



Emisja metanu i tlenku węgla po wysokoenergetycznym wstrząsie górotworu

Methane and carbon monoxide emissions after a high-energy rock mass bump

Prof. dr hab. inż. Stanisław Trenczek*)

Treść: W artykule przypomniano o możliwości powołania przez organ nadzoru górniczego specjalnych komisji do zbadania przyczyn i okoliczności zdarzeń o charakterze katastrof oraz podano najczęściej przeprowadzane badania przez komisje powypadkowe. Dostyc szczegółowo opisano uwarunkowania, w jakich doszło w JSW S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” do wysokoenergetycznego wstrząsu, skutkującego tąpnięciem oraz 9 wypadkami, w tym 5 śmiertelnymi. Następnie omówiono zmiany stężenia metanu i stężenia tlenku węgla spowodowane robotami strzałowymi i wstrząsami górotworu, podając kilka charakterystycznych przykładów. W dalszej części podano przykłady przeanalizowanych charakterystyk zmian stężeń metanu i tlenku węgla, które miały miejsce po wstrząsie górotworu powodującym tąpnięcie. Następnie dokonano próby odpowiedzi na pytanie o źródło tlenku węgla i metanu, odnosząc to do uwarunkowań górniczo-geologicznych. W podsumowaniu przedstawiono wnioski wynikające z analiz i badań.

Abstract: At the beginning, several catastrophe events were recalled, occurring in underground mines, whose causes and circumstances were determined by a special commission appointed by the President of the State Mining Authority. Then, the range of registration of rockmass and air parameters in the case of natural hazards was discussed. On the example of the disaster at the Borynia-Zofiówka-Jastrzębie mine in activity Ruch Zofiówka, the scope of research and analysis of the seismo-acoustic and micro-seismic systems, as well as mine air monitoring for the content of methane and carbon monoxide, were discussed. There was emphasized the importance of research results and analyzes in determining the causes and circumstances of events and final conclusions were cited.

Słowa kluczowe:

górnictwo, zagrożenia naturalne, wstrząs górotworu, emisja metanu, emisja tlenku węgla

Keywords:

mining, natural hazards, rock mass bump, methane emission, carbon monoxide emission

1. Wprowadzenie

W polskim górnictwie podziemnym dochodzi czasami do takich zdarzeń, których skutki mają charakter katastrof. Zgodnie ze statutem Wyższego Urzędu Górniczego ([Statut ... 2017](#)), jego prezes może powołać specjalną komisję ds. zbadania przyczyn i okoliczności wypadków o szczególnym przebiegu, w tym o charakterze katastrof. W latach 2009-2018 powołano komisje, m.in. w przypadku zdarzeń zaistniałych:

- 2009 r. – w KHW S.A. KWK Wujek Ruch Śląsk,
- 2009 r. – w KGHM Polska Miedź S.A. ZG Rudna,
- 2011 r. – w JSW S.A. KWK Krupiński,
- 2014 r. – w KHW S.A. KWK Mysłowice-Wesoła,
- 2015 r. – w KHW S.A. KWK Wujek Ruch Śląsk,
- 2016 r. – w KGHM Polska Miedź S.A. ZG Polkowice-Sieroszowice,
- 2016 r. – w SRK S.A. Ruch Murcki,
- 2016 r. – w KGHM Polska Miedź S.A. ZG Rudna,

- 2018 r. – w PGG S.A. Oddział KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”.

Zadania komisji są każdorazowo określone w odpowiednim zarządzeniu prezesa WUG. Ogólnie jednak można przyjąć, że komisje zajmują się:

- przebiegiem zjawisk geofizycznych i geomechanicznych – w przypadku wstrząsów górotworu skutkujących odprężeniem lub tąpnięciem,
- przebiegiem zjawisk gazogeodynamicznych – w przypadku wyrzutu gazów i skał,
- przebiegiem zjawisk aerologicznych – w przypadku wybuchu metanu, wybuchu pyłu węglowego, pożaru endogenicznego,
- przebiegiem procesów technologicznych (urabianie, transport, odwadnianie, przewietrzanie) – w różnych przypadkach,
- prawidłowością wykonania i stosowania właściwej obudowy wyrobisk – w przypadku obwałowania, zawału, wstrząsu górotworu,
- sprawnością oraz stanem maszyn i urządzeń elektrycz-

*) Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Katowice

nych, a także prawidłowością stosowanych zabezpieczeń zwarciovych – w przypadku wybuchu, poparzeń,

- antystatycznością materiałów (ubrań, hełmów, tworzyw sztucznych) – w przypadku wybuchu,
- przebiegiem akcji ratowniczej – w każdym przypadku, kiedy podjęta została akcja ratownicza.

Ostatnie z wymienionych wcześniej zdarzeń miało związek z wysokoenergetycznym wstrząsem górotworu, który zaistniał 5 maja 2018 r. w PGG S.A. Oddział KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”. Wstrząs ten spowodował tąpnięcie i wypadek zbiorowy (9 wypadków, w tym 5 ofiar śmiertelnych). Do zadań powołanej komisji należało ([Zarządzenie nr 41 ... 2018](#)):

- określenie mechanizmu wstrząsu wysokoenergetycznego, zaistniałego w dniu 5 maja 2018 r. w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie”, Ruch „Zofiówka” w Jastrzębiu-Zdroju, oraz przesłanek zaistnienia tego wstrząsu, którego skutkiem było tąpnięcie oraz wypadek zbiorowy;
- analiza zagrożenia metanowego, w kontekście tąpnięcia, o którym mowa w pkt 1, uwzględniająca stosowane metody prognozowania oraz działalność profilaktyczną;
- przygotowanie opinii w zakresie wpływu prowadzonych robót na sejsmiczność w rejonie zaistniałego zdarzenia oraz możliwości dalszego prowadzenia ruchu zakładu górniczego w tym rejonie;
- ocena akcji ratowniczej;
- sporządzenie sprawozdania, zawierającego w szczególności:
 - ogólne dane o zaistniałym zdarzeniu oraz o osobach poszkodowanych,
 - ogólną charakterystykę zakładu górniczego, w którym zaistniało zdarzenie,
 - dane o prowadzonych robotach w rejonie zaistniałego zdarzenia, z określeniem warunków techniczno-ruchowych oraz występujących zagrożeń naturalnych,
 - informacje o stosowanej profilaktyce zagrożeń występujących w rejonie zaistniałego zdarzenia,
 - przebieg i ocenę akcji ratowniczej,
 - ustalenie przyczyn i okoliczności tąpnięcia oraz wypadku zbiorowego,
 - wnioski komisji, w tym propozycje zaleceń zmierzających do zapobieżenia podobnym zdarzeniom w przyszłości.

