

Received September 5, 2013; reviewed; accepted September 27, 2013

*podziemne górnictwo rud miedzi,
zagrożenie sejsmiczne,
postęp eksploatacji*

Anna GOGOLEWSKA¹, Piotr JUNIK²

WPLYW STOPNIA ZAAWANSOWANIA EKSPLOATACJI NA ZAGROZENIE SEJSMICZNE W KOPALNI RUD MIEDZI LUBIN

W kopalni Lubin od początku jej istnienia występuje zagrożenie tąpnięciami, które jest następstwem zagrożenia sejsmicznego. Stopień zagrożenia sejsmicznego określany jest na podstawie analizy aktywności sejsmicznej. Podano i omówiono dwie definicje określania stopnia zaawansowania eksploatacji, a mianowicie, jako stosunek energii sejsmicznej do ilości urobionej kopaliny oraz jako odległość, o którą przesuwa się linia frontu w danym czasie. Przeanalizowano wpływ stopnia zaawansowania eksploatacji na aktywność sejsmiczną. Obliczenia i analizy wykonano dla dwóch oddziałów wydobywczych kopalni Lubin o zróżnicowanych warunkach geologiczno-górnictwowych dla lat 2008-2010. Artykuł został napisany w oparciu o pracę dyplomową magisterską zrealizowaną przez Piotra Junika pod kierunkiem dr inż. Anny Gogolewskiej w lutym w roku 2013 na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej.

1. WSTĘP

Jedną z trzech kopalń rud miedzi położonych na monoklinie przedsudeckiej są Zakłady Górnicze Lubin, których pierwszy ciąg produkcyjny eksploatacji złoża rud miedzi uruchomiono w lutym 1968 roku. Złoże rud miedzi w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowych charakteryzuje się dużym zaangażowaniem tektonicznym. Występowanie stref uskokowych w rejonie eksploatowanego złoża ma wpływ na kształ-

¹ Instytut Górnictwa/Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej

² Absolwent Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej

owanie się zagrożenia sejsmicznego i zagrożenia tąpnięciami. Wysokoenergetyczne wstrząsy o klasie energetycznej $E \geq E_5$, które najczęściej są przyczyną tąpnięć, miały miejsce już w pierwszych latach działalności kopalni.

Zagrożenie sejsmiczne i tąpnięciami proporcjonalnie rośnie w momencie, gdy eksploatację prowadzi się na coraz większych głębokościach, bowiem wraz ze wzrostem głębokości ciśnienie statyczne górotworu oddziaływujące na wyrobiska górnicze również wzrasta. Ponadto w miarę postępu robót górniczych zwiększa się powierzchnia zrobów a także stopień wyeksploatowania złoża, co prowadzi do konieczności wybierania pokładów w warunkach skrzepowanych, w bliskim sąsiedztwie zrobów, filarów oporowych bądź ochronnych podpór szybów, co w następstwie skutkuje wzrostem zagrożenia sejsmicznego (Butra, 2010; Dubiński i Konopko, 2000).

Rezultatem niekorzystnych warunków geologiczno-górnich może być wstrząs górniczy, a jego następstwem jest spękanie skał budujących strop lub ociosy, któremu towarzyszy nierzadko tąpnięcie, czyli niekontrolowany wyrzut gruzu skalnego. Z tym zjawiskiem związane jest przeważnie silne trzaśnięcie, oraz wstrząs podobny do eksplozji MW, niszczący wszystko, co napotka na swojej drodze, a więc obudowę, maszyny i urządzenia górnicze, jak również skutkuje nierzadko zupełnym zaciśnięciem chodników (Butra, 2010; Goszcz, 1999).

Do czynników naturalnych mających wpływ na występowanie tąpnięć w kopalniach rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej można zaliczyć dużą głębokość zalegania złoża, jego budowę geologiczną, zawodnienie skał, własności geomechaniczne górotworu, jak również obecność bardzo wytrzymałych o dużej miąższości warstw skalnych w stropie złoża, naturalną tąpliwość pokładów oraz obecność zaburzeń tektonicznych. Spośród czynników technicznych głównymi są: system eksploatacji oraz jego geometria; parametry frontu; sposób kierowania stropem; wpływ krawędzi i resztek; wpływ zrobów i wyrobisk; koncentracja wydobywania; wzajemne oddziaływanie odprężenia pokładu przy jednoczesnej jego eksploatacji; skrzepowanie eksploatacji; prędkość postępu frontu; sposób rozcięcia złoża (Butra, 2010; Dubiński i Konopko, 2000; Goszcz, 1999).

Do czynników organizacyjnych należą: niedoinwestowanie kopalni; braki w szkoleniu; błędy w wykonywaniu profilaktyki; błędy w sztuce górniczej. (Dubiński i Konopko, 2000)

Przeprowadzono analizę zagrożenia sejsmicznego w powiązaniu ze stopniem zaawansowania eksploatacji. Poziom zaawansowania eksploatacji nieustannie wpływa w większym lub mniejszym stopniu na zagrożenie sejsmiczne. Analizie poddano dwa parametry eksploatacyjne, a mianowicie postęp eksploatacji wyrażony ilością urobionej rudy (energetyczny wskaźnik wydobywania w J/kg) oraz postęp eksploatacji wyrażony szybkością przemieszczania się linii frontu. Zbadano wpływ tempa postępu linii frontu eksploatacyjnego oraz ilości urobionej rudy na aktywność sejsmiczną górotworu, czyli zagrożenie sejsmiczne. Analizowano wpływ stopnia zaawansowania eksploatacji na wzrost lub spadek zagrożenia sejsmicznego.

