

PRACE NAUKOWE GIG

GÓRNICTWO I ŚRODOWISKO MINING & ENVIRONMENT

RESEARCH
REPORTS

Quarterly

KWARTALNIK

3



GŁÓWNY INSTYTUT GÓRNICTWA
CENTRAL MINING INSTITUTE

KATOWICE 2007

Rada Programowa ds. Wydawnictw: *prof. dr hab. inż. Jakub Siemek (przewodniczący), prof. dr hab. inż. Tadeusz Chmielniak, prof. dr hab. inż. Józef Dubiński, prof. dr hab. inż. Andrzej Maranda, prof. dr hab. inż. Korneliusz Miksch, prof. dr hab. inż. Joanna Pinińska, prof. dr hab. inż. Krystian Probiez, prof. dr hab. inż. Czesława Rosik-Dulewska, prof. dr hab. inż. Janusz Roszkowski, prof. dr hab. inż. Antoni Tajduś*

Komitet Kwalifikacyjno-Opiniodawczy: *prof. dr hab. inż. Antoni Kidybiński (przewodniczący), prof. dr hab. inż. Krystyna Czaplicka, doc. dr hab. inż. Józef Kabiesz, prof. dr hab. inż. Władysław Konopko, prof. dr hab. inż. Jerzy Kwiatek, prof. dr hab. Kazimierz Lebecki, prof. dr hab. inż. Adam Lipowczan, doc. dr hab. inż. Krzysztof Stańczyk, doc. dr hab. inż. Marian Tu-rek, doc. dr hab. inż. Jan Wachowicz, mgr Małgorzata Zielińska*

Redaktor Naczelny

prof. dr hab. inż. Adam Lipowczan

Redakcja wydawnicza i korekta

Ewa Gliwa

Małgorzata Kuśmirek-Zegadło

Barbara Jarosz

Skład i łamanie

Krzysztof Gralikowski

ISSN 1643-7608

Nakład 100 egz.

Adres Redakcji:

**Zespół Wydawnictw i Usług Poligraficznych
Głównego Instytutu Górnictwa, 40-166 Katowice, Pl. Gwarków 1**

tel. 032-259-24-03, 032-259-24-04

fax 032-259-27-74

e-mail: cintexmk@gig.katowice.pl

Spis treści

ZDZISŁAW ADAMCZYK, BARBARA BIAŁECKA, ALEKSANDRA PASEWICZ Hydrotermalna synteza analcymu z popiołów Elektrowni „Halemba” 5 Hydrothermal synthesis of analcime from ash fly of “Halemba” Power Station	5
OLGA KASZOWSKA Współpraca zakładów górniczych z lokalnymi społecznościami w przypadkach eksploatacji pod osiedlami mieszkaniowymi 13 Cooperation of mines with local communities in cases of mining exploitation under housing estates	13
JOANNA MARTYKA System komunikacji społecznej w opinii załogi kopalni węgla kamiennego 27 Social communication system according to the opinion of hard coal mine personnel	27
LEOKADIA RÓG Czynniki wpływające na podatność przemiałową węgla kamiennych 39 Factors influencing the grindability of hard coals	39
KRYSTYNA STEC Skala zagrożenia sejsmicznego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym 55 Seismic hazard state in the Upper Silesian Coal Basin	55
MALGORZATA WYSOCKA Radon w jaskiniach Jury Krakowsko-Częstochowskiej 77 Radon in caves of the Kraków-Częstochowa Upland	77

Zdzisław Adamczyk, Barbara Bialecka, Aleksandra Pasewicz

HYDROTHERMALNA SYNTEZA ANALCYMU Z POPIOŁÓW ELEKTROWNI „HALEMBA”

Streszczenie

Na podstawie badań popiołu pochodzącego z Elektrowni „Halemba” stwierdzono, że jednym ze sposobów jego utylizacji może być uzyskiwanie zeolitów, a głównie jednego przedstawiciela z tej grupy minerałów – analcymu. Hydrotermalna synteza wymaga aktywacji popiołu roztworem NaOH. Syntezę taką wykonano w temperaturze 170°C. Popioły lotne aktywowano roztworem 3,6% Na₂O w czasie 6 godzin. Uzyskano produkt zawierający analcym. Aktywacja chemiczna popiołu roztworem NaCl o stężeniu 3,6% w przeliczeniu na Na₂O nie dała zadowalających efektów.

Hydrothermal synthesis of analcime from ash fly of “Halemba” Power Station

Abstract

It is ascertained on base of carried research of ash fly from “Halemba” Power Station, that zeolite production can be alternative direction of its utilization, but mainly representative as analcime. This synthesis requires chemical activation of ash solution NaOH. Zeolite hydrothermal synthesis was conducted at temperature 170°C on the basis of activated with 3,6% Na₂O solution ash fly in 6 hours time reaction. Finally obtain product include analcime. Chemical activation of NaCl solution (3,6% Na₂O) ash fly does not give conversion to zeolite.