Dosyć skomplikowane uwarunkowania geologiczno-górnice, a także zakres robót przygotowawczych w rejonie zaistniałego zdarzenia spowodowały, że komisja zrealizować miała – poprzez zespoły robocze – cztery podstawowe zadania eksperckie wraz z podsumowaniem i sugestiami dalszego toku postępowania:

1. Weryfikacja lokalizacji, wyznaczenie i analiza mechanizmu ogniska wstrząsu o energii $1,9 \times 10^8$ J zaistniałego w dniu 5.05.2018 r. o godzinie 10:58, który spowodował tąpnięcie ze skutkami w wyrobiskach wykonanych w pokładach 409/3 i 409/4 w JSW S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”, wraz z oceną sejsmiczności rejonu.
2. Analiza geomechanicznych przyczyn wystąpienia wstrząsu o energii $1,9 \times 10^8$ J zaistniałego w dniu 5.05.2018 r. o godzinie 10:58, który spowodował tąpnięcie ze skutkami w wyrobiskach wykonanych w pokładach 409/3 i 409/4 w JSW S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”.
3. Analiza zagrożenia metanowego, w kontekście tąpnięcia ze skutkami w wyrobiskach wykonanych w pokładach 409/3 i 409/4, zaistniałego w dniu 5.05.2018 r. o godzinie 10:58 w JSW S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie”

Ruch „Zofiówka”, uwzględniająca stosowane metody prognozowania oraz działalność profilaktyczną.

4. Analiza i ocena akcji ratowniczej, prowadzonej po tąpnięciu i wypadku zbiorowym, zaistniałych w dniu 5.05.2018 r. o godzinie 10:58 w wyrobiskach wykonanych w pokładach 409/3 i 409/4 w JSW S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”.
5. Ocena wpływu prowadzonych robót na poziom sejsmiczności i zagrożenia metanowego oraz ocena możliwości dalszego prowadzenia robót górniczych w rejonie tąpnięcia ze skutkami w wyrobiskach wykonanych w pokładach 409/3 i 409/4, zaistniałego w dniu 5.05.2018 r. o godzinie 10:58 w JSW S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”, a także ocena możliwości zabezpieczenia rejonu w przypadku rezygnacji z dalszej eksploatacji.

W trakcie prac komisji pojawiła się hipoteza o ewentualnym wykonaniu robót strzałowych z użyciem materiału wybuchowego w przodku chodnika podścianowego H-4 w pokładzie 409/4, który mógł zainicjować wstrząs. W związku z tym należało jeszcze dokonać odpowiednich badań i analiz zapisów czujników tlenku węgla i metanomierzy oraz analiz wielkości tlenku węgla i metanu występujących po wstrząsie. Celem tego było udzielenie odpowiedzi na pytanie, dotyczące kwestii wykonania, bądź nie wykonania robót strzałowych. Wskazanie źródeł wypływu metanu i tlenku węgla po zaistniałym wysokoenergetycznym wstrząsie wymaga dosyć szczegółowego przedstawienia charakterystyki górotworu znajdującego się w partii H na obszarze wykonywanych robót górniczych na Ruchu „Zofiówka”.

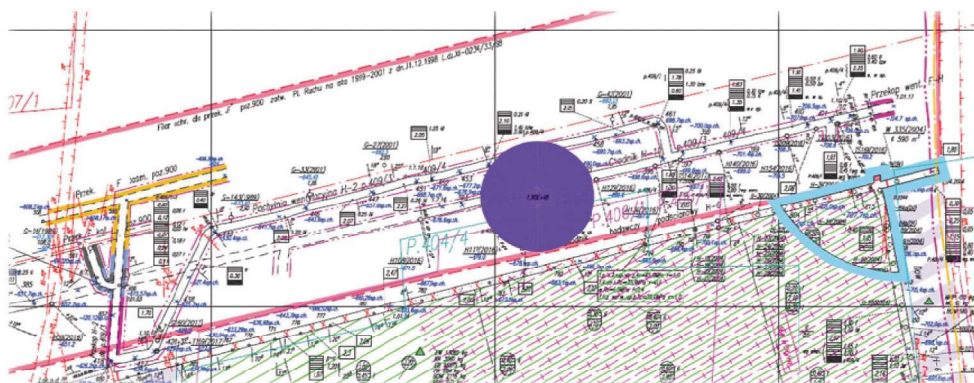
2. Uwarunkowania geologiczno-górnice w rejonie zaistniałego tąpnięcia

Wstrząs górotworu zaistniał w dniu 5 maja 2018 r. o godzinie 10:58 spowodował tąpnięcie w partii H pokładu 409/4 Ruchu „Zofiówka” (rys. 1). Skutki wystąpiły w rejonie skrzyżowania drążonego chodnika podścianowego H-4 w pokładzie 409/4, tj. głównie w chodniku H-10 w pokładach 409/3-409/4 na odcinku około 520 m oraz w pozostałych wyrobiskach w pokładzie 409/4: chodniku nadścianowym H-4, podścianowym H-4 i drążonym chodniku podścianowym H-2 – w nieokreślonym zakresie. Po weryfikacji okazało się, że tąpnięcie to spowodowało wstrząs o energii $2,0 \times 10^9$ J ([Sprawozdanie Komisji ... 2018](#)).

Obudowa w wyrobiskach została w znacznym stopniu uszkodzona i zdeformowana, wypiętrzenie spągu w chodniku H-10 spowodowało zaniżenie wysokości wyrobiska na odcinku około 300 m, od 1 m, aż do całkowitego braku przeswitu. Skutkami wstrząsu zostało objętych 9 pracowników, przebywających w chodniku H-10, którzy doznali obrażeń – 5 wypadków śmiertelnych i 4 wypadki lekkie. Uszkodzeniu uległy także lutniociągi zabudowane w chodniku H-10, a ilość powietrza przepływającego wyrobiskiem zmniejszyła się z wartości ok. 2500 m³/min do ok. 150 m³/min.

Masyw karboński złoża „Zofiówka” pocięty jest gęstą siecią uskoków normalnych rzadziej odwróconych, o zrzutach od kilkunastu cm do ponad 60 m. Dominującymi kierunkami tektonicznymi w tym obszarze są kierunek równoleżnikowy lub zbliżony do niego i drugi południkowy. Ważniejsze uskoki o przebiegu zbliżonym do równoleżnikowego od północy to:

- uskok graniczny – o zrzucie 8÷50 m na N stwierdzony robotami górniczymi w pokładach 362/2-404/2 oraz 412 łg+łd i 412 łg. Biegnie od złoża „Borynia” i kończy się na uskoku pniówkowskim. W pokładach 351÷410 stanowi on granicę eksploatacyjną z ówczesną kopalnią „Borynia”,



Rys. 1. Lokalizacja wstrząsu w rejonie partii H JSW S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” (Analiza wskazań ... 2018)

Fig. 1. Location of the rock mass in the area H-part of the JSW S.A. Borynia-Zofiówka-Jastrzębie mine

- uskock północny – o zrzucie 3÷12 m na N,
 - uskock centralny – system uskocków o zrzutach 5÷35 m na N, stwierdzony robotami górniczymi na poziomach 480÷705 m,
 - uskock o przebiegu diagonalnym – o zrzucie 9÷15 m na południe od szybów głównych, stwierdzony w części centralnej robotami górniczymi w pokładach 403÷409/4,
 - uskock pochwacki – o zrzucie 10÷50 m na N stwierdzony robotami górniczymi w pokładach 407/2-3, 409/1-3 i 416/3,
 - uskock o zrzucie 12 m na S, stwierdzony w pokładzie 409/3 na S od przekopu G,
 - uskoki o zrzutach 30 i 15 m na N – w południowo-wschodniej części złoża, stwierdzone robotami w pokładzie 406/1.
- Na południe od obszaru górniczego, w niewielkiej odległości przebiegają uskoki: równoległy – o zrzucie 40 m na S, Zofiówka – o zrzucie 60 do 150 m na S oraz uskock Bzie – Czechowice – o zrzucie około 800÷650 m na S.

