „mieralne cechy” górotworu, w którym odnotowano 130 przypadki tąpnięć. Analiza korelacji wykazała, że dwa podstawowe geologiczne parametry złoża, tj. głębokość pokładu, w którym zaistniało tąpnięcie oraz grubość warstwy tąpnięcej, posiadają statystycznie istotne znaczenie w ocenie ich wzajemnego udziału i wzrostu zagrożenia tapaniami.

Abstract: For the assessment of the parameters characterizing the causes and effects of the rock burst occurred in the hard coal mines in the Upper Silesian Coal Basin were selected the most significant and measurable parameters values, such as the depth of exploitation, thickness of tremor-prone rock layers and the distance between the tremor source and the tremor effects. These parameters represent the “measurable qualities” of rock mass, which reported 130 cases of rock bursts. Analysis of correlation showed that two main geological parameters of the hard coal deposit: depth of coal seam, where occurred rock burst and thickness of the tremor-prone rock layer, are statistically significant in the evaluation of their mutual participation and increased risk of rock burst.

Słowa kluczowe:

górnictwo węgla kamiennego, parametryzacja tąpnięć

Key words:

hard coal mining, parameters of rock burts

1. Wprowadzenie

Przepisy do Prawa Geologicznego i Górniczego stanowią, że pokłady zaliczone do I, II bądź III stopnia zagrożenia tapaniami zalegają „w górotworze i skałach skłonnych do tapania”. W pracy (Konopko 2006) podano ilościowe kryteria kwalifikowania skłonności górotworu do tapania w oparciu o równoważnik wytrzymałościowy stropu piaskowcowego, aktywność sejsmiczną lub też w oparciu o charakterystykę wytrzymałościowo-deformacyjną układu strop-pokład-spąg. Zasadniczo, w warunkach niezaburzonego tektonicznie pokładu i górotworu o zagrożeniu tapaniami stanowią: stan naprężenia, właściwości mechaniczne pokładu i skał go otaczających oraz sejsmiczność generowana robotami górniczymi. Ta ostatnia jest rezultatem zachodzącej destrukcji podbieranych warstw skalnych o wysokich parametrach wytrzymałościowych, a w szczególności tak zwanych warstw wstrząsogennych. Zasadniczo stanowią je grube, monolityczne warstwy piaskowców i/lub iłowców, o odpowiednio wysokiej wytrzymałości i grubości. Zagrożenie tapaniami zwiększa się wraz z głębokością prowadzenia robót i wynikającym stąd zwiększonym stanem naprężenia w górotworze i gradientu jego zmian. Przy ogólnym wysokim naprężeniu tąpnięcia występują przy relatywnie niskich energiach wstrząsów górotworu (Konopko 1987, 1994, Patyńska 2010, 2011).

Tapania należą ciągle do najbardziej niebezpiecznych zagrożeń naturalnych w górnictwie (Konopko, Patyńska

2008, Manowska 2015, 2016, Patyńska 2008, 2013). W celu określenia warunków geologicznych charakteryzujących rejony tąpnięć zaistniałych w okresie 20 lat w kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, wyselekcjonowano najbardziej istotne i mierzalne parametry opisujące miejsca górotworu, w którym zlokalizowano 130 przypadki tąpnięć. W tab. 1 zestawiono trzy podstawowe parametry określane mianem przyczyn i skutków tąpnięć, dla których możliwe było dopasowanie rozkładu liczności tychże zjawisk.

Dokonując analizy powyższych danych, ze względu na elementy odstające, jako wartości oczekiwane wyznaczono średnie arytmetyczne:

- 755 m - głębokość eksploatowanego pokładu,
- 21 m - grubość warstwy tąpnięcej,
- 87,5 m - minimalna odległość ognisko – skutek.

Każda z liczb wytypowanych parametrów jednoznacznie odnosi się, lub wynika z warunków charakterystycznych dla górotworu zaliczonego do zagrożonego tapaniami. Założono hipotezę zerową, że pomiędzy wytypowanymi parametrami nie ma związku, wobec hipotezy alternatywnej, która jest zaprzeczeniem hipotezy zerowej. Oznacza to, że wartość wzajemnych korelacji jest wysoka i jest określana często mianem koincydencji.

Celem przedmiotowych badań będzie ocena wzajemnych relacji/korelacji pomiędzy parametrami tąpnięć. Nadzrędnym celem jest wskazanie wartości (lub przedziału) krytycznych ww. parametrów i ich udziału/wpływu na rzeczywisty stan zagrożenia tapaniami.

