

*Ewa Xenia Takuska-Węgrzyn\**

## ANALIZA AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ W ZAKRESIE ZJAWISK ŚLADOWYCH I SŁABYCH W KORELACJI Z WYNIKAMI TOMOGRAFII PASYWNEJ NA PRZYKŁADZIE POLA EKSPLOATACYJNEGO G-7/5 O/ZG RUDNA KGHM S.A.\*\*

---

### 1. Wstęp

Liczne badanie przeprowadzone nad aktywnością sejsmiczną w kopalniach rud miedzi, zarówno w zakresach częstotliwości odpowiadającej sejsmologii, jak i sejsmoakustyce [1] udowodniły w sposób jednoznaczny, że nie ma jednolitego kryterium predykcyjnego czasu i miejsca wystąpienia wstrząsów górniczych i tąpnięć [2]. Niemniej jednak analiza aktywności sejsmicznej jest przeprowadzana w kopalniach miedzi w sposób rutynowy i dostarcza wielu użytecznych informacji pozwalających lepiej poznać mechanizmy zjawisk dynamicznych zachodzących w górotworze i wykorzystać je w problemach praktycznych kopalni miedzi [3].

Celem pracy jest przedstawienie wyników analizy aktywności sejsmicznej, w tym śladowej i słabej, w polu eksploatacyjnym G-7/5 O/ZG Rudna za okres 2008–2010. Przedstawiono również próbę korelacji tych wyników z wynikami tomografii pasywnej z tego okresu.

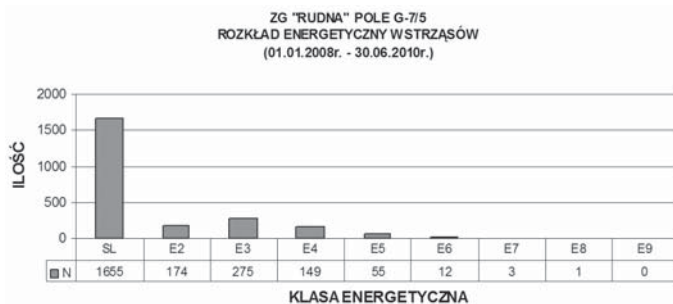
### 2. Analiza aktywności sejsmicznej w polu eksploatacyjnym G-7/5 O/ZG Rudna KGHM S.A.

W okresie od 01.01.2008 r. do 30.06.2010 r. w polu G-7/5 zarejestrowano 71 wstrząsów o energiach  $E \geq 1,0E5$  J, w tym 16 silnych zjawisk o energiach  $E \geq 1,0E6$  J (rys. 1).

---

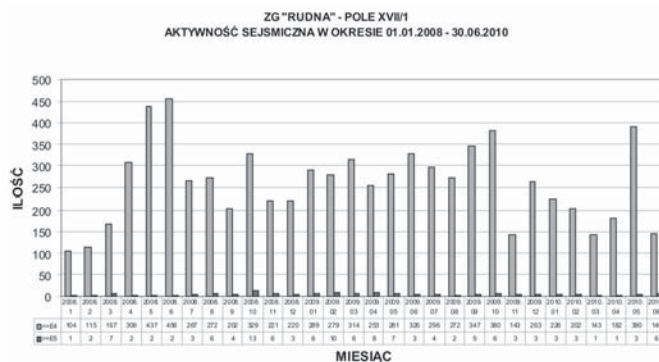
\* Katedra Geofizyki, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

\*\* Artykuł zrealizowany w ramach prac statutowych AGH numer 11.11.140.769

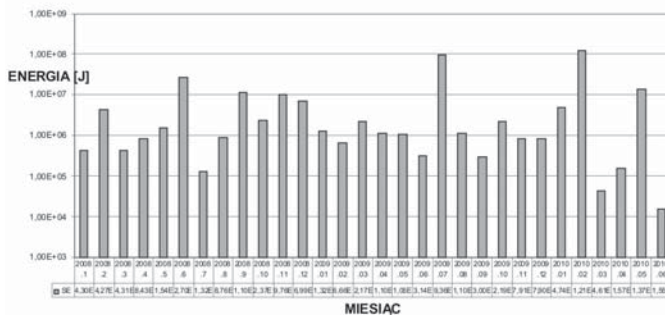


**Rys. 1.** Rozkład energetyczny wstrząsów z pola eksploatacyjnego G-7/5 ZG Rudna w okresie 01.01.2008–30.06.2010

Analizując aktywność miesięczną (rys. 2), stwierdzono, że od stycznia 2008 r. do czerwca 2010 r. występowały silne zjawiska sejsmiczne utrzymujące się na poziomie od 0 do 4 wstrząsów miesięcznie.