Z kolei ważniejsze uskoki o przebiegu południkowym od zachodu, to:

- uskock zachodni – o zrzucie 5÷15 m, na E,
- uskock jastrzębski – o zrzucie 10÷60 m, na W, biegnący od uskocków centralnych na południe, przy czym z głębokością i ku południowi zrzut uskoku zwiększa się do 60 m, tworząc dość szeroką strefę; został stwierdzony robotami górniczymi w pokładach warstw orzeskich i rudzkich,
- uskock pniówkowski – o zrzucie 15÷45 m, na W, przebiegający we wschodniej części złoża,
- uskock wschodni – o zrzucie 2÷20 m, na E, który przebiega południkowo od uskoku granicznego do uskoku Zofiówka, przy czym wielkość zrzutu rośnie w kierunku południowym.

Dodać należy, że dyslokacjom o kierunku równoleżnikowym oraz południkowym towarzyszą mniejsze uskoki o różnych kierunkach i małych zrzutach, często nieprzekraczających grubości pokładów.

3. Zagrożenia występujące w partii H

Udostępnione pokłady węgla zalegające w KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” na obszarze górniczym „Jastrzębie Górne I” są zaliczone, przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego do klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego i do IV kategorii zagrożenia metanowego (Sprawozdanie Komisji ... 2018). Wg przepro-

wadzonych badań i prognoz zagrożenia metanowego, metanowość bezwzględna kopalni ma tendencję wzrostową. Główną przyczyną tego zjawiska jest wybieranie pokładów węgla o wyższej metanonośności naturalnej, wzrost koncentracji wydobycia oraz prowadzenie eksploatacji poniżej poziomu 900.

Na podstawie oceny skłonności górotworu do tąpnięć, prognozy rozkładów wartości parametrów związanych ze stanem naprężenia i wytężenia górotworu, oceny potencjalnego zagrożenia tąpnięciami metodą rozeznania górniczego oraz stosownych opracowań rzeczoznawców ds. ruchu zakładu górniczego Kierownik Ruchu Zakładu Górniczego zaliczył do I stopnia zagrożenia tąpnięciami wszystkie pokłady lub ich części, za wyjątkiem filara do przekopu D w pokładzie 404/4 oraz pokładu 417/1 w partii C, które zaliczył do II stopnia zagrożenia tąpnięciami.

Z kolei pod względem zagrożenia wyrzutowego, Kierownik Ruchu Zakładu Górniczego zaliczył w partii H pokłady lub ich części na obszarze górniczym „Jastrzębie-Górne I”, w których będą prowadzone roboty górnicze w latach 2018-2021, tj. pokład 406/1, 409/3 i 409/4 do III kategorii zagrożenia wyrzutami gazów i skał.

Z uwagi na zaleganie pokładów węgla zróżnicowany jest poziom zagrożenia klimatycznego. Średni stopień geotermiczny pomiędzy poziomami wynosi $T = 27,9 \text{ m}^\circ\text{C}$. Głębokość prowadzonych i planowanych robót górniczych waha się w granicach 860-980 m, przez co w partii H występuje I poziom krytyczny – PK I, z uwagi na temperaturę pierwotną górotworu $tpg > 30^\circ$.

Złoże węgla kamiennego „Zofiówka” wraz z otaczającym górotworem zaliczone jest do I i II stopnia zagrożenia wodnego, przy czym przeważająca część złoża znajduje się w I stopniu zagrożenia wodnego.

Nie stwierdza się natomiast występowania zagrożenia radiacyjnego naturalnymi substancjami promieniotwórczymi.

Z drążonych w partii H pokładu 409/3-409/4 wyrobisk korytarzowych zostały pobrane próby do badań, w wyniku których określono skłonności węgla do samozapalenia w grupie I i II. Nie określono dotychczas okresu inkubacji pożaru.

Z uwagi na występujące zapylenie powietrza kopalnianego na niektórych stanowiskach pracy, pracownicy stosują filtrujące środki ochrony indywidualnej układu oddechowego, dostosowane do wielkości zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia – półmasksi przeciwpyłowe klasy ochronnej P-2 lub P-3. Oznacza to, że występuje zagrożenie pyłami szkodliwymi dla zdrowia stopnia II i stopnia III.

4. Zaszczości eksploatacyjne w partii H

Prowadzone ówczesznie roboty górnice, jak równiez zamierzenia eksploatacyjne w partii „H” na najblizsze lata, związane sã z wiãzkã pokładów 409, tj. pokładami 409/3 i 409/4, pomiãdzy którymi odległość pionowa wynosi w czëści południowej partii H od 0,4 m do 0,82 m, natomiast w czëści północnej jest bardziej zróżnicowana i wynosi od 0,4 m do 20 m.

Nad wiãzkã pokładów 409 zalegają generalnie warstwy łupków ilastych i piaszczystych. Występują równiez warstwy piaskowca o grubości dochodzącej do 26 m w czëści południowej oraz do 45 m w czëści północnej. Poniżej wiãzki pokładów 409 równiez zalegają warstwy łupków ilastych i piaszczystych, a takzê warstwy piaskowców, których grubość nie przekracza 10 m.

Eksploatację pokładu 409/3 w partii H rozpoczęto ścianã H-6, po której eksploatację prowadzono ścianã H-4. W dalszej kolejności prowadzono roboty rozcinkowe dla kolejnej ściany H-2. Podczas drażenia dowerzchni H-2b w pokładzie 409/3, w 2011 r. zaistniał wstrząs górotworu o energii $3,9 \times 10^6$ J, zlokalizowany w rejonie strefy uskoku wschodniego i uskóków mu towarzyszących, który spowodował tãpienie w dowerzchni H-2b, w chodniku podścianowym H-2 oraz wypływ metanu z chodnika podścianowego H-2. Doszło w zwiãzku z tym do odstãpienia i zaniechania prowadzenia dalszych robót górnicznych w polu rozcinanej ściany H-2 w pokładzie 409/3 w partii „H” oraz kontynuowania eksploatacji pokładu 409/3 w partii „H” dwoma ścianami H-2a i H-2b o krótszych frontach (po 120 m) wraz z odsunięciem dowerzchni ścianowych na zachód od strefy uskoku wschodniego.

W 2013 r. rozpoczęto eksploatację ściany H-2a, przy czym podczas jej ruchu wystãpiły trzy wysokoenergetyczne wstrząsy górotworu. Pierwszy, o energii $4,6 \times 10^6$ J, spowodował odprężenie górotworu w chodniku nadścianowym H-2 w pokładzie 409/3 oraz przekroczenie dopuszczalnych stężeń metanu, na czujnikach zabudowanych w rejonie. Drugi, o energii $3,7 \times 10^6$ J, spowodował wcześniejsze zakończenie biegu ściany H-2a. Trzeciemu wstrząsowi – o energii $8,5 \times 10^7$ J – towarzyszył po kilkudziesięciu sekundach wstrząs wtórny o energii $5,1 \times 10^5$ J, w wyniku którego w rejonie ściany H-2a doszło do zaburzeń parametrów wentylacyjnych oraz przekroczenia dopuszczalnych stężeń metanu.