*) Główny Instytut Górnictwa, Katowice

Tabela 1. Zestawienie parametrów tąpnięć zaistniałych w GZW w latach 1989-2009**Table 1. The list of rock bursts parameters occurred in the the Upper Silesian Coal Basin in the years 1989-2009**

L.p.	Głębokość pokładu / eksploatacji, m	Grubość warstwy tapiącej, m	Minimalna odległość ognisko – skutek, m	L.p.	Głębokość pokładu / eksploatacji, m	Grubość warstwy tapiącej, m	Minimalna odległość ognisko – skutek, m
1	900	18	50	66	410	30,65	75
2	930	26	30	67	790	15,7	80
3	630	11	60	68	680	11,9	38
4	840	24	20	69	675	17	55
5	550	24	45	70	705	17	18
6	600	12	70	71	800	24,8	20
7	966	35	5	72	840	12,5	70
8	970	12,9	30	73	815	25,3	36
9	730	29,8	30	74	400	12,1	46
10	910	19,6	75	75	400	12,1	90
11	1050	14	75	76	620	20,5	65
12	970	29,8	60	77	765	24,8	30
13	1050	14	200	78	710	32	30
14	890	19,1	325	79	690	25,7	140
15	690	9	40	80	480	10,9	60
16	745	8,3	160	81	750	24,8	64
17	770	17,7	30	82	800	23	5
18	770	17,7	90	83	540	38,3	90
19	711	20,5	150	84	730	17,04	290
20	620	15	10	85	735	19,1	50
21	760	11,5	20	86	790	23	15
22	750	15	250	87	730	17,4	10
23	760	15	250	88	835	21,65	10
24	700	6	-	89	830	25,3	75
25	910	43,2	150	90	620	15,9	20
26	760	14	100	91	710	32	30
27	1150	8,1	880	92	670	15,9	110
28	930	70	50	93	800	33,2	40
29	660	15	5	94	890	8,8	120
30	930	22	40	95	650	26,5	100
31	820	20,1	50	96	660	17	70
32	930	70	1	97	730	25,3	30
33	690	15	1	98	820	25,3	10
34	720	17	130	99	820	12,15	30
35	900	16,8	60	100	590	4	1
36	640	15	60	101	780	17	160
37	670	17	70	102	950	11,8	60
38	650	17,5	46	103	630	25,7	40
39	675	17	80	104	630	25,7	40
40	700	30	20	105	860	47	200
41	640	15	50	106	810	25	320
42	750	22,4	4	107	850	17	100
43	720	18,9	50	108	820	12	20
44	900	16,8	200	109	680	17,4	80
45	770	15	32	110	820	12	15
46	690	10,3	460	111	650	25,3	30
47	780	24,8	85	112	650	85,5	14
48	780	24,8	23	113	570	15,5	90
49	660	20,1	16	114	950	12,2	40
50	750	11,9	65	115	780	35,3	40
51	670	20,5	68	116	820	40,2	180
52	715	17	25	117	1120	20,5	40
53	560	17,6	220	118	800	11,8	50
54	670	17	320	119	540	12,2	100
55	715	17	16	120	820	11,8	175
56	830	16,8	165	121	680	15	60
57	815	25,3	400	122	665	23	150
58	840	19,6	190	123	820	18,6	50
59	840	19,6	58	124	670	47,5	70
60	800	24,8	95	125	950	12,5	30
61	460	28,35	20	126	610	15,9	110
62	750	24,8	44	127	860	12	30
63	790	15,7	50	128	860	12	50
64	790	15,7	22	129	810	19,6	1
65	675	17	20	130	780	35,3	400

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o Raport roczny.

Tabela 2. Głębokość tąpnięć
Table 2. Depth of rock bursts

Głębokość H, m	400-500 (480)	501-550	551-600	601-650	651-700	701-750	751-800	801-850	851-900	951-1000	>1000
Liczba tąpnięć	5	2	5	11	25	23	24	23	10	13	4

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o Raport roczny.

Analizę wykonano matematycznym narzędziem, programem Statistica.

Przedziały grubości pokładów lub ich warstw, w których wystąpiły tąpnięcia (Patyńska 1990-2010) w zasadzie nie odbiegają od udziału robót górniczych prowadzonych w tych warunkach. Na podkreślenie zasługuje fakt, że aż 91,7% wszystkich tąpnięć zanotowano na głębokości większej od 600 m. Niemniej, przy niekorzystnym wpływie czynników geologiczno-górniczych, tąpnięcia notowano również na głębokości 400-500 m (tab. 2).

2. Korelacja i rozrzut parametrów tąpnięć

Obliczono współczynnik korelacji wyselekcjonowanych trzech parametrów charakteryzujących miejsca zaliczone do zagrożonych tąpnięciami.

W 129 analizowanych przypadkach tąpnięć oraz ich cech, takich jak: głębokość eksploatacji, grubość warstwy tąpniącej oraz odległość pomiędzy ogniskiem a skutkiem wstrząsu powodującym tąpnięcie, obliczono współczynnik korelacji

Pearsona. W tab. 3 zestawiono wyniki obliczeń. Korelacja dla wszystkich wyznaczonych kombinacji jest słaba. Na uwagę zasługuje fakt, że wszystkie wytypowane parametry wskazują na bardzo istotny udział tychże parametrów, na zaistnienie niebezpiecznych warunków mogących powodować zagrożenie zjawiskiem tąpnięcia. Wszystkie wytypowane cechy górotworu należą do innej grupy przyczyn składających się na zagrożenie.

Poniżej przedstawiono graficznie rozkłady wszystkich trzech parametrów, z których wynika, że rozkłady dają obrazy „chmur” punktów.

