

Wstępne badanie rdzeni wiertniczych dolomitów z OZG Rudna w aspekcie potencjalnego zagrożenia zjawiskami gazo-geodynamicznymi

MARIUSZ MŁYNARCZUK, MIROSŁAW WIERZBICKI

Instytut Mechaniki Górotworu PAN; ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków

Streszczenie

W następstwie wyrzutu skał i gazu, który miał miejsce w 2009 roku w O/ZG Rudna, wykonano szereg odwiertów badawczych celem oceny górotworu w rejonie tego zdarzenia. Część z tych odwiertów charakteryzowała się zwiększonym wypływem gazu. W pracy przeanalizowano dwa podejścia badawcze, których celem była analiza struktury rdzeni celem jej skorelowania z miejscami wzmożonego wypływu gazu. W pierwszym podejściu analizowano zglądy wykonane z prób pobranych wzdłuż odwiertu, celem poszukiwania struktury skalnej zbliżonej do tej, odnalezionej w rejonie wyrzutu. Strukturę taką, charakteryzującą się zwiększoną porowatością skały, odnaleziono m.in. w odwiercie H-8 na głębokości ok. 50-70 [m]. Głębokości te pokrywają się z miejscami zarejestrowanego, wzmożonego wypływu gazu z odwiertu. Drugim typem badań były badania podzielności rdzenia. Również w tych badaniach wykazano istnienie powiązania pomiędzy parametrem podzielności rdzenia a miejscem wypływu gazu z odwiertu. Otrzymane wyniki wskazują na możliwość wykorzystania analizy zmian struktury geometrycznej skały oraz analizy podzielności rdzenia dla detekcji obszarów o zwiększonym wypływie gazu z otworów wiertniczych.

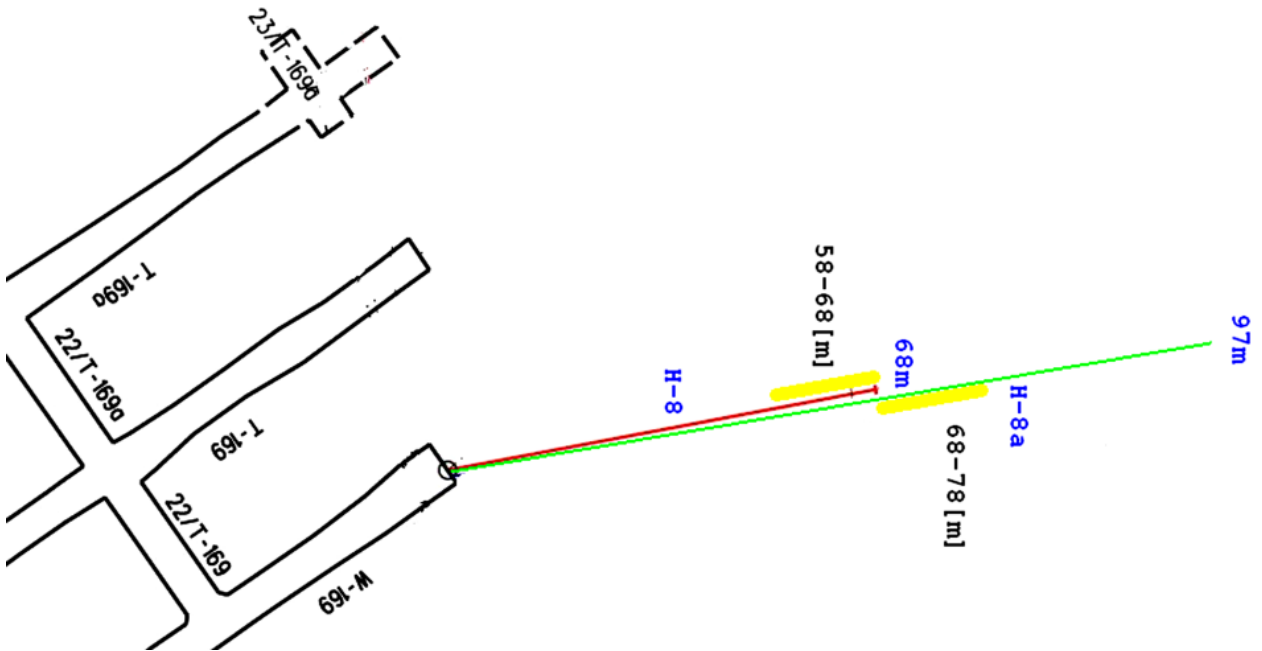
Słowa kluczowe: wyrzuty skalno-gazowe, stereologia, struktura skały, górnictwo miedzi