WSTĘP

Dobór metody utylizacji odpadów jest uzależniony przede wszystkim od ich pochodzenia. Jednym ze sposobów wykorzystania odpadów mineralnych, do których należą m.in. odpady paleniskowe z elektrowni, jest wytwarzanie z nich zeolitów, co zostało przedstawione w wielu publikacjach (Adamczyk, Bialecka 2003, 2005; Adamczyk i in. 2005; Majchrzak-Kucęba, Nowak 2004; Michalik, Wilczyńska-Michalik 1998; Querol i in. 1995, 1997; Vucinic i in. 2003; Xiaochun i in. 2004).

Zeolity z odpadów paleniskowych mogą być uzyskiwane w przypadku, kiedy odpad charakteryzuje się odpowiednim składem mineralnym i chemicznym. Zdarza się jednak, że zachodzi konieczność uzupełnienia składu chemicznego odpadu.

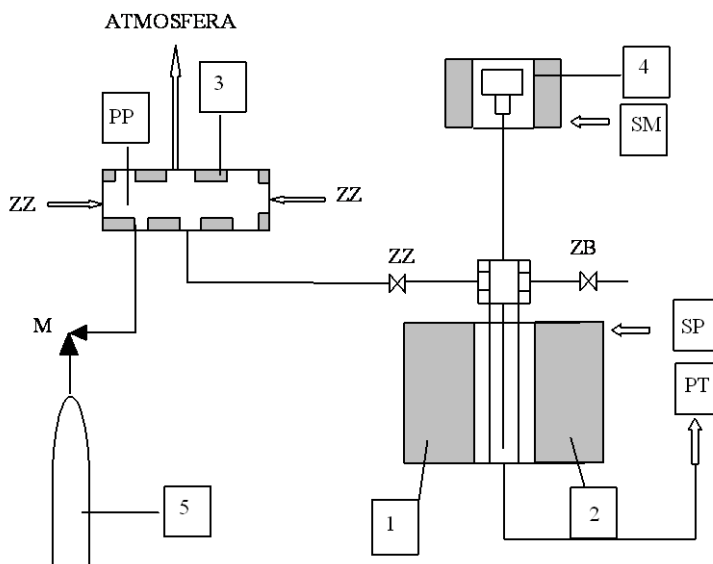
W artykule omówiono próbę hydrotermalnej syntezy zeolitów z odpadów paleniskowych z Elektrowni „Halemba” SA aktywowanych roztworami NaOH i NaCl.

1. OPRÓBOWANIE I METODYKA BADAŃ

Do badań wykorzystano odpad paleniskowy pochodzący z Elektrowni „Halemba” SA; był to popiół (kod 10 01 02) zmieszany z wodą, pobrany ze zbiornika spod elektrofiltra.

Odpad po wysuszeniu analizowano metodami: dyfrakcji rentgenowskiej, mikroskopii optycznej oraz wykonywano standardową analizę chemiczną. Analizę rentgenowską wykonano na dyfraktometrze HZG-4, przy zastosowaniu lampy Cu (napięcie 30 kV, natężenie 16 mA, zakres kąta 2theta 4–64°). Badania mikroskopowe przeprowadzono na mikroskopie polaryzacyjnym AXIOSKOP firmy Zeiss w świetle przechodzącym.

Syntezę przeprowadzono w temperaturze 170°C, w instalacji przedstawionej na rysunku 1; czas reakcji wynosił 6 h. Instalacja składała się z autoklawu (2) wyposażonego w element grzejny (1) z pomiarem temperatury (PT) na sterowniku pieca (SP) oraz pomiarem ciśnienia w autoklawie (PP) sterowanym stacją przyłączeniową (3), która dodatkowo służyła do kontroli sterownika (SM) mieszadła (4).



Rys. 1. Schemat instalacji z autoklawem (Adamczyk, Bialecka 2005): 1 – piec, 2 – autoklaw, 3 – stacja przełączniowa, 4 – napęd mieszadła, 5 – butla, SM – sterownik mieszadła, SP – sterownik pieca, ZZ – zawór zaporowy, ZB – zawór bezpieczeństwa, PT – pomiar temperatury, PP – pomiar ciśnienia

Fig. 1. Scheme of installation with autoclave (Adamczyk, Bialecka 2005): 1 – furnace, 2 – autoclave, 3 – switching station, 4 – mixer drive, 5 – large bottle, SM – mixer controller, SP – furnace controller, ZZ – cut-off valve, ZB – safety-valve, PT – temperature measurement, PP – pressure measurement