Oprócz robót górnicznych wcześniejszym wymienionych w partii H, w pokładzie 409/3, prowadzono roboty górnice w odległości poziomej ok. 90 m, ok. 240 m oraz ok. 435 m.

Wszystkie te roboty powodowały aktywność sejsmiczną, która skutkowała licznymi wstrząsami, o zróżnicowanej energii – tab. 1 (Sprawozdanie Komisji ... 2018).

5. Roboty górnice w pokładzie 409/4 przed tãpieniem

W partii H zaplanowana była eksploatacja pokładu 409/4 ścianami H-2 i H-4, w zwiãzku z czym wykonano (Sprawozdanie Komisji ... 2018) szereg wyrobisk (rys. 1):

- chodnik H-10 w pokładach 409/3 i 409/4, o długości 839 m, rozpoczęty z przecinki transportowej G-6, znajdujący się w strefie Uskoku „Jastrzębskiego”,
- przekop wentylacyjny F-H, rozpoczęty z chodnika H-10 w pokładach 409/3-409/4 przy użyciu kombajnu – do czasu zdarzenia wydrãżono 43 m wyrobiska,
- chodnik nadścianowy H-4 w pokładzie 409/4, o długości 550 m,
- pochylnia wentylacyjna H-2 w pokładzie 409/3-409/4, o długości 486 m, rozpoczęta z przekopu H-2 do pokładu 409/3,
- dowerzchnia H-4 w pokładzie 409/4, o długości 191,5 m, rozpoczęta z chodnika nadścianowego H-4,
- chodnik podścianowy H-4 w pokładzie 409/4 na „N”, rozpoczęty z dowerzchni H-4 – do czasu zdarzenia wydrãżono 507,4 m, a pozostało 36,5 m,
- chodnik podścianowy H-4 w pokładzie 409/4 na „S”, rozpoczęty z chodnika H-10 w pokładach 409/3 i 409/4 – do czasu zdarzenia wydrãżono (w marcu 2018 r.) 5 m i drażenie zatrzymano, przy czym planowano wznowić drażenie chodnika podścianowego H-4 na „S” do zbiccia z wydrãżonym odcinkiem chodnika podścianowego H-4 na „N”,
- chodnik podścianowy H-2 w pokładzie 409/4, rozpoczęty z chodnika H-10 w pokładach 409/3 i 409/4 – do czasu zdarzenia wydrãżono 20,4 m.

Takzê podczas wykonywania tych robót występowały wstrząsy – zarówno samoistne, jak i spowodowane robotami strzałowymi z użyciem MW – tab. 2 (Sprawozdanie Komisji ... 2018).

Z analizy aspektów zagrożenia wyrzutami gazów i skał wynika, że podczas prowadzonych robót w rejonie H stwierdzono w sumie 15 przekroczeń dwóch parametrów – desorpcji i wychodu zwiercin – w tym 12 w chodniku H-10 w pokładzie 409/3-409/4 oraz 3 w pochylni wentylacyjnej H-2 w pokładzie 409/3.

Pomiary metanonośności prowadzone w wyrobiskach drażonych dla rozcięcia ścian H-2 i H-4 w pokładzie 409/4 wykazały maksymalne wartości 6,81 m³/Mgc.s.w. w pochylni wentylacyjnej H-2 i 1,67 m³/Mgc.s.w. w chodniku podścianowym H-4. Metanonośność w polu ściany H-4 była wyraźnie niższa niż na linii chodnika H-10 i pochylni wentylacyjnej H-2 pokładu 409/4-409/4, co wynikało z odgazowania pokładu 409/4 wcześniejszą eksploatacją prowadzonã w pokładzie 409/3.

Tabela 1. Rozkład aktywności sejsmicznej w pokładach węgla partii H (Sprawozdanie Komisji ... 2018)

Table 1. Decomposition of seismic activity in coal seams in the H-part

Pokład	Liczba wstrząsów w poszczególnych rzędach energii [J]							Suma	
	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	wstrząsów	energii [J]
404/4	5	9	-	-	-	-	-	14	2,33 E4
406/1	663	907	16	-	-	-	-	1586	3,33 E6
408/2	2604	1135	7	-	-	-	-	3746	4,11 E6
409/3	1879	4228	703	98	7	1	-	6916	1,71 E8
409/4	216	314	32	-	-	-	1	563	1,93 E8
Inne	83	196	11	1	1	-	-	292	6,19 E6
Suma	5450	6789	769	99	8	1	1	13117	3,77 E8

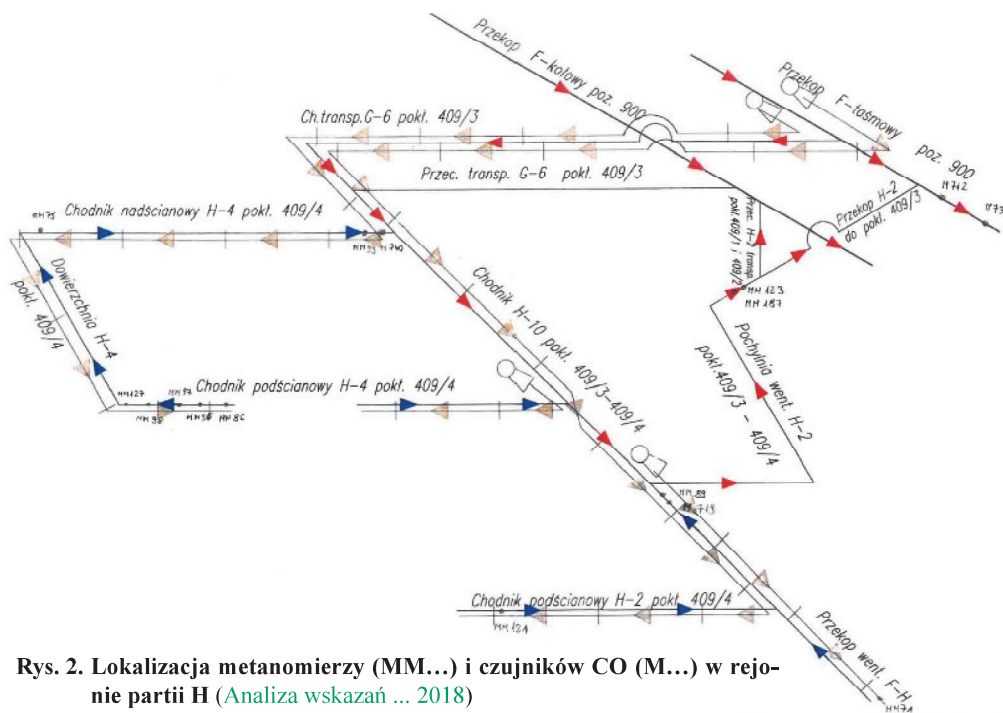
Tabela 2. Rozkład aktywności sejsmicznej w partii H pokład 409/4 (Sprawozdanie Komisji ... 2018)
Table 2. Decomposition of seismic activity in the H-part seam 409/4