1. Wstęp

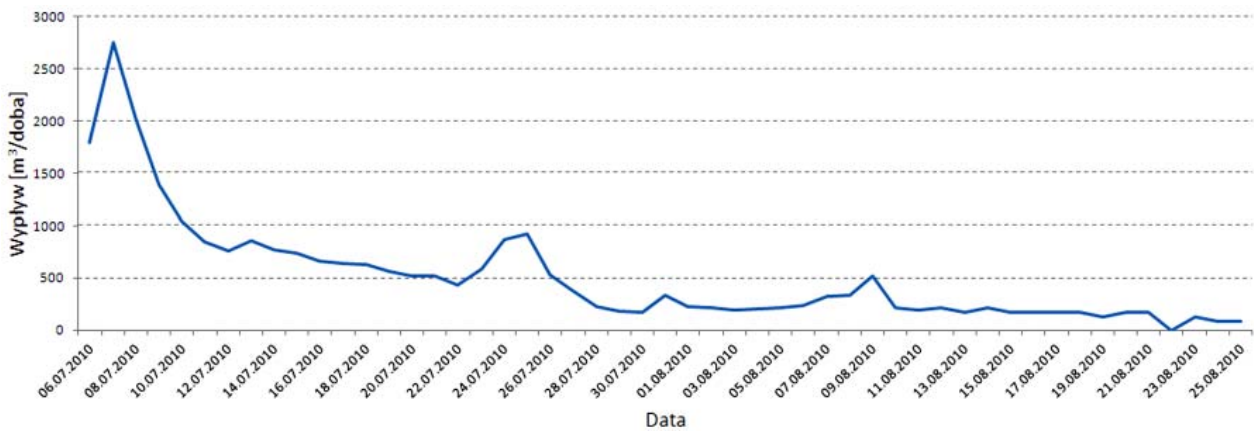
W badaniach prowadzonych w IMG PAN w następstwie wyrzutu skał i gazu, który miał miejsce w dniu 6 września 2009 roku w rejonie chodników T.W 169 O/ZG Rudna wykazano, że w masach powyrzutowych występowała struktura dolomitu charakteryzująca się znaczną porowatością. Dominowały w niej pory dobrze widoczne w zakresie powiększeń mikroskopu optycznego (rzędu 100-200×). Porowatości tego typu nie zaobserwowano w próbkach pobranych z ociosu, w pobliżu miejsca zdarzenia. W konkluzji sporządzonego wtedy raportu (Wierzbicki i in., 2009) stwierdzono m.in., że wyrzut spowodowany mógł być gazem, zakumulowanym w tego typu przestrzeni porowej. W trakcie badań zauważono również, że oprócz wspomnianej porowatości, we wszystkich badanych próbkach występowały pory mniejsze. Nie były one widoczne w zakresie stosowanych powiększeń mikroskopowych, natomiast były mierzalne na piknometrze helowym. Przyjęto jednak, że tego typu przestrzeń porowa nie odgrywała roli (lub odgrywała nieznaczną rolę) w zaistniałym wyrzucie.

2. Analiza stereologiczna próbek pobranych z otworu wiertniczego

Po wyrzucie skał i gazu, który miał miejsce w O/ZG Rudna, wykonano szereg odwiertów badawczych celem oceny górotworu w rejonie tego zdarzenia. Część z tych odwiertów charakteryzowała się zwiększonym wypływem gazu. Miejsca wypływu gazu z analizowanych w pracy otworów H-8 i H-8a chodnika W-169 OZG Rudna naniesiono schematycznie na rysunku 1. Rysunek 2 przedstawia dobowe wypływy gazu z otworu H-8 rejestrowane w lipcu i sierpniu 2010 roku. Z rdzenia tego odwiertu pobrano próbki do badań (rys. 3). Badania te miały na celu na poszukiwanie w dolomicie z rdzeni wiertniczych porowatości podobnej do tej, jaką stwierdzono w masach powyrzutowych.