Badaniami objęte zostały dwa oddziały wydobywcze w kopalni Lubin, w których ze względu na odmienne warunki górnicze, eksploatacja prowadzona jest różnymi odmianami systemu komoro-filarowego. Analiza została przeprowadzona dla warunków panujących w tych oddziałach w latach 2008-2010.

Artykuł został napisany z wykorzystaniem części pracy dyplomowej magisterskiej zrealizowanej przez Piotra Junika pod kierunkiem dr inż. Anny Gogolewskiej w lutym w roku 2013 na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej.

2. OBSZAR BADAŃ I METODYKA

Do przeprowadzenia analizy wpływu stopnia zaawansowania eksploatacji na zagrożenie sejsmiczne wybrano dwa oddziały eksploatacyjne w ZG Lubin, oddział G-7 (pola: LZ/1, LZ/3, LZ/4, LZ/5 i LZ/6 wraz osadnikami LZ/4 i LZ/6) oraz oddział G-8 (pola: XI/13, XII/3, XII/4 i XII/5). Oddziały te usytuowane są w rejonie Lubin Zachodni. W oddziale G-7 eksploatacja prowadzona jest systemem komorowo-filarowym z podsadzką hydrauliczną RG-7, a w oddziale G-8 roboty górnicze wykonywane są za pomocą systemu komorowo-filarowego z ugięciem stropu J-UG.

System RG-7, czyli system komorowo-filarowy z podsadzką hydrauliczną dla warunków występowania w złożu skał silnie skłonnych do tępai przeznaczony jest do wybierania złoża typu pokładowego, a zwłaszcza silnie skłonnego do tępai w sytuacji, gdy zalega ono w trudnych warunkach geologiczno-górnicych. Systemem tym wybierane jest złożo charakteryzujące się miąższością do 18 m, upadem nie większym niż 8° , w sytuacji, gdy skały stropowe nadają się do stosowania obudowy kotwowej. System z ugięciem stropu J-UG jest przeznaczony do wybierania złoża o następującej charakterystyce: miąższość złoża do 7 m, upad do 8° , a skały stropowe umożliwiają stosowanie obudowy kotwowej.

Złożo w oddziale G-7 w rejonie pól LZ/1, LZ/3 i LZ/4 wraz z osadnikami LZ/4 oraz pól LZ/5 i LZ/6 wraz z osadnikami LZ/6 zostało zaliczone do III stopnia zagrożenia tępaiami. Złożo w oddziale G-8 w rejonie pól XII/3, XII/4, XII/5 zostało zaliczone do III stopnia zagrożenia tępaiami, a pole XI/13 do II stopnia zagrożenia tępaiami.

Oddział G-7 umiejscowiony jest w części zasobów uwolnionych z filara ochronnego szybów L-IV i L-V, pola eksploatacyjne oddziału położone są na obwodzie okręgu, który tworzy granica filara ochronnego szybów. Rejon, w którym umiejscowione są pola eksploatacyjne: LZ/1, LZ/3 i LZ/4 wraz z osadnikami LZ/4, usytuowany jest w południowo-zachodniej części obszaru górniczego ZG Lubin, w sąsiedztwie nowego filara ochronnego szybów L-IV i L-V. Rejon, w którym zlokalizowane są pola eksploatacyjne LZ/5 i LZ/6 wraz z osadnikami LZ/6 położony jest w SW części obszaru górniczego ZG Lubin, w bezpośrednim sąsiedztwie filara ochronnego szybów

L-IV i L-V rejonu LZ. Oba pola od strony wschodniej ograniczone zostały strefą upodatnioną, obejmującą wiązkę pochylni.

Pola eksploatacyjne: XII/3, XII/4 i XII/5 oddziału G-8 położone są we wschodniej części obszaru Lubin Zachodni. Pola od południa graniczą z chodnikiem, a od strony wschodniej z komorą jak również ze starymi zrobami zawałowymi pola XII/2. Z kolei obszar pola XI/13 zalega w rejonie wsi Żelazny Most, w południowo-zachodniej jej części. Roboty eksploatacyjne w polu XII/4 zakończono w czerwcu 2008 roku. W styczniu 2009 roku rozpoczęto prowadzenie robót w polu XI/13.

Analiza sytuacji geologiczno-górnictwej i aktywności sejsmicznej w obydwu oddziałach objęła trzy kolejne lata: 2008, 2009 i 2010. Aby podjąć temat stopnia zaawansowania eksploatacji, w odniesieniu do kopalni podziemnej rud miedzi należałoby wyjaśnić, jak to zaawansowanie jest definiowane. Ogół zagadnień stopnia zaawansowania eksploatacji jest tematem złożonym, gdyż składa się na niego wiele pojedynczych czynników. Aby wyjaśnić dokładnie, na czym to zagadnienie polega, zacząć należy od krótkiego określenia, czym ono dokładnie jest, jak się je traktuje, oraz do czego to pojęcie jest wykorzystywane.