Wyrobisko	Liczba wstrząsów: – samoistnych S; – prowokowanych strzelaniami: – urabiającymi PSU, – torpedującymi PST, – w poszczególnych rzędach wielkości energii [J]				Suma	
	E2	E3	E4	E5	wstrząsów	energii [J]
Chodnik nadścianowy H-4	S 12 PSU 1 -	S 65 PSU 27 -	S 24 PSU 9 PST 5	- - -	S 10 PSU 37 PST 5	1,26 E6
Chodnik podścianowy H-4 na „N”	S 17 PSU 3	S 41 PSU 4	S 3 -	- -	S 61 PSU 7	4,21 E5
Chodnik podścianowy H-4 na „S”	S 11 PSU 1 -	S 10 PSU 3 -	S 1 - PST 1	- - -	S 22 PSU 4 PST 1	1,13 E5
Chodnik podścianowy H-2	S 13 PSU 3	S 30 PSU 14	- -	- -	S 43 PSU 17	1,25 E5
Pochylnia wentylacyjna H-2 pokł. 409/3-409/4	S 88 PSU 1 -	S 367 PSU 36 -	S 24 - PST 15	S 1 - PST 1	S 480 PSU 37 PST 16	2,50 E6
Chodnik H-10 pokł. 409/3 – 409/4	S 34 PSU 2	S 106 PSU 14	S 2 -	- -	S 142 PSU 16	5,05 E5
Dowierzchnia H-4	-	S 1	-	-	S 1	2,30 E3
Suma	S 175 PSU 11 -	S 620 PSU 98 -	S 54 PSU 9 PST 21	S 1 - PST 1	S 850 PSU 118 PST 22	4,98 E6

W trakcie realizacji robót przygotowawczych tylko metanomierze zabudowane w pochylni wentylacyjnej H-2 w pokł.409/3-4 (rys. 2) (Analiza wskazań ... 2018) zarejestrowały 34 przekroczenia wartości granicznej 2% metanu, sumaryczny czas przekroczeń wynosił 118 minut i 13 sekund. Najwyższe zarejestrowane stężenie metanu wynosiło 4,3%, a najdłuższy czas to 66 minut i 30 sekund. Najczęstszą przyczyną przekroczeń były roboty strzałowe torpedujące (8 razy). Zarejestrowano 6 przekroczeń wartości granicznej 2% metanu po wstrząsach górotworu. Pozwala to uznać, że podczas drażenia wyrobisk korytarzowych w partii H poziom zagro-

żenia metanowego kształtował się na niskim poziomie i nie występowały objawy wskazujące na wzrost tego zagrożenia.

Z kolei z analizy aspektów zagrożenia pożarami endogenicznymi wynika, że czujniki tlenu węgla – zabudowane na wylocie powietrza ze ślepych wyrobisk (rys. 2) – zarejestrowały przekroczenia dopuszczalnego stężenia CO wyłącznie z przyczyn technologicznych. Maksymalna zarejestrowana wartość wynosiła 791 p.p.m. CO podczas przejazdu kolejki spalinowej, a po robotach strzałowych stwierdzono maksymalne stężenie 431 p.p.m. CO.



Rys. 2. Lokalizacja metanomierzy (MM...) i czujników CO (M...) w rejonie partii H (Analiza wskazań ... 2018)

Fig. 2. Location methane measurement sensors (MM ...) and carbon monoxide (M ...) in the area H-part

6. Analiza zapisów metanometrii i CO-metrii

Jak już wcześniej wspomniano, w dniu 5 maja 2018 r., na zmianie rannej, w chodniku podścianowym H-2 w pokładzie 409/4 miało zostać wykonane strzelanie urabiające. W związku z tym, po odwierceniu otworów strzałowych doszło do załadowania ich materiałem wybuchowym i uzbrojenia zapalnikami. Po podłączeniu ich do linii strzałowej wszyscy górnicy mieli się wycofać z przodka oraz z trasy rażenia i ze strefy szczególnego zagrożenia tapaniami, by spoza niej odpalić materiał wybuchowy.

Według wersji zdarzeń podanych przez kierownictwo JSW w dniu 05.05.2018 r. do wstrząsu górotworu doszło o godz. 10:58:07, tj. w czasie wycofywania załogi zatrudnionej w chodniku podścianowym H-2 pokładu 409/4, czyli przed wykonaniem strzelania urabiającego. Z rozmowy telefonicznej, przeprowadzonej przez dyspozytora Stacji Geofizyki Górniczej (SGG) z pracownikiem zatrudnionym przy robotach przodkowych w chodniku podścianowym H-2 w pokładzie 409/4 wynikało, że informacja o przygotowywaniu się do robót strzałowych w tym przodku została przekazana, natomiast miało jeszcze być później dokonane formalne zgłoszenie tych robót strzałowych. Jednak robót takich nie zgłoszono, co wynika z zapisów w *Księżce zgłoszeń robót strzałowych do SGG*, w której nie ma odnotowanego zgłoszenia robót strzałowych z tego przodka. Jednakże z analizy innych przypadków wynika, że zdarzało się, iż wykonano roboty strzałowe przed dokonaniem zapisem w tej księżce. Nie był to więc wystarczający dowód na niewykonanie robót strzałowych. Istotne zatem było znalezienie odpowiedzi na pytanie, czy przed wstrząsem górotworu o energii $2,0 \times 10^9$ J (wartość po weryfikacji) doszło w chodniku podścianowym H-2 w pokładzie 409/4 do odpalenia materiału wybuchowego załadowanego do otworów strzałowych wykonanych w przodku drążonego wyrobiska?

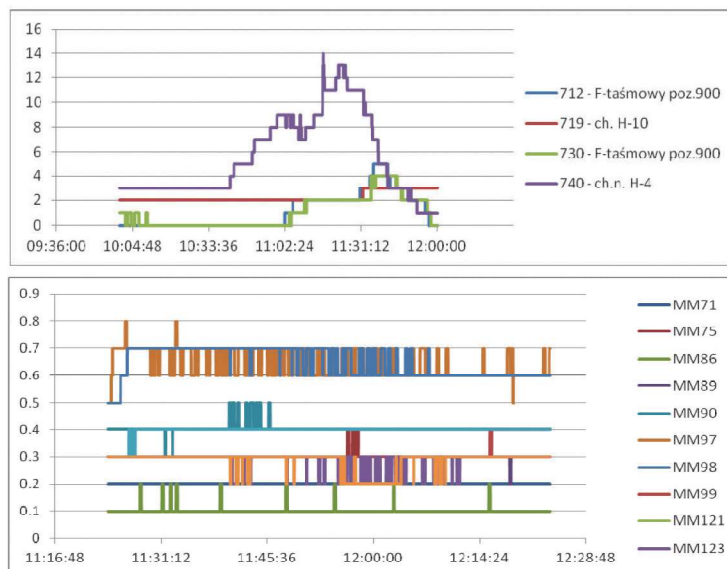
Chcąc odpowiedzieć na to pytanie należało najpierw przeanalizować zjawiska sejsmiczne i aerologiczne, jakie zachodziły po wcześniej wykonanych strzelaniach urabia-

jących, określić ich charakterystykę oraz sprawdzić, czy zjawiska takie miały miejsce tuż przed wysokoenergetycznym wstrząsem górotworu zaistniałym w dniu 05.05.2018 r. o godzinie 10:58:07 (Statut ... 2017). Istotne przy tym było to, by analizie poddać przebieg zmian stężeń CO rejestrowanych w przekopie F-taśmowym poz. 900 – czujniki o numerach 712 i 730 (rys. 2), gdyż tylko tam zabudowane czujniki CO nie zostały pozbawione (w wyniku tąpnięcia) transmisji do systemu monitorowania. Podobnie stało się z rejestracją stężeń metanu. Po tym wstrząsie tylko metanomierze MM187 i MM123, zabudowane w przekopie H-2 do pokładu 409/3 (rys. 2) zachowały transmisję danych.