Rys. 1. Rozmieszczenie otworów H-8 i H-8a w okolicy miejsca wyrzutu gazów i skał w OZG Rudna



Rys. 2. Wyływ gazu z otworu wiertniczego H-8

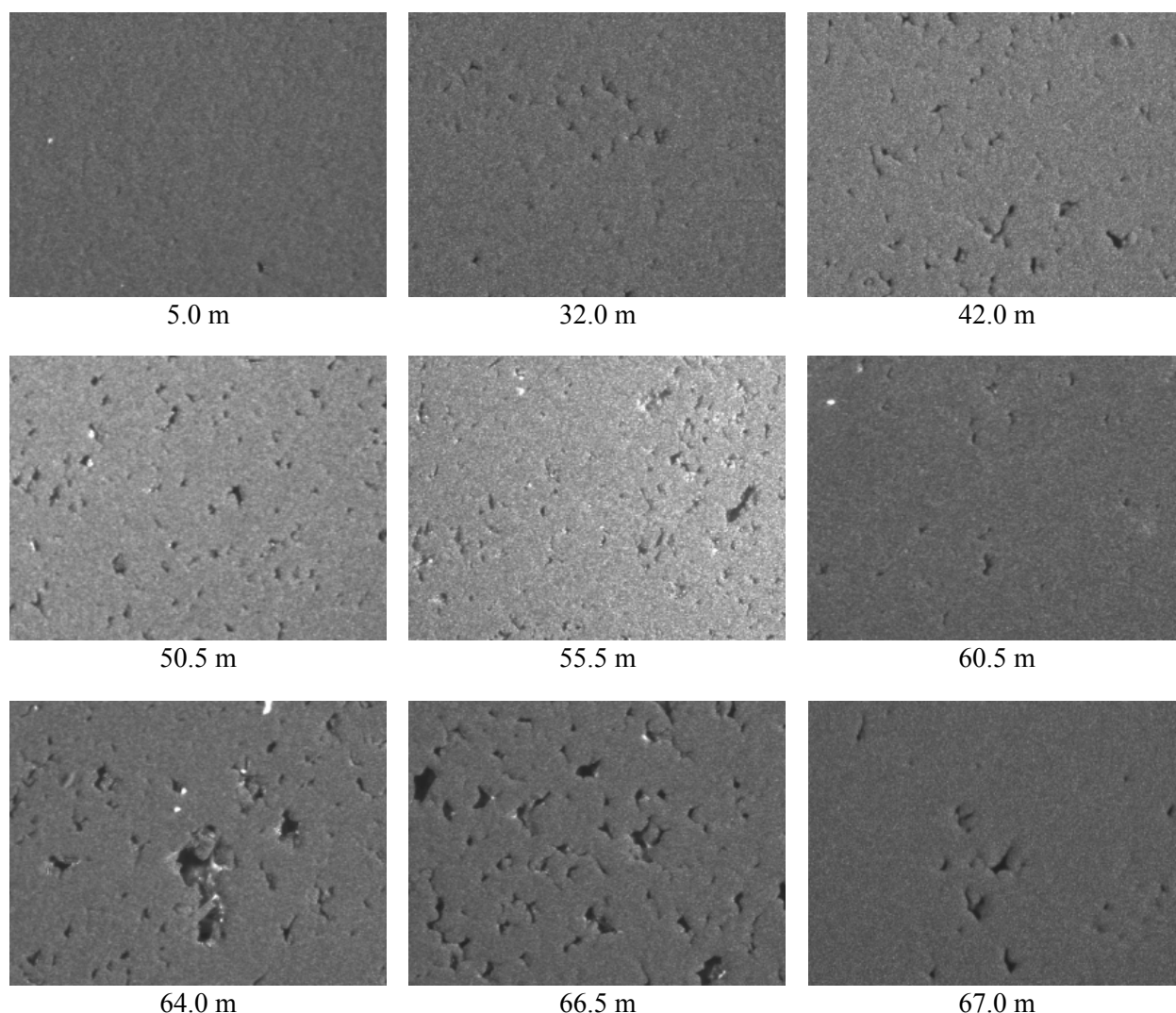


Rys. 3. Próby rdzenia pobrane z ZG Rudna do badań stereologicznych

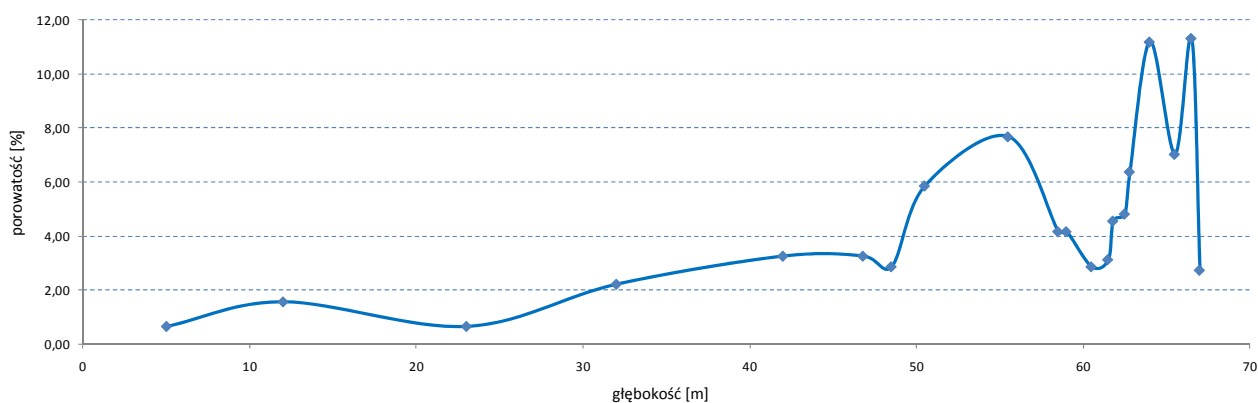
Pobrano 20 próbek dolomitu z następujących głębokości odwiertu: 5.0 m, 12.0 m, 23.0 m, 32.0 m, 42.0 m, 46.8 m, 48.5 m, 50.5 m, 55.5 m, 58.5 m, 59.0 m, 60.5 m, 61.5 m, 61.8 m, 62.5 m, 62.8 m, 64.0 m, 65.5 m, 66.5 m i 67.0 m.

W celu detekcji i analizy porów, z pobranych próbek wykonano zglądy. Następnie zglądy te napyłono. Celem badań było wykrycie w próbkach porowatości podobnej do tej, jaka istniała w masach powyrzutowych. Próbki obserwowane były pod mikroskopem stereoskopowym przy powiększeniu 100×. Dla każdego zglądu wykonano serię zdjęć. Zdjęcia te były podstawą do wyznaczenia udziału objętościowego porów. W pomiarach wykorzystano metody analizy obrazu. Zaproponowany algorytm składał się ze wstępnej filtracji oraz automatycznej segmentacji metodą maksymalnej entropii (Coster i Chermant, 1989). Otrzymany obraz binarny podlegał jeszcze jednej, niewielkiej filtracji morfologicznej (Serra, 1988). W efekcie tych operacji uzyskano obraz binarny składający się jedynie z obiektów, będących porami. Obrazy te służyły do wyznaczenia porowatości badanej próbki.