W każdej kopalni mówiąc o zaawansowaniu eksploatacji (postępie) mówi się o megagramach urobionej kopaliny. Wobec powyższego przedmiotem zainteresowania jest ilość urobionych megagramów złoża rud miedzi w ujęciu miesięcznym lub rocznym. Dlatego też dział mierniczy zajmuje się dokładnym obliczaniem ilości urobionej rudy w pojedynczym odstępzie czasu, najczęściej mierzy się to w ujęciu miesięcznym bądź rocznym. Jest to pierwsza kwestia, która się nasuwa w kontekście pojęcia postępu eksploatacji.

Drugą istotną mierzalną wartością, która charakteryzuje stopień zaawansowania eksploatacji jest wielkość postępu linii frontu eksploatacyjnego, czyli odległość pomiędzy kolejnymi położeniami czoła frontu mierzona w metrach. Dział mierniczy mierzy, na początku założonego z góry okresu (pierwszy dzień miesiąca), w którym miejscu wówczas jest położona linia frontu eksploatacyjnego. Drugi kończący pomiar wykonuje się na koniec założonego okresu czasu, czyli np. na koniec miesiąca i na podstawie tych dwóch wyników obliczany jest postęp eksploatacji, czyli dokładniej mówiąc ilość metrów, o jakie przesunął się do przodu front eksploatacyjny.

Zagrożenie sejsmiczne oceniono na podstawie aktywności sejsmicznej. Natomiast aktywność sejsmiczna jest to ilość wstrząsów i ich energia w ujęciu dobowym, miesięcznym czy też rocznym.

3. ENERGETYCZNY WSKAŹNIK WYDOBYCIA

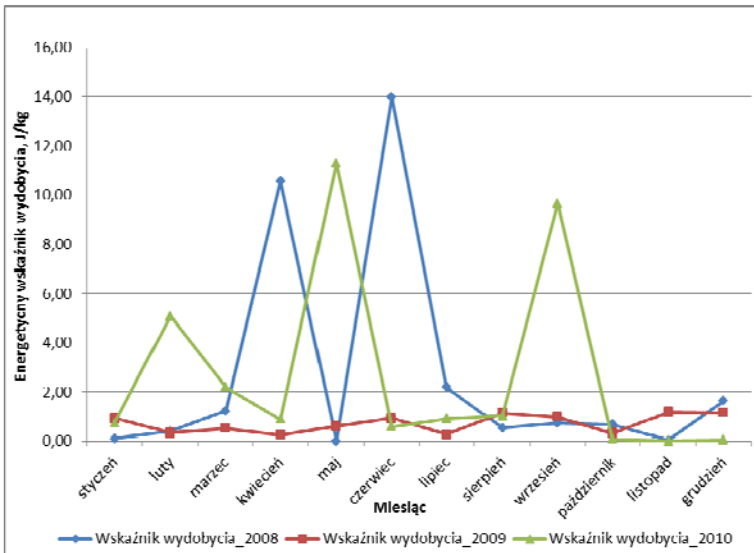
Bazując na danych pozyskanych z działu mierniczego kopalni Lubin, sporządzono wykresy energetycznego wskaźnika wydobycia w kolejnych latach: w roku 2008, w roku 2009 i w roku 2010, w dwóch oddziałach eksploatacyjnych. Dane dotyczące

wydobycia dla oddziału G-7 i oddziału G-8 zostały przeanalizowane, a wyniki analizy umieszczono na rysunku 1 (oddział G-7) i na rysunku 3 (oddział G-8) ilustrujących wielkość energetycznego wskaźnika wydobycia (w J/kg) w latach 2008-2010. Aby dokładniej scharakteryzować zależność wyzwolonej energii sejsmicznej od ilości urobionej rudy zestawiono dodatkowo ilość tylko wysokoenergetycznych wstrząsów o klasie energetycznej $E \geq E5$ w korelacji z ilością urobionej rudy miedzi (rysunek 2) dla oddziału G-7 oraz (rysunek 4) dla oddziału G-8, by pokazać ile średnio wstrząsów wysokoenergetycznych przypada na miesięczny tonaż wydobycia rud miedzi.