Wykorzystując możliwość obliczenia współczynnika korelacji (nieliniowej) rangowej Spearmana, obliczamy także współzmiennosć ww. parametrów tąpnięć. Wartości współczynnika korelacji rangowej r_s , wynoszą kolejno: 0,532, 0,027 oraz -0,100 (tab. 4).

Wartość krytyczna współczynników korelacji rangowej dla poziomu istotności 0,05 oraz liczby 130 parametrów wynosi kolejno:

- dla $r_s = 0,532 < Z = 0,602288$
- dla $r_s = 0,027 < Z = 0,306601$
- dla $r_s = -0,100 < Z = -1,14046$

Tabela 3. Korelacje liniowe parametrów tąpnięć
Table 3. Correlations of linear rock bursts parameters

Korelacje (dopasowanie rozkładu 3 parametrów) Oznaczone współczynniki korelacji są istotne z $p < ,05000$ N=129 (Braki danych usuwano przypadkami)					
	Średnia	Odchylenie standardowe	Głębokość pokładu/ eksploatacji, m	Grubość warstwy tąpniącej, m	Minimalna odległość ognisko – skutek, m
Głębokość pokładu/ eksploatacji, m	754,82	133,13	1,000000	0,065284	0,200346
Grubość warstwy tąpniącej, m	21,04	11,54	0,065284	1,000000	-0,094304
Minimalna odległość ognisko – skutek, m	87,47	111,73	0,200346	-0,094304	1,000000

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 4. Korelacja porządku rang Spearmana parametrów tąpnięć
Table 4. Correlation of Spearman's rank of rock bursts parameters

Korelacja porządku rang Spearmana (dopasowanie rozkładu 3 parametry.sta) BD usuwane parami Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$			
Parametry tąpnięć	Głębokość pokładu/ eksploatacji, m	Grubość warstwy tąpniącej, m	Minimalna odległość ognisko – skutek, m
Głębokość pokładu/ eksploatacji, m	1,000000	0,053160	0,027090
Grubość warstwy tąpniącej, m	0,053160	1,000000	-0,100295
Minimalna odległość ognisko – skutek, m	0,027090	-0,100295	1,000000

Źródło: Opracowanie własne

Z obliczeń wynika, że moduły obliczonej wartości współczynnika r_s są mniejsze od wartości krytycznych, przy czym największą siłą korelacji uzyskano z zależności głębokości pokładu tąpniącego od grubości warstwy tąpniącej.

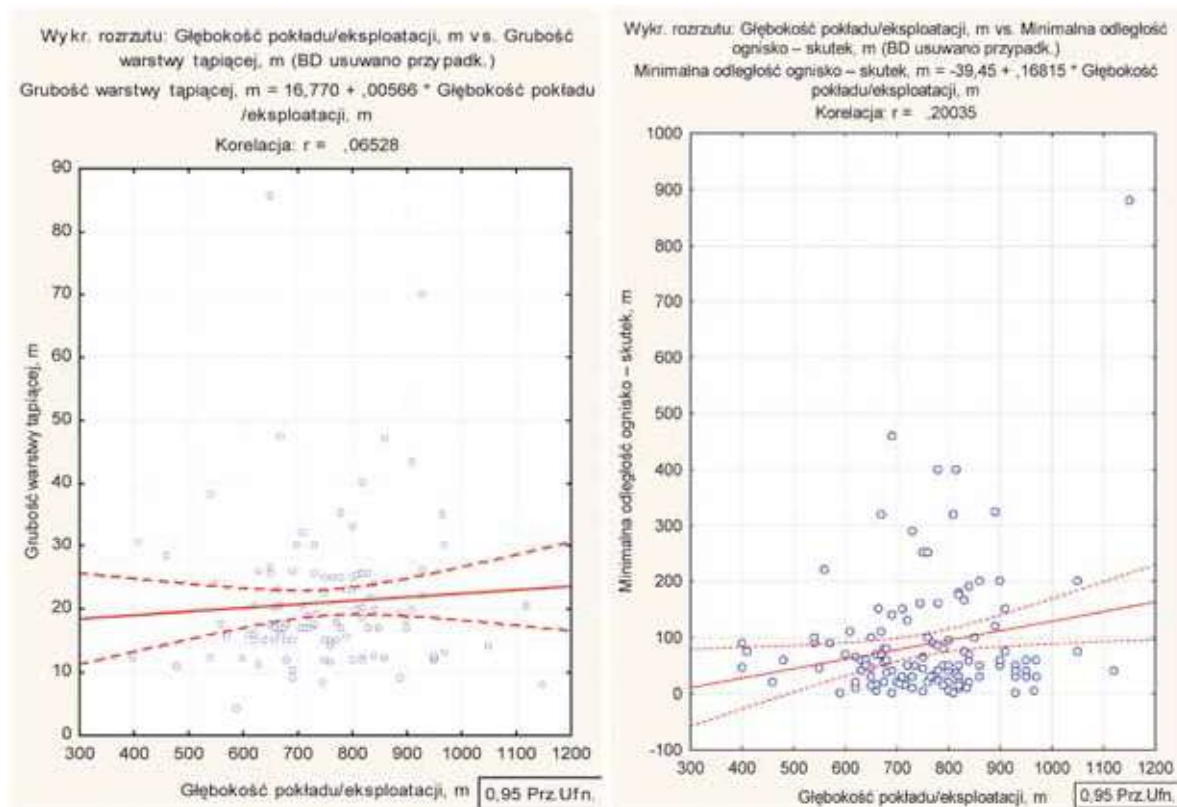
Wykresy rozrzutu (rys. 1) poszczególnych par parametrów przy założeniu, że zmienną niezależną jest głębokość, natomiast zmiennymi zależnymi są grubość warstwy tąpniącej oraz minimalna odległość ogniska wstrząsu, który spowodował tąpnięcie, pokazują zakres zależnych parametrów z 95 procentowym przedziałem ufności względem linii regresji.