Z analizy przebiegów zmian stężeń CO i CH₄ wynikało, że po wykonywanych strzelaniach urabiających – z użyciem od 5 poprzez 7,5 do 10 kg MW – charakterystyka tych zmian miała podobny przebieg, co ilustrują przykłady robót strzałowych w różnych przodkach, pokazane na rys. 3-5 (Analiza wskazań ... 2018).

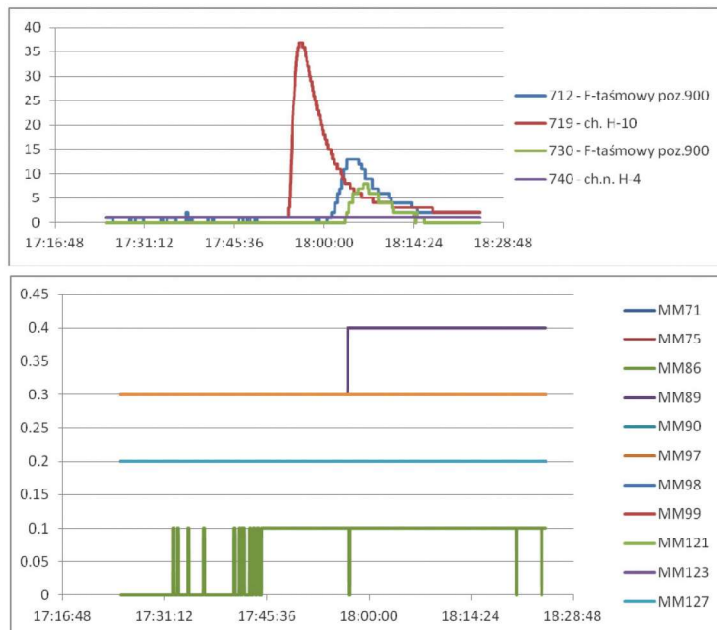
Po wstrząsie górotworu zaistniałym w dniu 5 maja 2018 r. o godz. 10:58:37 przebieg zmian stężeń CO (rys. 6) był podobny do przebiegu zmian mającego miejsce po odpaleniu MW w chodniku podścianowym H-2, z użyciem 7,5 kg MW (Analiza wskazań ... 2018), bowiem w obydwu pokazanych przypadkach wartości CO są podobne – 13 p.p.m. i 15 p.p.m. p.p.m. (rys. 6) na CO-mierzu M712 oraz po 8 p.p.m. CO na CO-mierzu M730. Jednak głębsza analiza tej podsieci wentylacyjnej i skutków wcześniej zaistniałych wstrząsów o energii co najmniej 1×10^4 J (Analiza zagrożeń ... 2018) oraz struktury górotworu w partii H pokazuje, że nie jest to tak jednoznaczne.

Z kolei przebieg zmian stężeń metanu po wstrząsie powodującym tąpnięcie w dniu 05.05.2018 r. – rys. 7 i 8 – był nieporównywalny do wcześniej pokazanych przykładów (rys. 3 - 5).



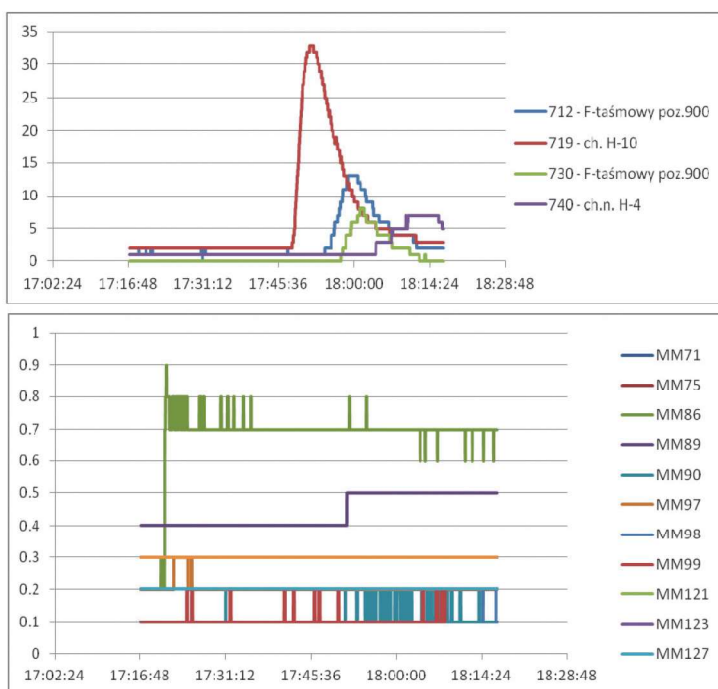
Rys. 3. Zmiany stężeń CO i CH₄ po robotach strzałowych w chodniku podścianowym H-4 na N zgłoszonych o godz. 11:24 w dniu 01.05.2018 r. (5 kg MW) (Analiza wskazań ... 2018)

Fig. 3. Changes in concentrations of CO and CH₄ after shooting in chodnik podścianowy H-4 to the N reported am 11:24 am on 01/05/2018 (5 kg explosives)



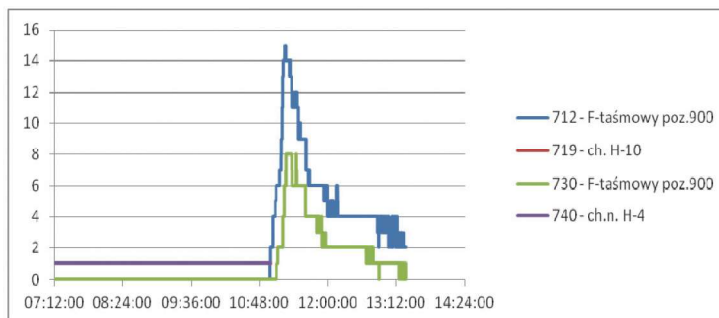
Rys. 4. Zmiany stężeń CO i CH₄ po robotach strzałowych w chodniku podścianowym H-2 zgłoszonych o godz. 17:25 w dniu 03.05.2018 r. (7,5 kg MW) (Analiza wskazań ... 2018)

Fig. 4. Changes in concentrations of CO and CH₄ after shooting in chodnik podścianowy H-2 reported am 5:25 pm on 03/05/2018 (7,5 kg explosives)