3.1. ODDZIAŁ G-7

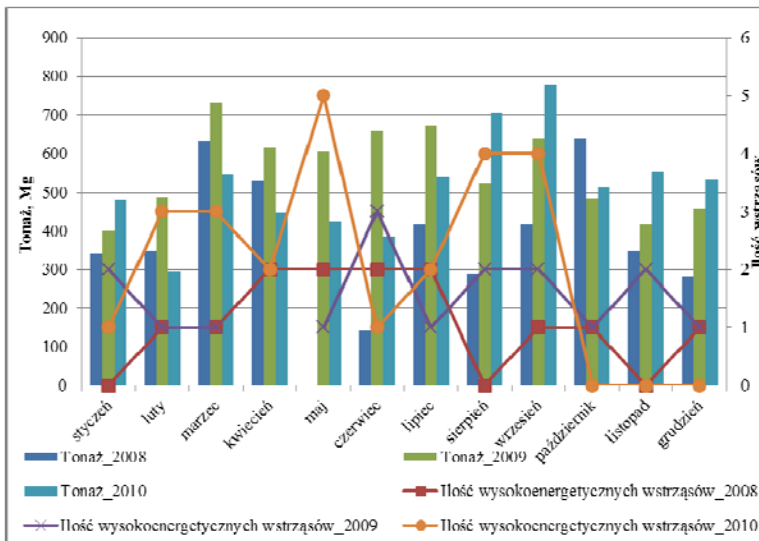
W oparciu o dane z kopalni Lubin, dla oddziału G-7 sumaryczną miesięczną ilość urobionych rud miedzi zestawiono z łączną miesięczną wyzwoloną energią. Na podstawie tych danych obliczono energetyczny wskaźnik wydobycia w J/kg, który jest ilorazem energii sejsmicznej i wydobytego tonażu, a następnie wykreślono wykres korelacji w zestawieniu miesięcznym tonażu urobionej rudy oraz wyemitowanej energii będącej skutkiem prowadzonych robót górniczych (rysunek 1). Widać wyraźnie, iż tylko w pojedynczych przypadkach wraz z zauważalnym wydobyciem większej ilości rudy wzrasta znacznie wyzwolona energia, jak w przypadku kwietnia 2008 roku, bądź września 2010 roku. Natomiast w większości przypadków wydaje się być nieprawdziwym stwierdzenie, iż energia sejsmiczna emitowana na skutek wstrząsów górotworu wzrasta, wraz z powiększeniem się tonażu urobku. Wielkości wskaźnika przekroczyły wartość 10 J/kg tylko w przypadku czterech miesięcy. W 2009 roku wskaźnik utrzymywał się w poszczególnych miesiącach na podobnym poziomie oscylującym w granicy 0,5 do 1,5 J/kg. W roku 2008 wielkość energetycznego wskaźnika wydobycia w kwietniu przekroczyła 10,57 J/kg, a w czerwcu osiągnęła wielkość maksymalną (13,99 J/kg) na przestrzeni całego roku. W pozostałych miesiącach 2008 roku wskaźnik wynosił od 0 do 2,19 J/kg. Podobna sytuacja miała miejsce w roku 2010, gdzie wartość zbliżoną do 10 J/kg (9,66 J/kg) wskaźnik osiągnął we tylko we wrześniu, a przekroczył ją w maju (11,30 J/kg).

W oddziale G-7 w roku 2008 średnie miesięczne wydobyte wyniosło 365,73 Mg przy średnio 1,1 wstrząsie wysokoenergetycznym na miesiąc (rysunek 2). Rok 2009 przyniósł wynik średniego wydobycia na poziomie 557,65 Mg przy 1,42 wstrząsach wysokoenergetycznych na miesiąc. Natomiast w roku 2010 miesięczny średni tonaż urobionej rudy wyniósł 516,26 Mg, przy 2,08 wstrząsach wysokoenergetycznych.



Rys. 1. Energetyczny wskaźnik wydobywania w poszczególnych miesiącach w latach 2008-2010 w oddziale G-7 w kopalni Lubin (wg Junika, 2013)

Fig. 1. Monthly energy-output ratio over the period of 2008-2010 yrs. for G-7 mining district in Lubin cooper ore mine (after Junik, 2013)



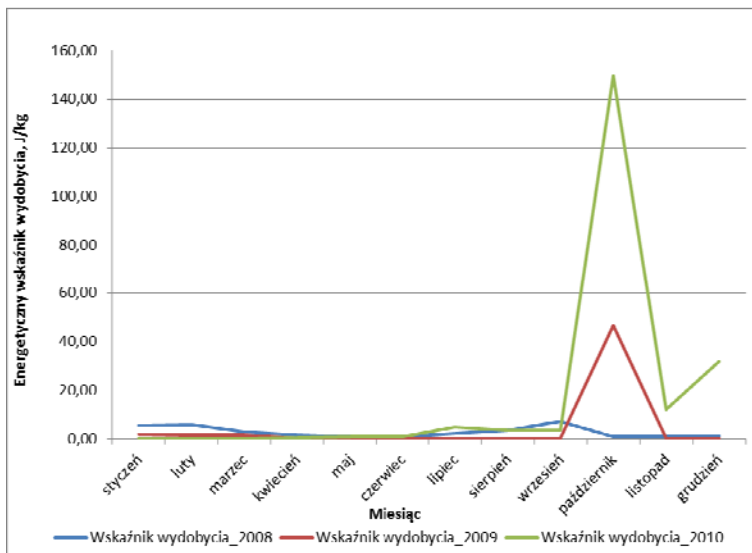
Rys. 2. Tonaż wydobytej rudy miedzi w zestawieniu z liczbą wysokoenergetycznych wstrząsów ($E \geq E5$) w ujęciu miesięcznym w latach 2008-2010 w oddziale G-7 w kopalni Lubin (wg Junika, 2013)

Fig. 2. Copper ore output related to number of high-energy tremors ($E \geq E5$) in several months over the period of 2008-2010 yrs. in G-7 mining district in Lubin copper ore mine (after Junik, 2013)

3.2. ODDZIAŁ G-8

Opierając się o dane dla oddziału G-8, miesięczną ilość urobionej rudy miedzi zestawiono z miesięczną wyemitowaną energią. Na podstawie tych danych obliczono w zestawieniu miesięcznym energetyczny wskaźnik wydobywania w J/kg. Widać wyraźnie, iż tylko w pojedynczych przypadkach wraz z zauważalnym wydobywaniem większej ilości rudy wzrasta znacznie wywołana energia jak w przypadku kwietnia 2008, bądź września 2010. Natomiast w większości przypadków energia sejsmiczna emitowana na skutek wstrząsów górotworu nie wzrasta, wraz z powiększeniem się tonażu urobku. Wartości wskaźnika przekroczyły wartość 20 J/kg tylko w przypadku trzech miesięcy.