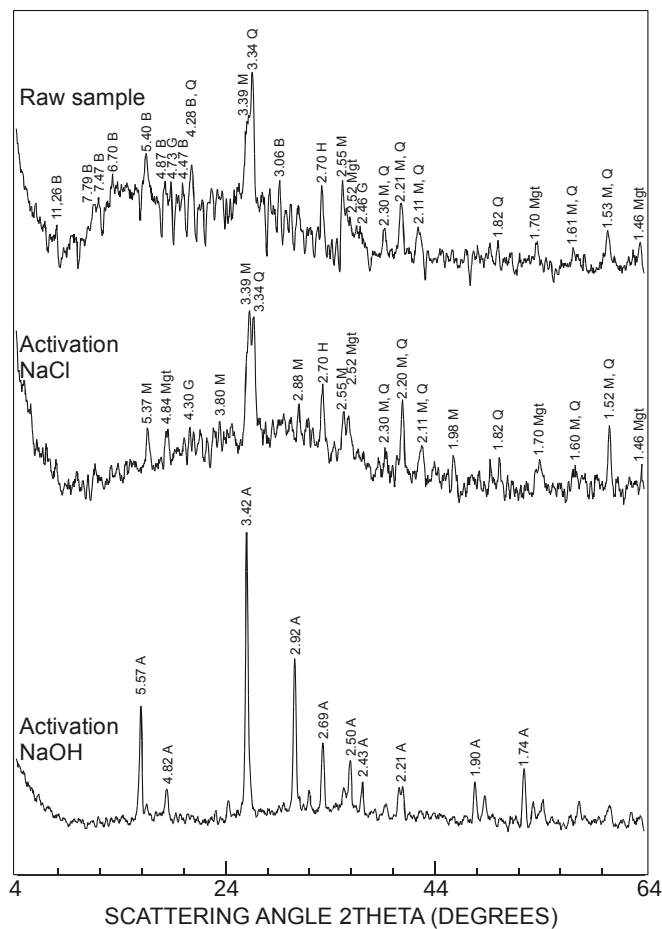
Instalacja była również wyposażona w układ chłodzenia wodnego (chłodzenie mieszadła) z zaworami bezpieczeństwa (ZZ i ZB) do ograniczenia gwałtownego wzrostu ciśnienia w autoklawie. Dodatkowym wyposażeniem instalacji był manometr (M) zamontowany na butli (5) do kontroli ciśnienia całego układu. Według wyników dotychczasowych doświadczeń, były to optymalne warunki syntezy zeolitów z popiołów uzyskiwanych w polskich elektrowniach opalanych węglem kamiennym (Adamczyk, Bialecka 2005).

Popiół aktywowano roztworem NaOH i roztworem NaCl, uzyskując stężenie Na₂O – 3,6% w roztworze. Identyfikację produktów po syntezie wykonano metodą dyfrakcji rentgenowskiej i przy użyciu mikroskopu.

2. WYNIKI BADAŃ

Zastosowany w badaniach popiół (próbka PE) miał barwę jasnoszarą miejscami popielatą. Charakteryzował się luźną teksturą, w obecności wody tworzył konglomeraty o wielkości do 45 mm, które łatwo ulegały skruszeniu w palcach. Miał strukturę drobnoziarnistą, średnica ziarn nie przekraczała 0,1 mm wielkości. Z uwagi na takie rozdrobnienie niemożliwa była identyfikacja makroskopowa składników. Popiół zawierał niewielkie ilości nieprzepalonego węgla.

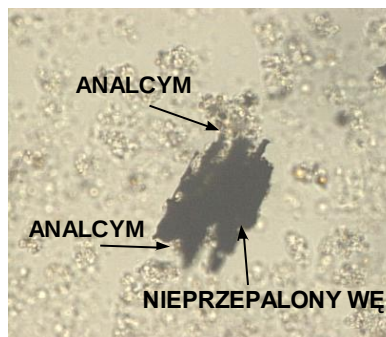
Podczas badań popiołu, w stanie surowym, metodą dyfrakcji rentgenowskiej (rys. 2), stwierdzono obecność mullitu, kwarcu, gipsu, magnetytu, hematytu oraz minerału z grupy SiO_2 – boggsitu ($\text{SiO}_2 \cdot 0,14\text{H}_2\text{O}$), za czym przemawiały charakterystyczne dla tych faz refleksy na dyfraktogramach (Baerlocher i in. 2001; Bayliss i in. 1986).