Na rysunku 4 zaprezentowano przykładowe zdjęcia, wykonane dla analizowanych zglądów. Wykres z rysunku 5 przedstawia natomiast zmianę porowatości w funkcji głębokości otworu. Można zauważyć, że po względnie stabilnej porowatości skały na długości ok. 50 m (zmieniającej się w granicach od 0,65 do 3,26 [%]) następuje jej wzrost. Porowatość wzrasta w dwóch sąsiadujących z sobą obszarach: od 48,5 m do 60,5 m (osiągając maksimum na poziomie 7,68% na głębokości 55,5 m) oraz od 61,5 m do 66,5 m (osiągając maksima na poziomach 11,2 i 11,3 [%] na głębokościach 64 i 66,4 [m]). Po osiągnięciu wspomnianych maksimów następuje radykalny spadek porowatości na 67 m odwiertu (do 2,7%). W tym miejscu, z przyczyn technicznych, zakończono wiercenie otworu H-8.



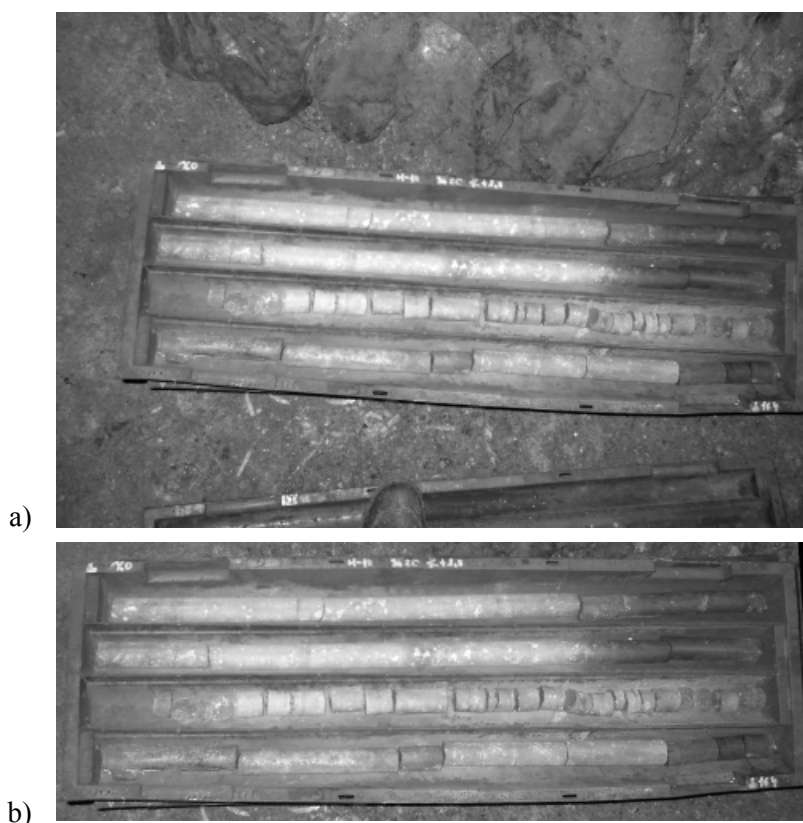
Rys. 4. Zdjęcie zglądów wykonanych z próbek dolomitu pobranych na różnych głębokościach rdzenia wiertniczego z odwiertu H-8 (pow. 100×)



Rys. 5. Porowatość próbek pobranych z rdzenia z odwiertu H8

3. Badania podzielności rdzenia

Druga część badań polegała na pilotażowej analizie podzielności rdzenia. Celem badań było zwrócenie uwagi na ewentualną zależność pomiędzy tym parametrem a rejonami wpływu gazu z górotworu. W celu przeprowadzenia badań wykonano serię zdjęć rdzenia pobranego z odwiertu H-8a, wywierconego w bliskim sąsiedztwie odwiertu H-8 (wywiercono go, ze względu na zakleszczenie się, na głębokości 67 m, wiertła w odwiercie H-8). Zdjęcia te, z uwagi na to, iż były wykonywane w warunkach kopalnianych, wymagały wstępnej obróbki. Polegała ona na polepszeniu ich jasności i kontrastu, oraz wykonaniu operacji geometrycznych mających na celu obrócenie obrazu w taki sposób, aby analizowane rdzenie były ułożone na zdjęciu poziomo. Na otrzymanym w ten sposób obrazie wykadrowano tylko pojemnik z analizowanymi rdzeniami. Przykładowe zdjęcie wykonane w kopalni przedstawiono na rysunku 6a. Rysunek 6b przedstawia obraz otrzymany po wstępnych przekształceniach i wykadrowaniu. Na obrazie tym przeprowadzono analizę