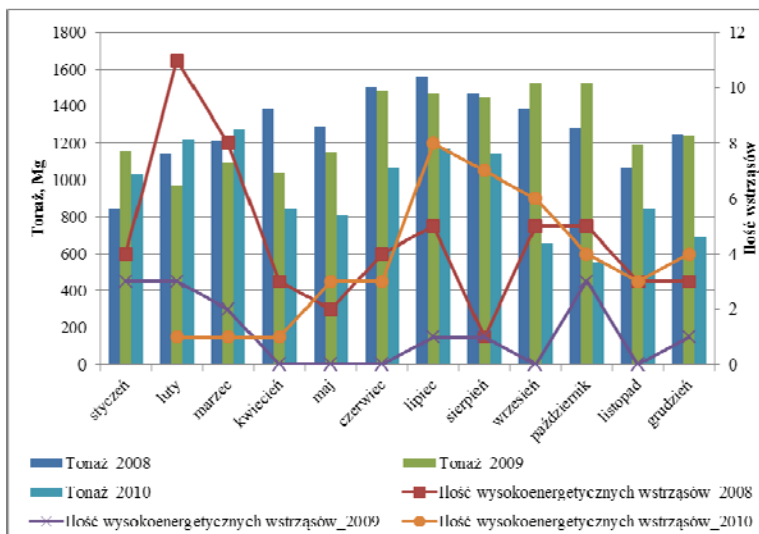
W 2008 roku energetyczny wskaźnik wydobywania utrzymywał się w poszczególnych miesiącach na podobnym poziomie oscylującym od 0,9 do 6,0. W roku 2009 wartość wskaźnika wydobywania tylko w październiku przekroczyła graniczną wartość 20 J/kg, dając wynik 46,66, w pozostałych miesiącach wskaźnik wyniósł od 0,03 do 1,82 J/kg. Dwukrotnie natomiast wartość graniczna wskaźnika przekroczona została w roku 2010. W październiku tego roku wskaźnik osiągnął największą wielkość spośród obu omawianych oddziałów eksploatacyjnych, która wyniosła 150 J/kg, drugim miesiącem, który wykazał się dość dużą wartością wskaźnika był grudzień, w którym wyniósł on 31,65 J/kg. W pozostałych miesiącach 2010 roku energetyczny wskaźnik wydobywania zmieniał się od 0,08 do 11,3 J/kg (rysunek 3).



Rys. 3. Energetyczny wskaźnik wydobywania w poszczególnych miesiącach w latach 2008-2010 w oddziale G-8 w kopalni Lubin (wg Junika, 2013)

Fig.3. Monthly energy-output ratio over the period of 2008-2010 yrs. for G-8 mining district in Lubin cooper ore mine (after Junik, 2013)

W oddziale G-8 w roku 2008 średnie miesięczne wydobywanie wyniosło 1282,33 Mg przy średnio 4,5 wstrząsach wysokoenergetycznych na miesiąc. Rok 2009 przyniósł wynik średniego wydobywania na poziomie 1273,64 Mg przy 1,17 wysokoenergetycznych wstrząsów na miesiąc. Natomiast w roku 2010 miesięczny średni tonaż urobionej rudy wyniósł 942,83 Mg, przy 3,42 wstrząsach wysokoenergetycznych (rysunek 4).



Rys. 4. Tonaż wydobytej rudy miedzi w zestawieniu z liczbą wysokoenergetycznych wstrząsów ($E \geq E5$) w ujęciu miesięcznym w latach 2008-2010 w oddziale G-8 w kopalni Lubin (wg Junika, 2013)
 Fig.4. Copper ore output related to number of high energetic tremors ($E \geq E5$) in several months over the period of 2008-2010 yrs. in G-8 mining district in Lubin copper ore mine (after Junik, 2013)

4. POSTĘP LINII FRONTU EKSPLOATACYJNEGO

Analizę przeprowadzono dla oddziału G-7 i oddziału G-8. Do przeprowadzenia analizy prędkości przemieszczania się linii frontu i jej związku z zagrożeniem sejsmicznym wykorzystano szkice wyrobisk górniczych wykonanych w skali 1:5000 z naniesionymi położeniami linii frontu w odstępach rocznych w latach 2005–2010. Pomiar każdej linii frontu prowadzono gruntownie i szczegółowo, często uwzględniając porzucane po różnych częściach pola komory i pasy, tak by odtworzyć rzeczywistą prędkość przemieszczania się linii frontu eksploatacyjnego. Do całej długości postępu linii dodawano pozostałe filary, które likwidowano w tym okresie, jednak pozostawały one w granicach frontu z okresu poprzedniego (tzn. filary technologiczne będące w obszarze postępu linii frontu w I połowie 2009, które podsadzano np. w II połowie roku 2009, dodane były do postępu II połowy roku 2009). Każdą z pomierzonych odległości, o jaką przemieścił się front uśredniano, by jak najbardziej precyzyj-