Rys. 2. Dyfraktogramy rentgenowskie popiołu surowego z Elektrowni „Halemba” oraz produktów po syntezie (aktywacja NaCl i NaOH)

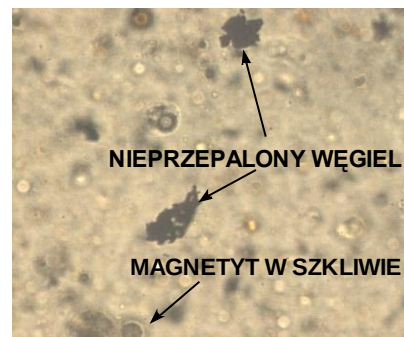
Fig. 2. X-ray diffraction patterns of raw ash from the “Halemba” Power Plant and products after synthesis (NaCl and NaOH activation)

W wyniku obserwacji mikroskopowych w świetle przechodzącym w próbce popiołu rozpoznano składniki mineralne, zidentyfikowane metodą dyfrakcji rentgenowskiej oraz dodatkowo szkliwo. Szkliwo występowało najczęściej w postaci kulistych form lub miało nieregularne kształty. Było ono bezbarwne, żółte lub brunatne, a ziarna wykazywały ujemny relief (rys. 3). Największe rozmiary ziaren osiągały nawet 0,081 mm średnicy. W szkliwie obserwowano niekiedy wrostki magnetytu o średnicy ziaren maksymalnie do 0,032 mm (rys. 4).



Rys. 3. Obraz mikroskopowy popiołu, próbka PE; światło przechodzące, równoległe nikole, powiększenie 400×

Fig. 3. Microscopic picture of ash, sample PE; passing light, parallel nicols, enlargement 400×

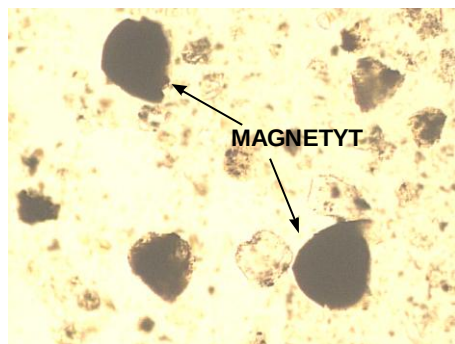


Rys. 4. Obraz mikroskopowy popiołu, próbka PE; światło przechodzące, równoległe nikole, powiększenie 400×

Fig. 4. Microscopic picture of ash, sample PE; passing light, parallel nicols, enlargement 400×

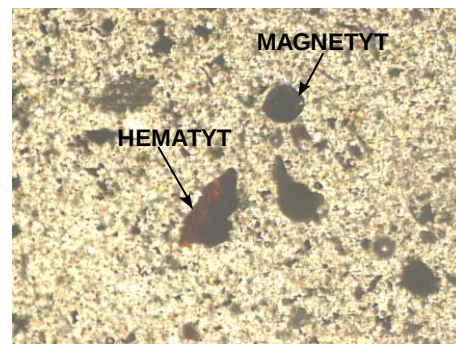
Kwarc trudno było odróżnić od pozostałych składników ze względu na bardzo małe wymiary ziaren, zwłaszcza od najdrobniejszych form szkliwa. Anizotropia w tych najdrobniejszych ziarnach kwarcu była słabo dostrzegalna.

Magnetyt charakteryzował się kulistymi lub nieregularnymi, nieprzezroczystymi ziarnami, które osiągały 0,065 mm średnicy (rys. 3, 5 i 6).



Rys. 5. Obraz mikroskopowy żużla, próbka ŻW; światło przechodzące, równoległe nikole, powiększenie 200×

Fig. 5. Microscopic picture of slag, sample ŻW; passing light, parallel nicols, enlargement 200×



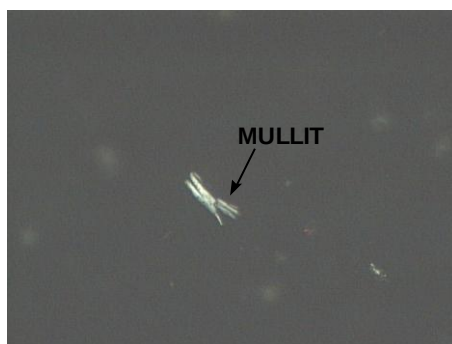
Rys. 6. Obraz mikroskopowy popiołu, próbka PE; światło przechodzące, równoległe nikole, powiększenie 200×

Fig. 6. Microscopic picture of ash, sample PE; passing light, parallel nicols, enlargement 200×

Hematyt występował w dwóch formach. Pierwsza odznaczała się nieregularnym kształtem oraz barwą brunatną i bardzo małymi rozmiarami $< 0,02$ mm, zaś druga tworzyła brunatnoczerwoną obwódkę wokół ziaren magnetytu. Wielkość ziaren osiągała 0,100 mm średnicy (rys. 6).