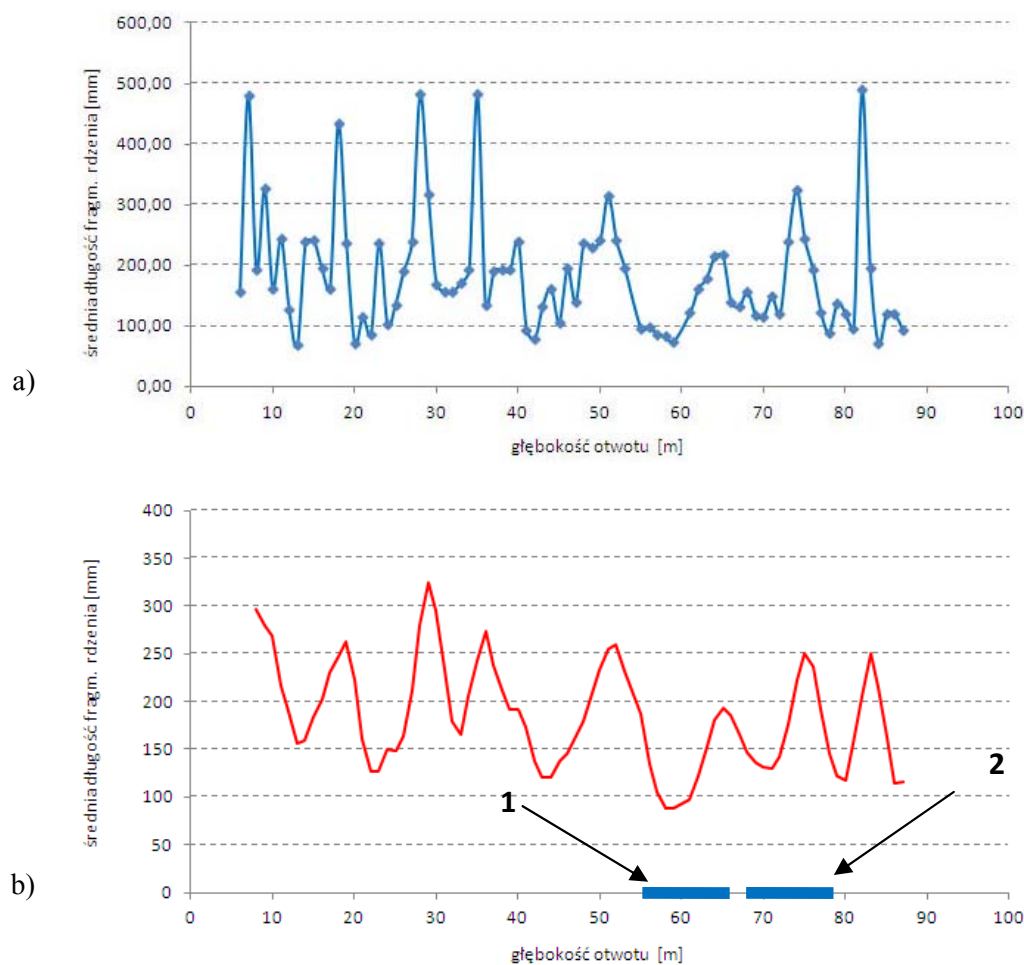


Rys. 6. Przykładowe zdjęcie rdzenia z otworu H-8a (od 24 m. do 30 m. otworu). Zdjęcie górne-zdjęcie oryginalne wykonane w kopalni, zdjęcie dolne – obraz wstępnie obrobiony

podzielności rdzenia poprzez zliczanie ilości dysków występujących na 1 metrze rdzenia oraz na pomiarze średniej ich długości.

W wyniku przeprowadzonej analizy zaobserwowano, że największa podzielność rdzenia występuje na obszarach od ok. 55 m do 65 m, oraz (w mniejszym stopniu) w okolicach 20 m, 43 m, 75 m i 80 m głębokości otworu. Wyniki te, zaprezentowane na rysunku 7a.