**Rys. 2.** Aktywność sejsmiczna pola eksploatacyjnego G-7/5 ZG Rudna w okresie 01.01.2008–30.06.2010



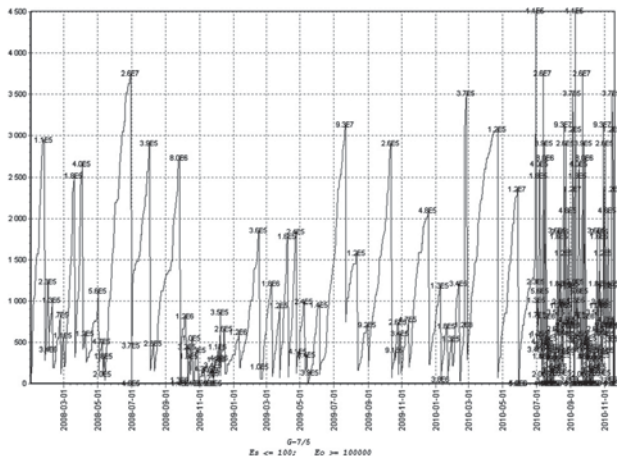
**Rys. 3.** Miesięczna energia wyemitowana z pola eksploatacyjnego G-7/5 ZG Rudna w okresie 01.01.2008–30.06.2010

Jedynie w okresie od października 2008 r. do grudnia 2008 r. zarejestrowano większą ilość wstrząsów o energii powyżej  $1,0E5$  J. W zakresie wygenerowanej sumarycznej energii sejsmicznej zaobserwowano duże miesięczne zróżnicowanie (rys. 3).

### 3. Ocena aktywności śladowej

Poszukiwanie korelacji między aktywnością śladową a silnymi wstrząsami o energii większej bądź równej  $1,0E5$  J polegało na sumowaniu energii śladów pomiędzy silnymi zjawiskami sejsmicznymi w danym oddziale wydobywczym. Na podstawie wykresów dobie-rano wartość progową energii sumarycznej dla poszczególnych oddziałów wydobywczych oczekując, że po jej przekroczeniu może dojść do silnego wstrząsu. Jednakże z analizy statystycznej wynika, że czas do wystąpienia wstrząsu po przekroczeniu wartości progowej może być bardzo długi i uzależniony, między innymi od zmiany kierunku prowadzonych prac lub częściowego bądź całkowitego zatrzymania postępu oddziału. W związku z tym tę metodę prognostyczną można traktować jedynie jako uzupełniającą, a nie podstawową. Wynika to z tego, że na sposób narastania sumarycznej energii wstrząsów ma wpływ wiele czynników.

Analiza aktywności zjawisk śladowych z pola eksploatacyjnego G-7/5 O/ZG Rudna nie pozwala na stwierdzenie zwiększonej aktywności przed występującymi wstrząsami wysoko-energetycznymi (rys. 4).



Rys. 4. Aktywność śladowej i słabej emisji sejsmicznej z pola eksploatacyjnego G-7/5 ZG Rudna w okresie 01.01.2008–30.06.2010

### 4. Analiza stref zagrożenia sejsmicznego metodą geotomografii pasywnej — pole G-7/5

Do oceny zagrożenia sejsmicznego stosuje się metodę tomografii pasywnej, która wykorzystuje do obliczeń grupy wstrząsów naturalnych. Za stosowaniem tej metody

przemawiają względy ekologiczne, jednak jej sukces zależy od właściwej konfiguracji sieci i dobrej jakości oprogramowania. Stosowane algorytmy ulegają stałym modyfikacjom [4, 5]. Dotychczasowa praktyka wykazuje, że hipocentra ognisk silnych wstrząsów górotworu związane są z reguły ze strefami wysokich prędkości propagacji fali  $P$  w ośrodku skalnym, a szczególnie z dużymi gradientami pola prędkości występującymi na zboczach tych stref. Strefy bardzo niskich wartości pola prędkości korelują się z reguły ze strefami o bieżącej słabej sejsmiczności. Ten fakt wykorzystywany jest w ocenie zagrożenia sejsmicznego przy zastosowaniu metody, która bazuje na obliczeniach z rejestracji naturalnych wstrząsów górotworu, w szczególności zaistniałych w badanych polach oraz w polach oddziałów otaczających. Analiza pola prędkości oraz jego zmiany wykonywane są w interwałach tygodniowych, miesięcznych lub kwartalnych, w czasie, których pole prędkości (również pole naprężeń) ulega zmianie wraz z prowadzoną eksploatacją. Przeanalizowane w okresie od stycznia 2008 do czerwca 2010 źródła wstrząsów miały zróżnicowaną lokalizację i praktycznie występowały w całym polu eksploatacyjnym (rys. 5, rys. 6).