W kolejnym kroku analiz, sporządzono wykres rozrzutu wszystkich trzech parametrów (rys. 2), z którego wyraźnie

widać, że przedział średniej głębokości (ok. 755 m) dotyczył największej liczby tąpnięć, a tym samym średnich wartości pozostałych parametrów grubości (21 m) i odległości ognisko-skutek (87 m).

3. Normalność i regresja wytypowanych parametrów tąpnięć

Ze względu na niską wartość obliczonych współczynników korelacji należy zbadać normalność analizowanych parametrów Grotowu. Poniższy wykres (rys. 3) dotyczy

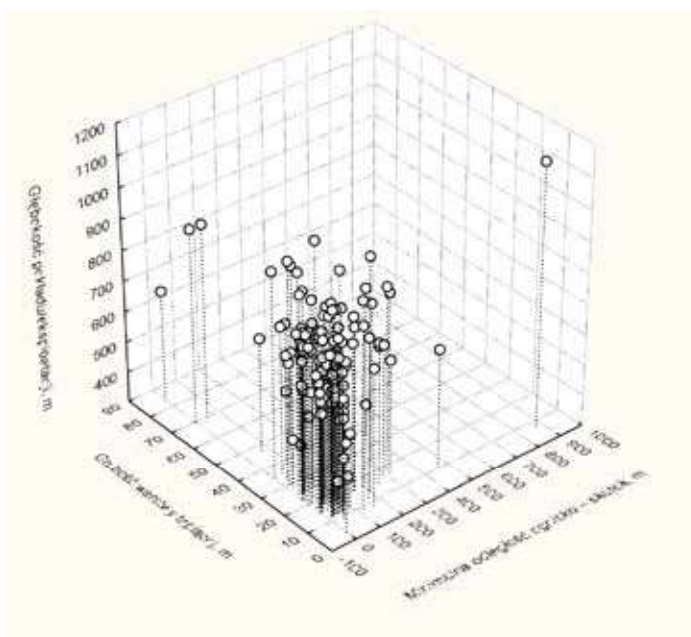


Rys. 1. Wykresy rozrzutu parametrów tąpnięć

Fig. 1. The graphs of dispersion rock bursts parameters

Źródło: Opracowanie własne

Source: own study



Rys. 2. Rozrzut trzech parametrów tąpnięć

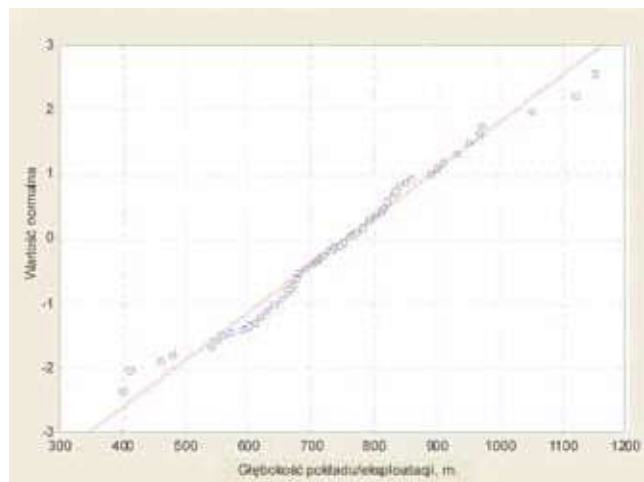
Fig. 2. The dispersion of three rock bursts parameters

Źródło: Opracowanie własne

Źródło: Opracowanie własne

normalności analizowanego parametru głębokości pokładu w którym zaistniały tąpnięcia.

Tylko niewiele danych w zakresie głębokości poniżej 500 m oraz powyżej 1000 m odbiega od pozostałych danych.