Na rysunku 7b (który powstał w wyniku przefiltrowania danych z rysunku 7a filtrem uśredniającym) zaznaczono dwa obszary. Obszar pierwszy to miejsce o podwyższonym wypływie gazu zaobserwowanym podczas wiercenia rdzenia (58÷68[m]; porównaj rysunek 1). Obszar ten obejmuje po części swoim zakresem także miejsca o największych porowatościach, jakie wyznaczono w trakcie badań stereologicznych, (48,5÷60,5 [m] oraz 61,5÷66,5 [m]). Obszar zaznaczony na rysunku 7b jako obszar 2 odpowiada rejonowi podwyższonego wypływu gazu zaobserwowanego podczas wiercenia rdzenia H-8a (w warunkach kopalnianych został on zidentyfikowany w przedziale 68 ÷ 78[m]).



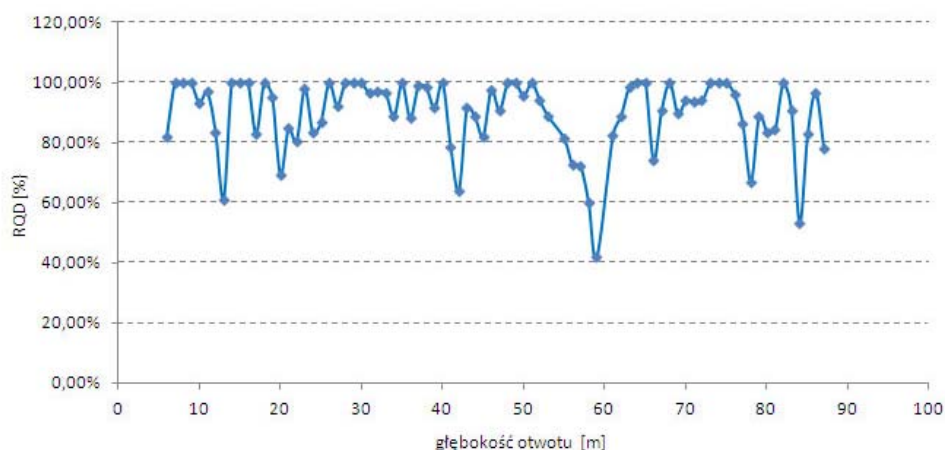
Rys. 7. Podzielność z rdzenia z otworu H8a. a) zmierzona średnia długość fragmentów rdzenia na poszczególnych głębokościach otworu, b) dane po przefiltrowaniu (filtr uśredniający, okno 3 m) obserwowanych zmian; na rysunku zaznaczono 2 obszary: obszary te to miejsca o podwyższonym wypływie gazu zaobserwowanym podczas wiercenia otworu (por. rys. 1)

Podczas badań wyznaczono również wskaźnik podzielności rdzenia RQD (Rock Quality Designation). Jest on wyznaczany jako (Deere et al., 1967):

$$RQD = \frac{\sum L_k}{L} 100\% \quad (1)$$

gdzie:

L_k – suma długości kawałków rdzenia większych od podwójnej średnicy rdzenia,
 L – długość rdzenia.



Rys. 8. Wskaźnik podzielności z rdzenia RQD z otworu H8a

Rezultaty zestawiono na rysunku 8.

Obserwując wskaźnik RQD i odnosząc otrzymane rezultaty do obserwowanego wypływu gazu można stwierdzić, że dla wykonanych badań identyfikuje on najbardziej spękaną strefę na rejon ok. 58 m, oraz (w mniejszym stopniu) na 83 m. Pierwszy z tych rejonów pokrywa się z miejscem wypływu gazu zaobserwowanym podczas wiercenia rdzenia, Drugi lekko wykracza poza ten obszar.