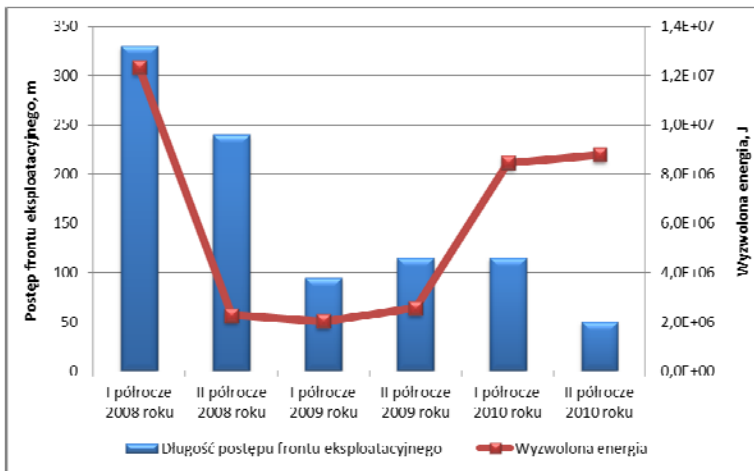
nie oddać rzeczywistą sytuację górniczą, a w przypadku, gdy front na całej swej długości miał nieregularną szerokość, mierzono ją na lewym i prawym skrzydle oraz w centralnej jego części. Następnie zestawiano otrzymane odległości z energią sejsmiczną, co przedstawiono na rysunku 5 (oddział G-7) i na rysunku 7 (oddział G-8).

Aby przedstawić zagadnienie (prędkości przemieszczania się) postępu linii frontu roboczego, zestawiono, w ujęciu półrocznym, ilość wstrząsów wysokoenergetycznych (o energii w klasie $E \geq E_5$) z odległością, o jaką przesunęła się linia frontu (z długością postępu czoła eksploatacyjnego), czego wynikiem jest obliczona średnia ilość wstrząsów, jaka przypada na długość postępu w ujęciu półrocznym. Długości postępu frontu oraz ilości zaistniałych wstrząsów wysokoenergetycznych w okresie półrocznym przedstawiono na rysunku 6 (oddział G-7) i na rysunku 8 (oddział G-8).

4.1. ODDZIAŁ G-7

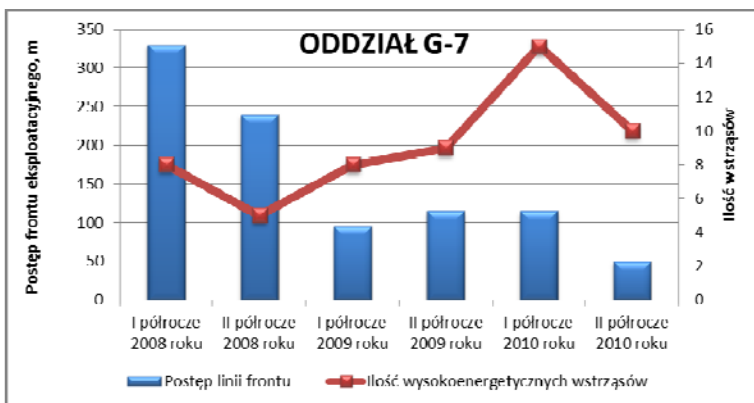
W oddziale eksploatacyjnym G-7, który obejmuje rejon tzw. LZ-ów, czyli oddziałów zlokalizowanych w sąsiedztwie filara ochronnego szybów Zachodnich L-IV i LV, w latach 2008-2010 eksploatowane były pola LZ/1, LZ/3, LZ/4 wraz z osadnikami LZ/4, LZ/5, LZ/6 wraz z osadnikami LZ/6 oraz szcążkowo pole X/10 oraz XII/10 jednak ich skala postępu nie mogła dać miarodajnych wyników z racji niewielkiego obszaru oraz zbyt małej aktywności sejsmicznej, dlatego ich wyniki dodano do uśrednionych pomiarów na końcu zestawienia dla całego oddziału. Natomiast do kluczowej analizy aktywności sejsmicznej w omawianym oddziale wzięto pod uwagę tylko trzy pola, czyli LZ/4, LZ/5 i LZ/6, ponieważ to w ich obrębie eksploatacja prowadzona była prostopadłą linią do kierunku prowadzenia frontu, co więcej front obejmował szerokości, co najmniej 5 sąsiednich komór. Pozostałe pola z tej przyczyny nie zostały uwzględnione w tym zestawieniu by nie wprowadzać błędów do wyników końcowych. Z racji drobiazgowej analizy każdej komory i filara podzielono linię frontu na trzy części, czyli na lewe i prawe skrzydło oraz środek frontu, tak by w jak najdokładniejszy sposób odtworzyć rzeczywistą długość linii frontu roboczego. Następnie uśrednione pomiary dodano do siebie tworząc czasookresy półroczne i zestawiono je z wyzwoloną energią sejsmiczną. Zestawienie długości postępu linii frontu do porównania z wyemitowaną energią miało pokazać zależność wielkości energii sejsmicznej od stopnia zaawansowania eksploatacji, czyli szybkości, z jaką porusza się linia frontu eksploatacyjnego. Można zauważyć pewnego rodzaju korelację, ponieważ gdy rośnie długość frontu roboczego, czyli wzrasta stopień zaawansowania eksploatacji, równocześnie rośnie wielkość emisji energii sejsmicznej będącej następstwem wstrząsów. Zależność taka zachodzi w roku 2008 i w roku 2009, kiedy wraz ze wzrostem długości postępu frontu eksploatacyjnego widoczny jest wyraźny wzrost energii (rysunek 5). Natomiast w roku 2010 owa prawidłowość przestaje mieć miejsce, gdyż mimo spadku szybkości postępu linii frontu roboczego, energia cały czas rośnie. Łączny postęp linii frontu w latach 2008-2010 wyniósł 945 metrów a łączna energia wyniosła $3,64 \times 10^7 J$,

czyli $3,85 \times 10^4 \text{ J/m}$ postępu linii frontu rocznie. Korelacja pomiędzy wzrostem aktywności sejsmicznej przy jednoczesnym wzroście stopnia zaawansowania eksploatacji w pozostałych latach ma miejsce. Pomimo jednego wyjątku wysoce prawdopodobna jest zależność zwiększania się aktywności sejsmicznej oddziału eksploatacyjnego w następstwie wzrostu stopnia zaawansowania jego eksploatacji.