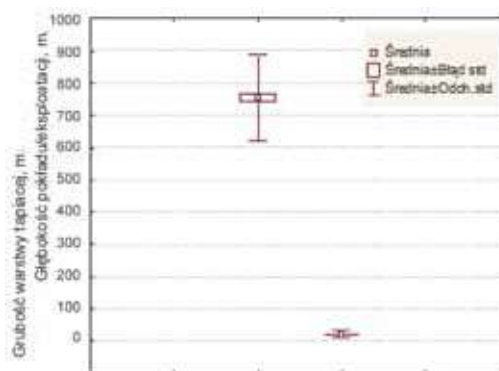
Rys. 3. Wykres normalności parametru głębokości pokładu, na której zaistniały tąpnięcia

Fig. 3. Graph of normality of the depth of coal seam where the rock bursts were occurred

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Z tab. 5 wynika, że głębokość oraz grubość warstwy tąpnięcej są istotne statystycznie względem siebie.

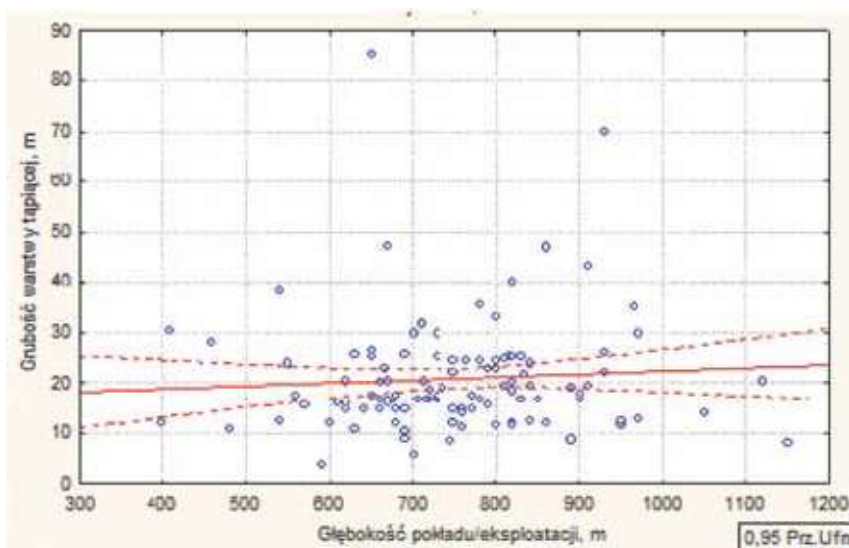
Na rys. 4 pokazano wykres ramkowy zależności głębokości pokładu i grubości warstwy tąpnięcej.



Rys. 4. Wykres ramkowy - wąsy dla głębokości pokładów tąpnięcych i grubości warstw tąpnięcych

Fig. 4. Graph frame - mustache for the depth of the tremor-prone coal seam and the thickness of the tremor-prone rock layer

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study



Rys. 5. Rozrzut pokładu/eksploatacji, m (korelacja, 06895) względem grubości warstwy tąpnięcej, $m=16,391+0,00601$

Fig. 5. The dependence of the depth of coal seam, m (correlation ,06895) and the tremor-prone rock layer, $m+16,391+0,00601$

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Tabela 5. Test zależności głębokości pokładu i grubości warstwy tąpnięcej

Table 5. Depending test between the depth of coal seam nad the thickness of the tremor-prone rock layer

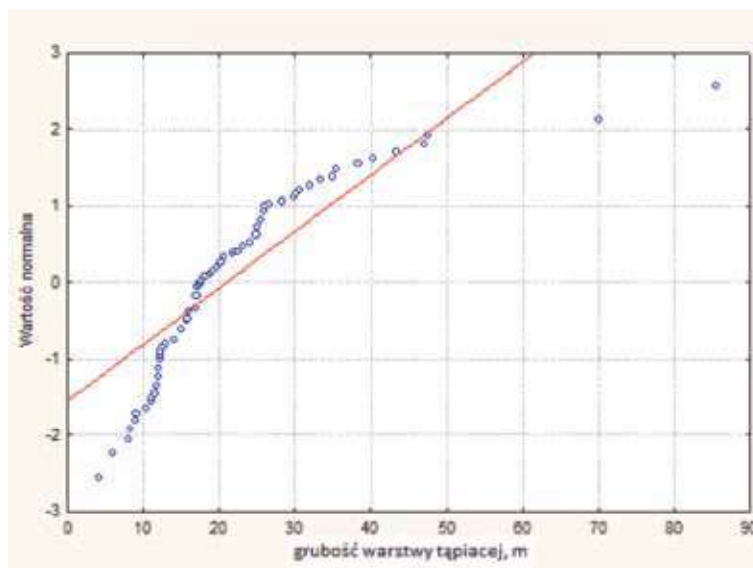
Test T dla prób zależnych (dopasowanie rozkładu 3 parametry.sta) Zaznaczone różnice są istotne z $p < ,05000$								
	Średnia	Odchylenie standardowe	Ważnych	Różnica	Odchylenia standardowe - Różnica	Test t	df	p
Głębokość pokładu/ eksploatacj. m	754,4000	132,6967						
Grubość warstwy tąpnięcej. m	20,9249	11,5679	130	733,4751	132,4030	63,16248	129	0,00

Źródło: Opracowanie własne

Można z wykresu porównać zakres wartości pomiędzy analizowanymi grupami przypadków. Wyraźnie widać, że zmienna „głębokość pokładu” ma dużą wartość odstepu międzykwartylowego. Zatem cecha ta charakteryzuje się większą zmiennością i trudno jest określić przedział głębokości, na której dochodzi do tąpnięcia.