Analizując uzyskane wyniki należy jednak pamiętać o przestrzennym przesunięciu otworów H-8 i H-8a co ma wpływ na analizę porównawczą z wynikami pomiarów stereologicznych zaprezentowanymi w poprzednim rozdziale. Należy także mieć na uwadze fakt, że rdzeń nie był wiercony pod kątem badania jego podzielności, stąd nie zwracano uwagi na jakość jego wykonania. Dodatkowo, został on pocięty na jednometrowe odcinki – co w pewien sposób wpływa na błąd otrzymanych wyników. Wydaje się jednak, że eliminacja tych niedociągnięć pozwoli na to, aby opisana metoda dostarczała rzetelne i interesujące wyniki.

4. Podsumowanie

W pracy przeanalizowano dwa podejścia badawcze, których celem była analiza struktury rdzeni dolomitu celem jej skorelowania z miejscami wzmożonego wypływu gazu zaobserwowanego w warunkach kopalnianych. W pierwszym podejściu przeanalizowano zgłady wykonane z prób pobranych wzdłuż odwiertu H-8. Celem badań było poszukiwanie struktury o zwiększonej porowatości. Zidentyfikowano ją w otworze H-8 na głębokościach 48,5÷60,5 [m] oraz 61,5÷66,5 [m]. Głębokości te pokrywają się z miejscami zarejestrowanego, wzmożonego wypływu gazu z otworu. Drugim typem badań były badania podzielności rdzenia. Zwiększona podzielność rdzenia pokrywała się z obszarami zidentyfikowanymi podczas analizy porowatości rdzenia jako szczególnie porowate, oraz z miejscami wypływu gazu z otworu zaobserwowanymi w warunkach kopalnianych. Jednakże w przypadku badań podzielności rdzenia powiązanie to nie jest bardzo wyraźne. Otrzymane wyniki wskazują jednak na możliwość wykorzystania analizy zmian struktury skały oraz analizy podzielności rdzenia dla detekcji obszarów o zwiększonym wypływie gazu z otworów wiertniczych.

Praca została wykonana w roku 2011 w ramach prac statutowych realizowanych w IMG PAN w Krakowie, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

5. Literatura

- Coster M. Chermant J.L., (1989). *Precis d'Analyse d'Images*, Press du CNRS.
- Deere D.U., Hendron A.J., Patton F.D., Cording E.J., (1967). *Design of surface and near surface construction in rock*. In Failure and breakage of rock, proc. 8th U.S. symp. rock mech., (ed. C. Fairhurst), 237-302. New York: Soc. Min. Engrs, Am. Inst. Min. Metall. Petrolm Engrs.
- Serra J., (1988). *Introduction to Morphological Filtering*, in. Image Analysis and Mathematical Morphology, Volume II, Theoretical Advances, ed. J. Serra, Academic Press.
- Wierzbicki M., Młynarczuk M., Godyń K., Szydłak T., Dutka B., Aksamit J., (2009). *Ocena przyczyn wyrzutu gazu i skał jaki miał miejsce w rejonie chodników T,W 169 O/ZG Rudna w dniu 6 września 2009 r.*, Opracowanie na zlecenie KGHM Polska Miedź SA., 2009 r.

Study of drill cores of dolomite rocks from the Rudna copper mine in the context of a potential risk of occurrence of gas-geodynamic events

Abstract

Following a rock and gas outburst that took place in the Rudna copper mine in 2009, a series of scientific drillings were performed to assess the condition of the strata in the area of the event. Part of the drillings revealed an increased outflow of gas.

The paper provides a description of two types of scientific approach, both of which aimed at analyzing the structure of drill cores in order to correlate it with the areas of an increased gas outflow. One approach focused on the examination of microsections cut from the samples extracted along the length of the drilling, with a view to finding a rock structure similar to the one located in the area of the outburst. Such a structure, whose characteristic feature was a higher rock porosity, was found (among others) in the borehole H-8, at a depth of ca. 50÷70 [m]. These depths correspond to the areas of the recorded increased outflow of gas from the borehole. The other approach concerned studies into the core divisibility. These studies also proved the existence of a link between the index of core divisibility and the area of a gas outflow. The obtained results confirm the usefulness of the analysis of the changes in the geometrical structure of the rock, as well as of the analysis of the core divisibility, for detection of areas characterized by an increased gas outflow from boreholes.

Keywords: rock and gas outbursts, stereology, rock structure, copper mining