Rys. 5. Postęp frontu roboczego a wyzwolona energia w latach 2008-2010 w oddziale G-7 w kopalni Lubin (wg Junika, 2013)

Fig. 5. Rate of face advance related to seismic energy over the period of 2008-2010 yrs. in G-7 mining district in Lubin copper ore mine (after Junik, 2013)



Rys. 6. Długość postępu linii frontu roboczego w zestawieniu z ilością wstrząsów wysokoenergetycznych ($E \geq E_5$) w ujęciu półrocznym w latach 2008-2010 w oddziale G-7 w kopalni Lubin (wg Junika, 2013)

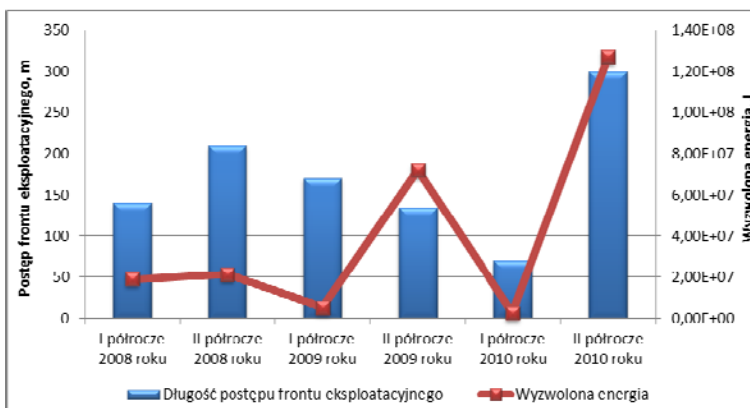
Fig. 6. Rate of face advance related to number of high-energy tremors ($E \geq E_5$) in every six months over the period of 2008-2010 yrs. in G-7 mining district in Lubin copper ore mine (after Junik, 2013)

W oddziale G-7 w latach 2008-2010 łączny postęp linii frontu we wszystkich eksploatowanych polach wyniósł 945 m, co daje średnio 315m przesunięcia czoła frontu eksploatacji na rok. Jeśli chodzi o towarzyszące prowadzonym robotom górniczym wstrząsy wysokoenergetyczne, których na przestrzeni omawianego okresu trzech kolejnych lat, miało miejsce 55, ich średnie występowanie ukształtowało się, na poziomie ok. 18,3 wstrząsu na rok (rysunek 6).

4.2. ODDZIAŁ G-8

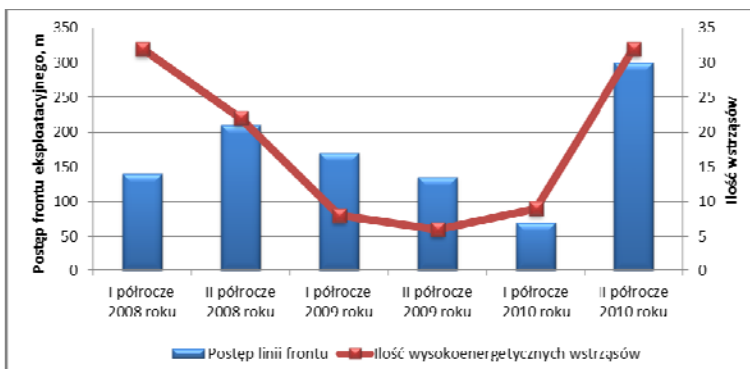
Dla oddziału G-8 w kopalni Lubin, położonym we wschodniej części obszaru Lubin Zachodni, eksploatowanym w latach 2008-2010 w obrębie trzech pól tj., pola XII/4, XII/5 i XI/13, dokonano pomiarów długości postępu linii frontu eksploatacyjnego, detalicznie i sumując poszczególne długości pasów i komór, wypełniając obszar pozostawionych filarów reszkowych innymi filarami, które pomimo usytuowania w odrębnym obszarze eksploatowanym wcześniej, likwidowane były właśnie w analizowanym czasie. Dodawano również te części komór i pasów, które w eksploatowanym okresie nie były brane regularnie, a jednak są częścią obszaru. Zestawiono długości uśrednione, biorąc pod uwagę 3 pomiarowe punkty na mapie linii frontu, gdyż nierzadko pas eksploatacyjny na lewym skrzydle frontu był dużo szerszy niż w jego prawym skrzydle, bądź w części centralnej. Otrzymane wyniki zsumowano w ujęciu półrocznym i zestawiono z wyzwoloną energią również w ujęciu półrocznym otrzymując wykres stopnia zaawansowania eksploatacji w powiązaniu z energią sejsmiczną, który ilustruje rysunek 7. Zestawienie długości postępu frontu w odniesieniu do wyzwolonej energii miało za zadanie pokazać jak zależy wielkość wyemitowanej energii od stopnia zaawansowania postępu frontu roboczego, czyli od szybkości prowadzenia robót górniczych. Widoczna jest pewnego rodzaju zależność, ponieważ, gdy wzrasta długość postępu frontu, czyli zwiększa się stopień zaawansowania eksploatacji, równocześnie wzrasta wyzwalamąca się na wskutek wstrząsów, energia sejsmiczna. Łączny postęp linii frontu w latach 2008–2010 wyniósł 1025 metrów, a łączna energia wyniosła $2,47 \times 10^8$ J, czyli $2,41 \times 10^5$ J/m postępu linii frontu rocznie, a więc o rząd energii więcej niż w przypadku oddziału G-7. Można zauważyć, że w I półroczu 2008 roku długość postępu frontu wynosi 140m przy jednoczesnej emisji energii na poziomie $1,89 \times 10^7$ J, w następnym okresie wzrasta postęp do 210 (plus 70 metrów), a w tym samym czasie rośnie również emisja energii sejsmicznej. W kolejnych latach sytuacja się powtarza, w jednym tylko przypadku ta zależność nie występuje, mianowicie przy przejściu z I półrocza 2009 roku na II półrocze, mimo spadku postępu, rośnie energia. Pomimo tego jednego wyjątku jest wysoce prawdopodobna zależność zwiększenia się aktywności sejsmicznej oddziału eksploatacyjnego w następstwie wzrostu stopnia zaawansowania jego eksploatacji określanego szybkością przesuwania się linii frontu.