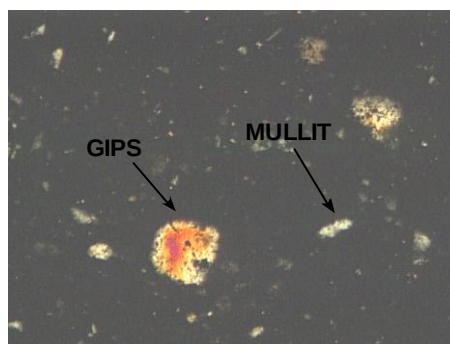
Mullit miał kształt pręcików o wielkości maksymalnej do 0,425 mm. Występował w postaci pojedynczych słupków lub tworzył agregaty (rys. 7 i 8). Wykazywał barwy interferencyjne I rzędu. Niekiedy w większych kryształach zauważono łupliwość o kierunku równoległym do wydłużenia ziarna.

Gips tworzył kryształy tabliczkowe o kształtach nieregularnych (rys. 9) lub bardziej kulistych (rys. 10) o wymiarach maksymalnie do 0,100 mm i barwach interferencyjnych I rzędu. Charakteryzował się łupliwością.



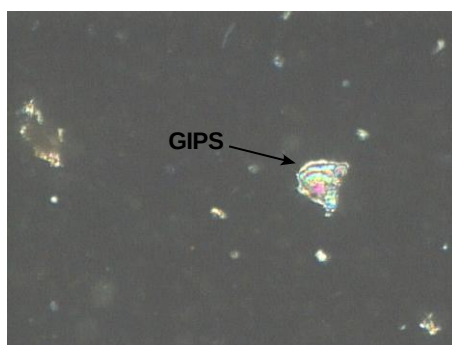
Rys. 7. Obraz mikroskopowy popiołu, próbka PE; światło przechodzące, skrzyżowane nikole, powiększenie 400×

Fig. 7. Microscopic picture of ash, sample PE; passing light, crossed nicols, enlargement 400×



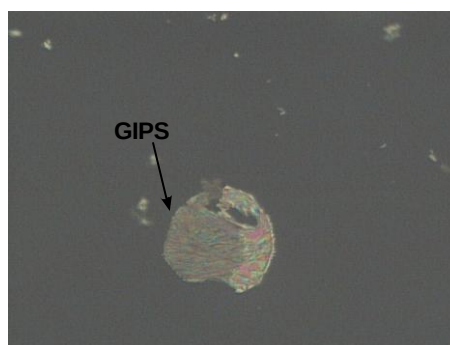
Rys. 8. Obraz mikroskopowy żużla, próbka ŻW; światło przechodzące, skrzyżowane nikole, powiększenie 100×

Fig. 8. Microscopic picture of slag, sample ŻW; passing light, crossed nicols, enlargement 100×



Rys. 9. Obraz mikroskopowy popiołu, próbka PE; światło przechodzące, skrzyżowane nikole, powiększenie 400×

Fig. 9. Microscopic picture of ash, sample PE; passing light, crossed nicols, enlargement 400×



Rys. 10. Obraz mikroskopowy popioło-żużla, próbka PŻS; światło przechodzące, skrzyżowane nikole, powiększenie 200×

Fig. 10. Microscopic picture of ash-slag, sample PŻS, passing light, crossed nicols, enlargement 200×

W popiele zauważono również obecność dużej ilości nieprzepalonego węgla, który przybierał nieregularne, strzępiaste kształty i był nieprzezroczysty (rys. 4).

Skład chemiczny badanej próbki przedstawiono w tablicy 1. Popiół wykazuje korzystny stosunek Si/Al, bliski 1, dla syntezy zeolitów.

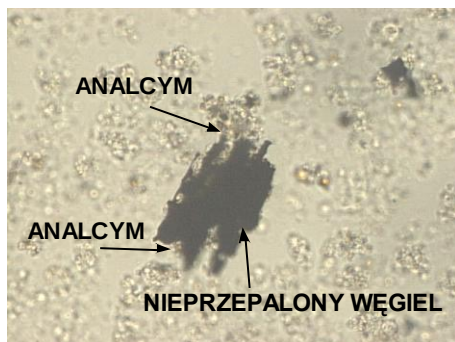
Tablica 1. Skład chemiczny popiołu z Elektrowni „Halemba”

Składnik chemiczny	Zawartość, % wt
SiO ₂	43,30
Al ₂ O ₃	42,28
Fe ₂ O ₃	4,53
MgO	2,25
CaO	4,66
Na ₂ O	0,20
K ₂ O	0,31
S całk.	0,13
Straty prażenia	2,29
Suma	99,93