Na rys. 5 przedstawiono zależność liniową głębokości pokładów tąpniących i grubości warstw tąpniących, z którego wynika, że współczynnik korelacji tychże parametrów wynosi 0,07. Liniowa korelacja jest nikła, bardzo słaba.

Wykresy normalności rys. 3 i 6, wskazują, że rozkłady w pewnym przedziale wartości posiadają istotną zależność. Grubość warstwy tąpniącej zbliżona do wartości około 20 m i 45 m jest istotnym przedziałem grubości warstw tąpniących. Normalność na rys. 4 wskazuje na istotny przedział głębokości tąpniących od 600 m do 950 m. Dlatego ograniczając parametry do przedziału głębokości 600-900 m, uzyskujemy nowe dopasowanie dla parametrów z tab. 6.



Rys. 6. Normalność grubości warstwy tąpniącej

Fig.6. The normality of thickness of tremor-prone layer

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Tabela 6. Wyselekcjonowane parametry tąpniących w GZW w latach 1989-2009

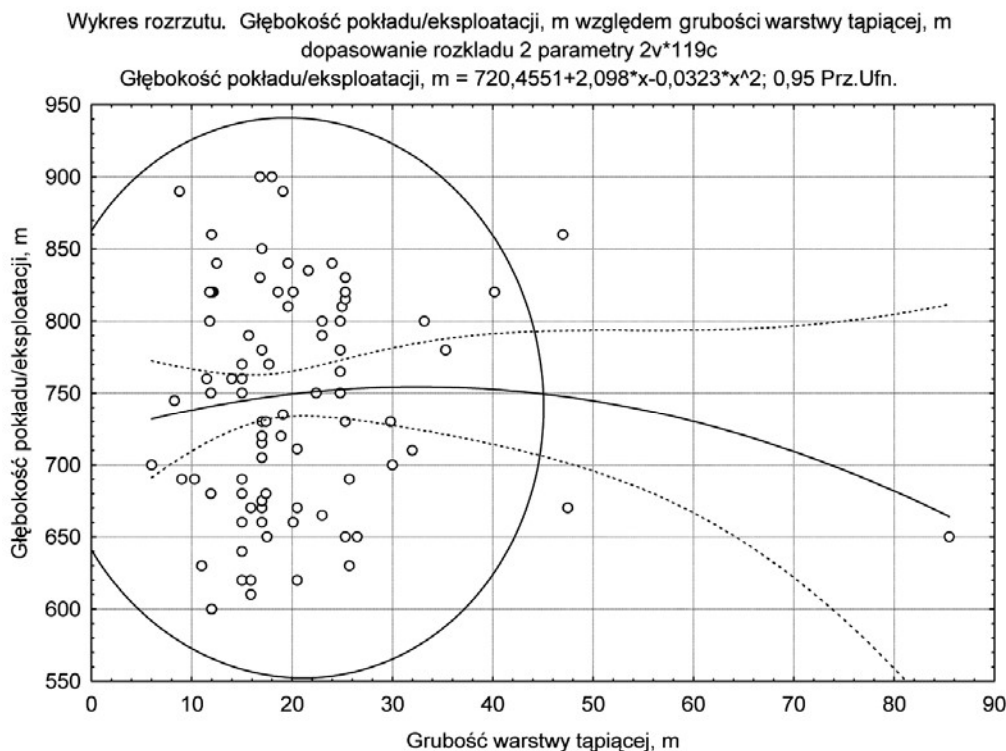
Table 6. Selected parameters of rock bursts in the Upper Silesian Coal Basin in the years 1989-2009

Lp.	Głębokość pokładu / eksploatacji, m	Grubość warstwy tąpniącej, m	L.p.	Głębokość pokładu / eksploatacji, m	Grubość warstwy tąpniącej, m
1	600	12	53	750	24,8
2	610	15,9	54	750	24,8
3	620	15	55	760	11,5
4	620	20,5	56	760	15
5	620	15,9	57	760	14
6	630	11	58	765	24,8
7	630	25,7	59	770	17,7
8	630	25,7	60	770	17,7
9	640	15	61	770	15
10	640	15	62	780	24,8
11	650	17,5	63	780	24,8
12	650	26,5	64	780	17
13	650	25,3	65	780	35,3
14	650	85,5	66	780	35,3
15	660	15	67	790	15,7
16	660	20,1	68	790	15,7
17	660	17	69	790	15,7
18	665	23	70	790	23
19	670	17	71	800	24,8
20	670	20,5	72	800	24,8
21	670	17	73	800	23
22	670	15,9	74	800	33,2
23	670	47,5	75	800	11,8
24	675	17	76	810	25

cd. tabeli 6.