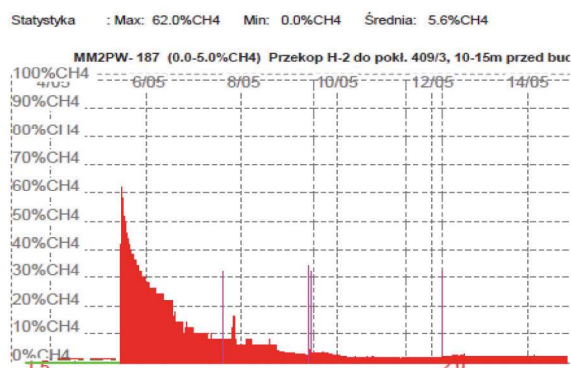
Rys. 5. Zmiany stężeń CO i CH₄ po robotach strzałowych zgłoszonych w dniu 04.05.2018 r. o godz. 17:17 – w chodniku podścianowym H-4 na N (5 kg MW); o godz. 17:17 – w chodniku podścianowym H-2 (7,5 kg MW) (Analiza wskazań ... 2018)

Fig. 5. Changes in concentrations of CO and CH₄ after shooting reported on 04/05/2018 am 5:17 pm – in chodnik podścianowy H-4 to the N (5 kg explosives); am 5:17 pm – in chodnik podścianowy H-2 (7,5 kg explosives)



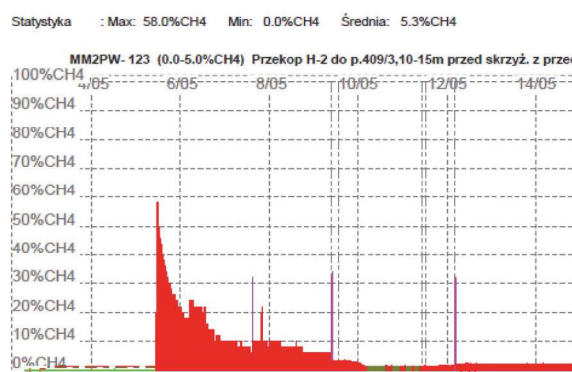
Rys. 6. Wskazania czujników tlenu węgla w dniu 05.05.2018 r. w okresie przed i po tąpnięciu (Analiza wskazań ... 2018)

Fig. 6. Indications of the CO detectors on 05/05/2018 in the period before and after the rockburst



Rys. 7. Wskazania czujnika metanu MM-187 w dniu 05.05.2018 r. w okresie przed i po tąpnięciu (Analiza wskazań ... 2018)

Fig. 7. Indications of the methane detector MM-187 in the period before and after the rockburst on 05/05/2018

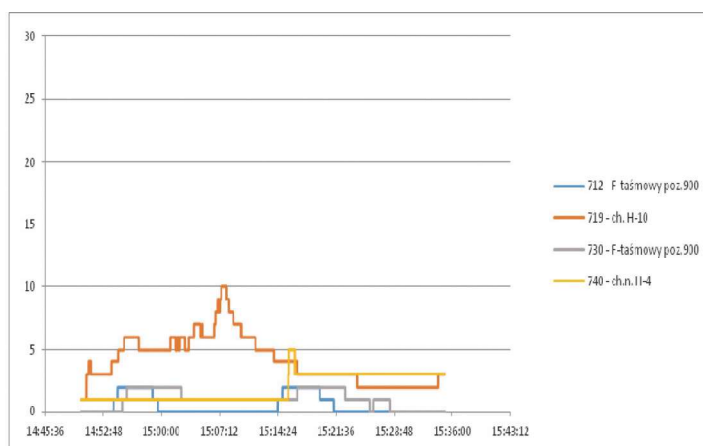


Rys. 8. Wskazania czujnika metanu MM-123 w dniu 05.05.2018 r. w okresie przed i po tąpnięciu (Analiza wskazań ... 2018)

Fig. 8. Indications of the methane detector MM-123 in the period before and after the rockburst on 05/05/2018

W rejonie robót przygotowawczych w partii H nie dochodziło do stałego wydzielania tlenu węgla. Miały natomiast miejsce przypadki pojawienia się CO w przekopie F-taśmowym poz. 900, bez związku zarówno z wykonywa-

niem robót strzałowych, jak i z przejazdem kolejki spalinowej, a będące następstwem zaistniałych samoistnych wstrząsów górotworu (Analiza wskazań ... 2018). Stężenie CO wynosiło wówczas ok. 2 p.p.m. (rys. 9).



Rys. 9. Zmiany stężeń CO w dniu 30.04.2018 r. w rejonie H po wstrząsie górotworu o energii $7,3 \times 10^3$ J zaistniałym o godz. 14:49:51 bez związku z robotami strzałowymi i przejazdem kolejki spalinowej (Analiza wskazań ... 2018)

Fig. 9. Changes in concentrations of CO on 30/04/2018 of the H-part after the rockburst about energy $7,3 \times 10^3$ J occurred on 2:49:51 pm unrelated to shooting and the passage of the combustion vehicle

W tym przypadku (rys. 9) można uznać, że tlenki węgla mogły zostać wygenerowane z partii H, w tym z otoczenia chodnika H-10 pokł. 409/3-409/4. Były też przypadki przyrostu stężenia CO tylko w przekopie F-taśmowym poz. 900, co może oznaczać, że wygenerowane zostały tylko z otoczenia tego wyrobiska.

Inaczej przedstawiała się sprawa z metanem, bowiem metan wydzielal się praktycznie w sposób stały. Całkowite wydzielanie metanu z pokładów w partii H wynosiło ok. 10,3 m³/min, w tym z chodnika podścianowego H-4 na S i chodnika podścianowego H-4 na N oraz z chodnika H-10 w pokł. 409/3-409/4 – ok. 6,00 m³/min, a z chodnika podścianowego H-2 – ok. 4,3 m³/min (*Analiza zagrożeń ... 2018*).

Do robót przygotowawczych w partii H powietrze doprowadzano (rys. 2) z przekopu F-taśmowego poz. 900 (w ilości 1580 m³/min) oraz z przekopu F-kołowego poz. 900 (w ilości 1020 m³/min) (*Zarządzenie nr 41 ... 2018*). Zatem łącznie do partii H doprowadzano 2590 m³/min powietrza. Po przewietrzeniu wyrobisk powietrze było odprowadzane pochylnią wentylacyjną H-2 pokł. 409/3-4 do przekopu F-kołowego poz. 900 (w ilości 1070 m³/min) oraz do przekopu F-taśmowego poz. 900 (w ilości 1520 m³/min).

Biorąc powyższe fakty pod uwagę można było przyjąć, że niektóre wstrząsy górotworu o energii mniejszej niż 1×10^4 J były w stanie wygenerować z górotworu tlenki węgla w maksymalnej ilości ok. 0,34 m³/min, średniej ilości – ok. 0,006 m³ CO/min, a jednorazowo, w sumie ok. 2,5-5,0 m³ CO.

W przypadku metanu tylko niektóre wstrząsy o energii większej niż 1×10^4 J były w stanie wygenerować z górotworu dodatkowy metan, który powodował wzrost stężenia o ok. 0,1-0,5% (*Analiza zagrożeń ... 2018*). Dawało to maksymalny przyrost metanu o ok. 0,4-2,0 m³/min, a jednorazowo, w sumie ok. 2-10 m³. Ilość ta nie miała wpływu na stężenia metanu w opływowym prądzie powietrza, gdzie nie rejestrowano z tego powodu przyrostu stężenia metanu nawet o 0,1%.

Jeśli więc wstrząs górotworu zaistniał w dniu 5 maja 2018 r. miał energię $2,0 \times 10^9$ J (po skorygowaniu) to musiał w partii H, ze splekanego – przez wcześniej prowadzone roboty górnicze – górotworu wygenerować różne uwieżone w nim gazy.