Na podstawie dyfraktogramów produktów uzyskanych w procesie syntezy popiołu w temperaturze 170°C stwierdzono, że w popiele aktywowanym NaOH wykrył się analcym $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]\cdot\text{H}_2\text{O}$, o charakterystycznych na dyfraktogramie następujących refleksach (w nawiasach podano intensywność): 5,57(5); 4,82(1); 3,42(10); 2,92(6); 2,69(3); 2,50(2); 2,22(1); 2,20(1); 1,9009(1); 1,7414(2) Å. Charakteryzował się on prawidłową formą kryształów o średnicy do 0,15 mm. Był bezbarwny, o reliefie ujemnym i izotropowy. Zrosty jego kryształów układały się w postaci sznureczkowej (rys. 11). Najdrobniejsze kryształy narastały na ziarnach szkliwa, niezależnie od wyróżnionych w popiele (materiał wyjściowy do syntezy) form tego składnika. Mogło to wskazywać, że głównym składnikiem mineralnym, z którego krystalizował analcym, było szkliwo. Ponadto, najdrobniejsze kryształy analcymu krystalizowały również na strzępiastych formach ziaren nieprzepalonego węgla (rys. 12). Najczęściej ich nagromadzenie występowało w wolnych strzępiastych przestrzeniach. Najprawdopodobniej powodem narastania w tych miejscach zeolitu były dobre warunki dla jego krystalizacji.

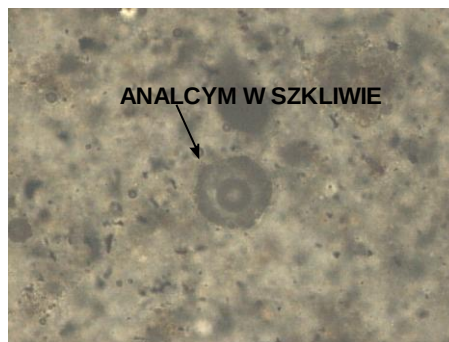
W produktach syntezy w których krystalizował analcym obecne było szkliwo barwy brązowej (rys. 13). Wskazuje to jednoznacznie, że ten typ szkliwa najprawdopodobniej nie brał udziału w procesie syntezy zeolitów lub był w nim słabo zaangażowany. Znaczne zmniejszenie udziału pozostałych typów szkliwa w produktach po syntezie w porównaniu z próbką wyjściową wskazuje, że są one głównymi składnikami, z których krystalizowały zeolity.

W wyniku aktywacji popiołu roztworem NaCl, w produktach syntezy nie uzyskano minerałów z grupy zeolitów. Skład mineralny produktów po syntezie był zbliżony do składu próbki materiału wyjściowego (rys. 14).



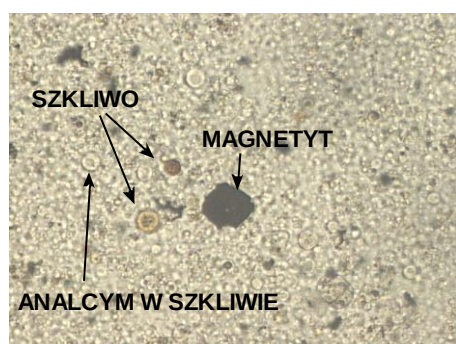
Rys. 11. Obraz mikroskopowy popiołu po syntezie z NaOH; światło przechodzące, równoległe nikole, powiększenie 400×

Fig. 11. Microscopic picture of ash after synthesis with NaOH; passing light, parallel nicols, enlargement 400×



Rys. 12. Obraz mikroskopowy popiołu po syntezie z NaOH; światło przechodzące, równoległe nikole, powiększenie 400×

Fig. 12. Microscopic picture of ash after synthesis with NaOH; passing light, parallel nicols, enlargement 400×



Rys. 13. Obraz mikroskopowy popiołu po syntezie z NaOH; światło przechodzące, równoległe nikole, powiększenie 400×

Fig. 13. Microscopic picture of ash after synthesis with NaOH; passing light, parallel nicols, enlargement 400×



Rys. 14. Obraz mikroskopowy popiołu po syntezie z NaCl; światło przechodzące, skrzyżowane nikole, powiększenie 200×

Fig. 14. Microscopic picture of ash after synthesis with NaCl; passing light, crossed nicols, enlargement 200×

4. WNIOSKI

Na podstawie badań aktywacji popiołu pochodzącego z Elektrowni „Halemba” sformułowano następujące wnioski:

1. W wyniku syntezy przy użyciu roztworu NaOH o stężeniu 3,6%, w przeliczeniu na Na_2O , uzyskano produkt zawierający analcym.
2. Aktywacja chemiczna popiołu roztworem NaCl o stężeniu 3,6%, w przeliczeniu na Na_2O , nie doprowadziła do krystalizacji zeolitów.

Podsumowując, stwierdzono, że jednym ze sposobów utylizacji popiołu z Elektrowni „Halemba” może być produkcja zeolitów, a głównie jednego przedstawiciela z tej grupy minerałów – analcymu. Synteza ta wymaga aktywacji chemicznej popiołu roztworem NaOH.