25	675	17	77	810	19,6
26	675	17	78	815	25,3
27	680	11,9	79	815	25,3
28	680	17,4	80	820	20,1
29	680	15	81	820	25,3
30	690	9	82	820	12,15
31	690	15	83	820	12
32	690	10,3	84	820	12
33	690	25,7	85	820	40,2
34	700	6	86	820	11,8
35	700	30	87	820	18,6
36	705	17	88	830	16,8
37	710	32	89	830	25,3
38	710	32	90	835	21,65
39	711	20,5	91	840	24
40	715	17	92	840	19,6
41	715	17	93	840	19,6
42	720	17	94	840	12,5
43	720	18,9	95	850	17
44	730	29,8	96	860	47
45	730	17,04	97	860	12
46	730	17,4	98	860	12
47	730	25,3	99	890	19,1
48	735	19,1	100	890	8,8
49	745	8,3	101	900	18
50	750	15	102	900	16,8
51	750	22,4	103	900	16,8
52	750	11,9	-	-	-

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 7. Zależność głębokości tąpnięć względem grubości warstw tąpniących
Fig. 7. The dependence of the depths of rock bursts and the thickness of tremor-prone rock layers

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Zależność głębokości tąpnięć względem grubości warstw tąpniących zobrazowana na rys. 7, wskazuje na istotny udział tąpnięć w zakresie głębokości 600-900 m oraz grubości warstw tąpniących 10-30 m.

Wykorzystując możliwość ponownego obliczenia współczynnika korelacji rangowej Spearmana, obliczamy współzmiennosć wyselekcjonowanych parametrów tąpnięć. Obliczamy wartość współczynnika korelacji rangowej r_s , która wynosi 0,024 (tab. 7).

Wartość krytyczna współczynników korelacji rangowej dla poziomu istotności 0,05 oraz analizowanych parametrów wynosi kolejno:

- dla $r_s = 0,532 < Z = 0,602288$ przy 130 parametrach (tab. 3)
- dla $r_s = 0,024 < Z = 0,253905$ przy 103 parametrach (tab. 6).

Selekcja i nowy przedział analizowanych parametrów pozwoliły na uzyskanie lepszego dopasowania krzywych normalnych oraz określenia większej zbieżności tychże parametrów.

Tabela 7. Korelacja porządku rang Spearmana wyselekcjonowanych parametrów tąpnięć

Tabela 7. Correlation of Spearman's rank of selected rock bursts parameters

Korelacja porządku rang Spearmana (dopasowanie rozkładu 2 parametry)		
BD usuwane parami. Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < 0,05000$		
	Głębokość pokładu/ eksploatacji, m	Grubość warstwy tąpniącej, m
Głębokość pokładu/ eksploatacji, m	1,000000	0,024610
Grubość warstwy tąpniącej, m	0,024610	1,000000

Źródło: Opracowanie własne

Z obliczeń wynika że moduły obliczonej wartości współczynnika r_s są mniejsze od wartości krytycznych Z , przy czym większą siłę korelacji uzyskano z zależności głębokości pokładu tąpniącego od grubości warstwy tąpniącej dla 103 parametrów.

W oparciu o tak przygotowany zakres danych, udało się określić krytyczne wartości przedziałów poszczególnych parametrów przyczyn tąpnięć. I tak wartość krytyczna wynosi dla:

- głębokości pokładu/eksploatacji, średnia 746,66 m (600-900 m)
- grubości warstwy tąpniącej, średnia 20,32 m (6-47,5 m).

Zatem obliczenia wykazały, że istnieją dwie oceny parametrów tąpnięć. Ogólna liczba 130 wyselekcjonowanych tąpnięć wskazuje na brak korelacji wszystkich trzech parametrów, a tym samym na istotne znaczenie każdego z nich dla zaistnienia warunków zjawiska tąpnięcia. Wartości pomimo, że wartość grubości warstwy tąpniącej jest nieznaczna w stosunku do wielkości miąższości wymienianych w Kompleksowej ocenie stanu ZT w Metodzie rozeznania górniczego wyszczególnionej jako min. 20 m (Praca ... 2010).

4. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań, wyselekcjonowano 130 przypadki tąpnięć, dla których określono wartość wybranych parametrów odpowiadających ocenie: przyczyn i skutków tąpnięć, zaistniałych w kopalniach węgla kamiennego.

W oparciu o przeprowadzoną analizę parametrów tąpnięć uzyskano następujące wyniki:

1. Badaniom analitycznym poddano trzy parametry: głębokość eksploatacji, grubość warstwy tąpniącej oraz odległość pomiędzy ogniskiem a skutkiem wstrząsu powodującego tąpnięcia.
2. Dla wszystkich przypadków analizowanych parametrów tąpnięć oszacowano korelację liniową, której wartość wynosi 0,2.
3. Niska wartość korelacji wskazuje tym samym na bardzo istotny udział każdego z ww. parametrów, opisującego zarówno warunki geologiczne, jak i górnicze miejsc, w których doszło do tąpnięć. W szczególności znaczenia nabiera przedział rzeczywistych wartości obu badanych, mierzalnych cech geologicznych górotworu: tj. głębokości eksploatacji i grubości warstw tąpniących.
4. Korelacja nieliniowa potwierdziła powyższe i wskazała, na największą „siłę” korelacji dla zależności głębokości pokładu tąpniącego względem grubości warstwy tąpniącej.
5. Przyjmując, że głębokość eksploatacji była zmienną niezależną (co wynika z lokalizacji pokładów), przedział średniej głębokości wynoszący ok. 755 m dotyczył największej liczby tąpnięć, a tym samym średnich wartości pozostałych parametrów, w tym grubości warstw tąpniącej (21 m) i odległości ognisko - skutek (87 m).
6. Zależność liniową głębokości pokładów tąpniących i grubości warstw tąpniących wyraża współczynnik korelacji parametrów – wynosi 0,07. Liniowa korelacja jest niska. Zatem bez względu na przedział wartości tychże parametrów, ich wzajemna „siła” i udział w zaistnieniu tąpnięcia należy traktować osobniczo oraz we wzajemnej koincydencji mierzalnych, niezależnych parametrów geologicznych.
7. Grubość warstwy tąpniącej zbliżona do wartości około 20 m i 45 m jest „krytycznym” przedziałem grubości warstw tąpnięć.
8. Normalność rozkładu wskazuje na istotny przedział głębokości tąpnięć od 600 m do 950 m. Ograniczając zakres parametrów do tzw. przedziału głębokości krytycznej, należy wskazać tę pomiędzy 600 m a 900 m,
9. Badania wykazały, że większą „siłę” korelacji uzyskano z zależności głębokości pokładu tąpniącego od grubości warstwy tąpniącej dla mniejszej liczby tąpnięć, tj. 103 parametrów.
10. Wzrost wskaźnika korelacji wskazuje tym samym na wyższą wartość krytyczną przedziału parametrów biorących udział w tąpnięciach.

Podsumowując powyższe, należy podkreślić, że w wyniku przeprowadzonych analiz uzyskano przedziały krytyczne dotyczące głębokości eksploatacji, na których dochodzi najczęściej do tąpnięć oraz w warunkach otaczających warstw tąpniących o grubości 20-45 m.

Literatura

- KABIESZ J. (red.) 2010 - Metody oceny stanu zagrożenia tapaniami wyrobisk górniczych w kopalniach węgla kamiennego. GIG, Katowice
- KONOPKO W. 1987 - Głębokość eksploatacji a zagrożenia tapaniami. „Przeгляд Górniczy” nr 11/12.
- KONOPKO W. 1994 - Doświadczalne podstawy kwalifikowania wyrobisk górniczych w kopalniach węgla kamiennego do stopni zagrożenia tapaniami. Prace Naukowe GIG, Nr 795, Katowice.
- KONOPKO W. 2006 - Wyrobiska – nie pokłady – zagrożone tapaniami. Podstawy nowelizacji przepisów. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrony Środowiska w Górnictwie” nr 8.
- KONOPKO W., PATYŃSKA R. 2008 - Warunki występowania tąpnięć w kopalniach węgla kamiennego. „Przeгляд Górniczy” nr 1, s. 12–17.
- MANOWSKA A. 2015 - The method of assessing rock bursting hazard in mining. Management Systems in Production Engineering. No 2, p. 88-93

- MANOWSKAA. 2016 - Metoda oceny stanu zagrożenia tapaniami w kopalniach węgla kamiennego, „Wiadomości Górnicze” t. 67.
- PATYŃSKA R. (1990–2010): Zagrożenie tapaniami. W: Konopko W. (red). - Raport roczny (za lata 1989–2009) o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. GIG, Katowice.
- PATYŃSKA R. 2008 - Uwarunkowania górnictwo-geologiczne eksploatacji pokładów zagrożonych tapaniami w latach 1987-2007. Wydawnictwo IGSMiE PAN, „Gospodarka Surowcami Mineralnymi”, t. 24, z. 2/3, s. 227-243.
- PATYŃSKA R. 2010 - Prawdopodobieństwo dopasowania rozkładów parametrów tąpnięć zaistniałych w polach ścianowych w GZW w latach 1989-2009. XVII Międzynarodowa Konferencja Nauk-Tech. z cyklu: Górnicze Zagrożenia Naturalne 2010, nt.: Bezpieczne stanowisko pracy w górnictwie podziemnym węgla kamiennego i rud miedzi. Wyd. Prace Naukowe GIG, „Górnictwo i Środowisko”, wyd. specjalne, s. 351-364.
- PATYŃSKA R. 2011 - Prawdopodobieństwo dopasowanych rozkładów parametrów tąpnięć zaistniałych w otoczeniu wyrobisk chodnikowych w GZW w latach 1989-2009. XXXIV Zimowa Szkoła Mechaniki Górniczej i Geoinżynierii, 14-18 marca 2011, Wyd. „Górnictwo i Geoinżynieria”. R. 35, z. 2, s. 471-482.
- PATYŃSKA R. 2013 - The consequences of the rock burst hazard in the Silesian Companies in Poland. Acta geodynamica et geomaterialia, Academy of Sciences of the Czech Republic. Vol. 10, No. 2(170), Prague. p.227-235.

Artykuł wpłynął do redakcji – grudzień 2016
Artykuł akceptowano do druku 15.01.2017