**Rys. 5.** Szkic izolinii prędkości fali  $P$  wyznaczonych metodą tomografii pasywnej na podstawie danych z okresu od 01.07.2009 do 31.07.2009 z pola eksploatacyjnego G-7/5 O/ZG Rudna

Może to świadczyć o tym, że nie było obszarów, gdzie głównie gromadziły się naprężenia eksploatacyjne. Wynika to prawdopodobnie z dużej zmienności stref o podwyższonej prędkości fali sejsmicznej występujących w tym polu, obserwowanych w materiale porównawczym. Należy przypuszczać, że naprężenia eksploatacyjne i aktywność sejsmiczna w rejonie pola G-7/5 nadal będzie się zmieniała, a pojawianie się większych prędkości fali sejsmicznej i jej dalsze zmiany będą zależały głównie od natężenia robót górniczych w poszczególnych obszarach.



**Rys. 6.** Lokalizacja źródeł wstrząsów o energiach  $E \geq 1,0E3$  J w okresie od 01.07.2009 – 31.07.2009 z pola eksploatacyjnego G-7/5 O/ZG Rudna

## 5. Podsumowanie

- 1) Dotychczasowej eksploatacji w polu G-7/5 towarzyszył średni poziom aktywności sejsmicznej. W analizowanym okresie wystąpiło ogółem 2324 zjawisk sejsmicznych, w tym 16 wstrząsów klasy  $\geq 10^6$  J. Wyzwolona, sumaryczna energia sejsmiczna osiągnęła poziom około  $3,11 \cdot 10^8$  J. Można sądzić, że w kolejnych miesiącach aktywność sejsmiczna w polu G-7/5 będzie nadal charakteryzowała się prawdopodobieństwem występowania pojedynczych bardzo silnych zjawisk o energii  $E \geq 1,0 \cdot 10^7$  J.
- 2) Hipocentra ognisk silnych wstrząsów górotworu nie były związane ze strefami wysokich prędkości propagacji fali  $P$  w ośrodku skalnym, a szczególnie z dużymi gradientami pola prędkości występującymi na zboczach tych stref.
- 3) Strefy bardzo niskich wartości pola prędkości korelują ze strefami o bieżącej słabej sejsmiczności.
- 4) We wszystkich okresach i polach eksploatacyjnych poddanych analizie nie stwierdzono jednoznacznego okresu aktywności sejsmicznej w zakresie aktywności śladowej, po którym można spodziewać się wstrząsów wysokoenergetycznych.
- 5) Zasadne byłoby przeanalizowanie większej liczby czynników mających wpływ na aktywność sejsmiczną, takich jak: postęp frontu, prowadzenie prac rozcinkowych, prac strzałowych oraz zmian kierunku ich prowadzenia.

## LITERATURA

- [1] *Takuska-Węgrzyn E.X.*: Methods of Evaluation of the Treat by Rock Burst Based on the Analysis of Analysis of Seismoacoustic Emission in Polish Copper Ore Mines. Technical Abstract Book the CSEG Convention, Petro Canada, 1999, pp. 291–295
- [2] *Takuska-Węgrzyn E.X.*: Zjawiska prekursorowe niszczenia skał w badaniach sejsmoakustycznych w warunkach quasinaluralnych, laboratoryjnych i *in situ* [w]: Badania geofizyczne

- w kopalniach. Dubiński J., Pilecki Z., Zuberek W. IGSMiE PAN, Kraków, 2001
- [3] *Marcak H., Zuberek W.*: Geofizyka górnicza. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice, 1994
- [4] *Dębski W.*: Application of Monte Carlo Techniques for Solving Selected Seismological Inverse Problems. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. SC. B-34*, 367, 2004, pp. 1–207
- [5] *Dębski W.*: Seismic Tomography by Monte Carlo Sampling. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. M-29*, 395, 2006, pp. 93–106