Literatura

1. Adamczyk Z., Białecka B. (2003): *Możliwość syntezy zeolitów z popiołów z EC Żerań*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Górnictwo z. 256, s. 15–21.
2. Adamczyk Z., Białecka B. (2005): *Hydrothermal Synthesis of Zeolites from Polish Coal Fly Ash*. Polish Journal of Environmental Studies Vol. 14, No 6, s. 713–719.
3. Adamczyk Z., Białecka B., Halski M. (2005): *Hydrotermalna synteza zeolitów z odpadów paleniskowych Elektrowni Łaziska*. Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko nr 1, s. 49–56.
4. Baerlocher Ch., Meier W.M., Olson D.H. (2001): *Atlas of Zeolites, Framework Types*.
5. Bayliss P., Erd D.C., Mrose M.E., Sobina A.P., Smith D.K. (1986): *Mineral Powder Diffraction File*. Search Manual International.
6. Majchrzak-Kucęba I., Nowak W. (2004): *Application of model-free kinetics to the study of dehydration of fly ash-based zeolite*. Thermochimica Acta Vol. 413, s. 23–29.
7. Michalik M., Wilczyńska-Michalik W. (1998): *Synteza zeolitów z popiołów lotnych wytwarzanych w elektrowni jako próba rozszerzenia możliwości utylizacji odpadów*. Przegląd Geologiczny Vol. 46, nr 5.
8. Querol X., Plana F., Alastuey A., Lopez-Soler A. (1997): *Synthesis of Na-zeolites from fly ash*. Institute of Earth Sciences Vol. 76, No 8, s. 793–799.
9. Querol X., Plana F., Alastuey A., Fernandez-Turiel Jose L., Lopez-Soler A. (1995): *Synthesis of zeolites by alkaline activation of ferro-aluminous fly ash*. Fuel, Vol. 74, No 8.
10. Vucinic D., Mijanowic I., Rosic A., Łazić P. (2003): *Effect of Na₂O/SiO₂ mole ratio on the crystal type of zeolite synthesized from coal fly ash*. J. Serb. Chem. Soc. Vol. 68(6), s. 471–478.
11. Xiaochun X., Yun B., Chunshan S., Weishen Y., Jie L., Liwu L. (2004): *Microwave-assisted hydrothermal synthesis of hydroxy-sodalite zeolite membrane*. Microporous and Mesoporous Materials Vol. 75, s. 173–181.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Jacek M. Łączny

Olga Kaszowska

WSPÓŁPRACA ZAKŁADÓW GÓRNICZYCH Z LOKALNYMI SPOŁECZNOŚCIAMI W PRZYPADKACH EKSPLOATACJI POD OSIEDLAMI MIESZKANIOWYMI

Streszczenie

Przeanalizowano cztery przypadki konfliktów między zakładami górniczymi a lokalnymi społecznościami. Część z nich powstała na etapie planowania eksploatacji górniczej pod osiedlami mieszkaniowymi, część – na etapie jej prowadzenia. Przedstawiono działania podejmowane przez strony sporu oraz funkcjonujące dotychczas procedury stosowane w takich sytuacjach. Oceniono skuteczność działań podjętych przez przedsiębiorców górniczych i wskazano kierunki zmian koniecznych do poprawy ich relacji z lokalnymi społecznościami.

Cooperation of mines with local communities in cases of mining exploitation under housing estates

Abstract

Four cases of conflicts between mines and local communities were analysed. A part of them arose at the stage of planning of mining exploitation under housing estates, and a part – at the stage of its conducting. Actions undertaken by the parties of the dispute and currently functioning procedures in such situations were presented. The effectiveness of actions undertaken by mining entrepreneurs was assessed. The directions of changes necessary for the improvement of entrepreneur relations with local communities were indicated.

WPROWADZENIE

Podziemna eksploatacja górnicza niejednokrotnie powoduje przeobrażenia powierzchni, są to przede wszystkim zmiany ukształtowania terenu, ale także – przekształcenia hydrologiczne. Mogą jej również towarzyszyć wstrząsy górotworu, które mają bezpośredni wpływ na elementy zagospodarowania powierzchni zarówno przyrodnicze (np. zniszczenie szaty roślinnej wskutek osuszenia lub zawodnienia gleby), jak i techniczne (uszkodzenia obiektów budowlanych spowodowane deformacjami podłoża lub wstrząsami) (Ochrona obiektów... 1997).

Niekorzystne oddziaływanie eksploatacji górniczej na powierzchnię prowadzi często do konfliktów między mieszkańcami rejonów zagrożonych a przedsiębiorcami górniczymi. Obowiązek ochrony powierzchni ogranicza możliwości prowadzenia eksploatacji, natomiast obowiązek ochrony złoża ogranicza możliwość zagospodarowania powierzchni. Niewątpliwie rozwiązania prawne wprowadzone po 1989 roku wzmocniły pozycję zagrożonych wystąpieniem szkód górniczych oraz poszkodowanych. Skutkiem tego jest większe zainteresowanie planowaną działalnością górniczą kopalń i jej

wpływem na powierzchnię. Stawia to przed przedsiębiorcami górniczymi nowe zadania: informowanie społeczeństwa i dialog z nim.