W oddziale G-7 w latach 2008–2010 łączny postęp linii frontu we wszystkich eksploatowanych polach wyniósł 1025 m, co daje średnio 341 m przesunięcia czoła eksploatacji na rok. Jeśli chodzi o towarzyszące prowadzonym robotom górniczym wstrząsy wysokoenergetyczne, których na przestrzeni omawianego okresu trzech kolejnych lat, miało miejsce sumarycznie 109, ich średnie występowanie ukształtowało się na poziomie ok. 36,3 wstrząsu na rok (rysunek 8).



Rys. 7. Postęp frontu roboczego a wyzwolona energia w latach 2008-2010 w oddziale G-8 w kopalni Lubin (wg Junika, 2013)

Fig. 7. Rate of face advance related to seismic energy over the period of 2008-2010 yrs. in G-8 mining district in Lubin copper ore mine (after Junik, 2013)



Rys. 8. Długość postępu linii frontu roboczego w zestawieniu z ilością wstrząsów wysokoenergetycznych ($E \geq E_5$) w ujęciu półrocznym w latach 2008-2010 w oddziale G-7 w kopalni Lubin (wg Junika, 2013)

Fig. 8. Rate of face advance related to number of high-energy tremors ($E \geq E_5$) in every six months over the period of 2008-2010 yrs. in G-7 mining district in Lubin copper ore mine (after Junik, 2013)

5. PODSUMOWANIE

W latach 2008 -2010 w oddziale G-7 i w oddziale G-8 w kopalni Lubin, stopień zaawansowania eksploatacji wyrażony postępowaniem eksploatacji, a więc ilością wydobytej kopaliny nie miał wpływu na kształtowanie się zagrożenia sejsmicznego. Wzrost czy spadek postępu nie miał wpływu na wzrost czy spadek aktywności sejsmicznej. Nie stwierdzono bezpośredniej zależności pomiędzy energią sejsmiczną i postępowaniem eksploatacji wyrażonym ilością wydobytej rudy. Również zmiany obliczonego energetycznego wskaźnika wydobywania nie wykazywały żadnych prawidłowości. Natomiast wykazano, że stopień zaawansowania eksploatacji określony, jako szybkość przemieszczania się linii frontu w obydwu oddziałach w latach 2008–2010 miał bezpośredni wpływ na zagrożenie sejsmiczne.

LITERATURA

- BUTRA J., 2010. *Eksploatacja złoża rud miedzi w warunkach zagrożenia tąpnięciami i zawałami*, KGHM Cuprum Sp. z o.o., Wrocław
- GOSZCZ A., 1999. *Elementy mechaniki skał oraz tąpnięcia w polskich kopalniach węgla i miedzi*, Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków.
- DUBIŃSKI J., KONOPKO W., 2000. *Tąpnięcia – ocena – prognoza – zwalczanie*, Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice.
- JUNIK P., 2013. *Zagrożenie tąpnięciami w powiązaniu ze stopniem zaawansowania eksploatacji w ZG Lubin*, Praca dyplomowa magisterska, niepublikowana.

SEISMIC HAZARD RELATED TO RATE OF FACE ADVANCE IN LUBIN COPPER ORE MINE

Seismic hazard was depicted by means of seismic activity. The rate of face advance was defined as the output-energy ratio (J/kg) and as the distance in meters, which the face overcomes in a given time (for example six months). Seismic activity was analyzed in relation to such the rates of face advance. The analyses were performed for two mining districts (G-7 and G-8) of Lubin copper ore mine. The period of 2008-2009 years was taken into account. In both mining districts the output-energy ratio did not show any strict connection between the rate of face advance and seismic activity. Whilst seismic hazard increased with increasing rate of face advance defined as the distance between two sequential positions of face in most panels of the two mining districts.