Potwierdzeniem tego jest wygenerowany metan (rys. 8 i 9), którego:

- maksymalne stężenie – 62% – było ponad 120 razy wyższe od wartości stężenia zwykle osiąganego po robotach strzałowych,
- maksymalna metanowość – 496 m³/min – była ponad 49 razy większa od metanowości występującej zwykle po robotach strzałowych,
- średnie wydzielanie do wyrobisk w partii H zwiększyło się trzykrotnie w stosunku do stanu sprzed wystąpienia wstrząsu,
- łącznie wydzielilo się – do czasu zaizolowania rejonu objętego skutkami tąpnięcia – 545 000 m³ CH₄ (*Analiza zagrożeń ... 2018*).

Skoro więc doszło do wygenerowania metanu, to doszło też do wygenerowania innych gazów, w tym gazów znajdujących się w zrobach zalegających nad robotami prowadzonymi w partii H, a zatem i tlenku węgla. Zarejestrowany przyrost 15 p.p.m. CO w przekopie F-taśmowym poz. 900, przy zmniejszonym przepływie powietrza po tąpnięciu z ok. 1700 do ok. 800 m³/min, wskazuje – w porównaniu do generowanego CO po niektórych wstrząsach górotworu – na:

- maksymalną tlenkowość wielkości ok. 1,2 m³ CO/min – prawie czterokrotnie większą,
- średnią tlenkowość – ok. 0,32 m³ CO/min – ponad 50 razy większą,
- całkowitą ilość ok. 96 m³ CO – niespełna 20 razy większą.

Dla porównania, w przypadku wykonywania typowych robót strzałowych (strzelanie urabiające) – podanych jako przykład na rys. 4 – tlenkowość maksymalna wynosiła ok. 2,21 m³ CO/min, tlenkowość średnia – ok. 1,1 m³ CO/min, a całkowita ilość wydzielonego CO wynosiła ok. 15,4 m³.

Tak znacząca, bo prawie sześciokrotnie większa ilość tlenku węgla zarejestrowana po tąpnięciu świadczy o tym, że w partii H, w strefie objętej skutkami tego tąpnięcia, doszło do wygenerowania tlenku węgla z górotworu. Tym samym nie została potwierdzona hipoteza o wykonanych robotach strzałowych.

Gwoli ścisłości należy dodać, że jednoznaczne stwierdzenie wykonania bądź niewykonania robót strzałowych będzie możliwe podczas oględzin miejsca zdarzenia.

7. Podsumowanie

Wyjaśnienie przyczyn i okoliczności zdarzeń o charakterze katastrof, mających miejsce w kopalniach podziemnych, wymaga całego szeregu badań i analiz prowadzonych w ramach prac specjalnych komisji powypadkowych powoływanych przez prezesa Wyższego Urzędu Górniczego.

Przykład zdarzenia, zaistniałego w dniu 5 maja 2018 r. o godzinie 10:58 w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” w Jastrzębiu-Zdroju, w partii H pokładu 409/4, pokazuje, jak istotny wpływ na równowagę i stateczność górotworu mają roboty prowadzone w partii ograniczonej dużą liczbą dyslokacji, które przyczyniły się do zaistnienia tego wstrząsu.

Rejestracja stężeń gazów dokonywana przez systemy monitorowania pozwala na zinterpretowanie przebiegu zdarzeń i udowodnienie, bądź zanegowanie wcześniej przyjętych hipotez związanych z wątpliwościami co do przebiegu robót górniczych w danym rejonie.

Wstrząs o energii $2,0 \times 10^9$ J jest na tyle silny, że potrafi wygenerować gazy, w tym tlenek węgla, z górotworu naruszonego wcześniej wykonanymi robotami górniczymi.

Z prac komisji powołanej do wyjaśnienia przyczyn i okoliczności tąpnięcia w JSW KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” wynikało, że:

- wstrząs o energii $2,0 \times 10^9$ J, który spowodował rozległe skutki – tąpnięcie w wyrobiskach i wypadek zbiorowy – nastąpił w wyniku gwałtownego wyładowania energii skumulowanej w górotworze. Wysoka koncentracja naprężeń górotworu spowodowana była złożoną sytuacją górniczo-geologiczną,
- przyczyną wypadku zbiorowego (5 wypadków śmiertelnych i 4 wypadki lekkie) było dynamiczne oddziaływanie na uszkodzonych skutków tąpnięcia, spowodowanego samoistnym wstrząsem górotworu o energii $2,0 \times 10^9$ J.

Literatura

Analiza wskazań czujników telemetrycznych zabudowanych dla obserwacji aerologicznych i sejsmicznych w rejonie wstrząsu o energii $1,9 \times 10^8$ J zaistniałego w dniu 5.05.2018 r. o godzinie 10:58, który spowodował tąpnięcie ze skutkami w wyrobiskach wykonanych w pokładach 409/3 i 409/4 w JSW S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”, w aspekcie określenia przyczyn zmian ich sekwencji przed i po zaistniałym tąpnięciu, przy uwzględnieniu aktywności sejsmicznej, w tym powodowanej robotami strzałowymi. Opracowanie wykonane pod kierunkiem Stanisława Trenczka dla komisji WUG. Dokumentacja ITI EMAG, Katowice, lipiec 2018 r., niepublikowane.

Analiza zagrożenia metanowego, w kontekście tąpnięcia ze skutkami w wyrobiskach wykonanych w pokładach 409/3 i 409/4, zaistniałego

w dniu 5.05.2018 r. o godzinie 10:58 w JSW S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”, uwzględniająca stosowane metody prognozowania oraz działalność profilaktyczną. Opracowanie wykonane pod kierunkiem Nikodema Szlązaka dla komisji WUG. Dokumentacja AGH, Kraków, lipiec 2018 r., niepublikowane.

Sprawozdanie Komisji powołanej do zbadania przyczyn i okoliczności tąpnięcia oraz wypadku zbiorowego, zaistniałych w dniu 5 maja 2018 r. w JSW S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie”, Ruch „Zofiówka” w Jastrzębiu-Zdroju. Dokumentacja WUG, Katowice, październik 2018 r., niepublikowana.

Statut Wyższego Urzędu Górniczego. Załącznik do zarządzenia Ministra Energii z dnia 3 lipca 2017 r. w sprawie nadania statutu Wyższemu Urzędowi Górniczemu (Dz. Urz. Ministra Energii poz. 10).

Zarządzenie Nr 41 Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z dnia 7 maja 2018 r. w sprawie powołania Komisji do zbadania przyczyn i okoliczności tąpnięcia oraz wypadku zbiorowego, zaistniałych w dniu 5 maja 2018 r. w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie”, Ruch „Zofiówka” w Jastrzębiu-Zdroju (Dz. Urz. WUG poz. 100).

Artykuł wpłynął do redakcji – maj 2019

Artykuł akceptowano do druku – 15 lipiec 2019



**LUBELSKI WĘGIEL
„BOGDANKA”
SPÓŁKA AKCYJNA**

**KOPALNIA
INTELIENTNYCH
ROZWIĄZAŃ**

jestemy notowani w indeksach:
mWIG40, WIG-GÓRNICTWO, InvestorMS oraz Respect Index

www.lw.com.pl