W celu podsumowania doświadczeń przedsiębiorców górniczych w zakresie rozwiązywania konfliktów z lokalnymi społecznościami (Metody rozwiązywania... 2006) w Głównym Instytucie Górnictwa przeanalizowano cztery przypadki podziemnej eksploatacji złóż węgla kamiennego pod osiedlami mieszkaniowymi w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym.

1. PRZYPADKI KONFLIKTÓW MIĘDZY PRZEDSIĘBIORCAMI GÓRNICZYMI A LOKALNYMI SPOŁECZNOŚCIAMI

1.1. Koncesja na wydobywanie węgla kamiennego ze złoża „Śląsk – Pole Panewnickie”

Konflikt między Katowickim Holdingiem Węglowym SA a mieszkańcami Ligoty-Panewnik jest pierwszym, który powstał na etapie udzielania koncesji na wydobywanie węgla kamiennego. Prawdopodobnie jest też sporem, w który było zaangażowanych najwięcej osób i instytucji.

W połowie 1999 roku przez KHW SA został złożony wniosek do Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa o udzielenie koncesji na wydobywanie węgla kamiennego ze złoża „Śląsk – Pole Panewnickie”. Zgodnie z wnioskiem:

- koncesja obejmowała wydobywanie węgla kamiennego tylko z jednego pokładu (409),
- przewidywane wpływy projektowanej eksploatacji górniczej pokładu 409 nie powinny być większe niż dopuszczalne dla II kategorii terenu górniczego,
- budynki zlokalizowane na nowo tworzonej obszarze górniczym nie zostały zabezpieczone przed wpływami eksploatacji górniczej, ponieważ nie było takiego warunku w uzgodnieniach koniecznych do wydania zezwolenia na budowę.

Z uwagi na przynależność administracyjną obszaru górniczego, udzielenie koncesji wymagało zasięgnięcia opinii samorządu terytorialnego trzech miast: Mikołowa, Rudy Śląskiej i Katowic. Prezydenci Mikołowa i Rudy Śląskiej uzgodnili wniosek o wydanie koncesji, natomiast Prezydent Miasta Katowice odmówił uzgodnienia. Niewątpliwie wpływ na taką decyzję miały protesty mieszkańców dzielnicy Ligota – Panewniki, pod którą planowano eksploatację. Do sprawy włączyły się związki zawodowe działające w kopalni „Śląsk”, reprezentujące pracowników obawiających się utraty pracy. W takiej sytuacji przez KHW SA zostało wystosowane zażalenie do Samorządowego Kolegium Odwoławczego (SKO) na postanowienie Prezydenta Miasta Katowice. W styczniu 2000 roku SKO pozytywnie zaopiniowało wniosek o koncesję, czego efektem było zawarcie umowy o ustanowienie użytkownika górniczego oraz udzielenie koncesji. Wkrótce Wiceprezydent Katowic zwrócił się Ministra Środowiska o natychmiastowe cofnięcie koncesji. W kwietniu 2000 roku SKO dopatrzyło się błędów we własnym postępowaniu i utrzymało w mocy postanowienie Prezydenta Miasta Katowice. Przez kolejne lata trwały starania Prezydenta o stwierdzenie nieważności

koncesji. Te działania wspierali mieszkańcy dzielnic Ligota – Panewniki, reprezentowani przez organizację pn. Komitet Ocalenia Ligoty, którą utworzyli w związku z eksploatacją w tym rejonie. Do sprawy włączyła się również Aniela Kucharska, jako właścicielka nieruchomości położonej na nowo utworzonym terenie górniczym. Zarówno Komitet, jak i A. Kucharska zostali uznani za strony w postępowaniu. Takiego statusu nie przyznano związkom zawodowym górników i Górniczej Izbie Przemysłowo-Handlowej. Wśród zaangażowanych w konflikt należy wymienić ponadto Radę Samorządu Ligota–Panewniki. Apele i protesty zostały wystosowane również przez inne osoby i stowarzyszenia.

Sprawa była rozpatrywana przez Samorządowe Kolegium Odwoławcze oraz sądy administracyjne wszystkich instancji, aż po Naczelny Sąd Administracyjny. Protesty były kierowane do Premierów, Ministrów Środowiska, Ministra Gospodarki, Rzecznika Praw Obywatelskich, Prokuratury Okręgowej i Rejonowej oraz Wojewody Śląskiego. Lista działań związanych z udzieleniem koncesji na wydobywanie węgla kamiennego ze złoża „Śląsk – Pole Panewnickie” jest bardzo długa. W kalendarium prowadzonym w kopalni „Śląsk” wymieniono ich prawie 200.

Kopalnia „Śląsk” podejmowała starania w celu przekonania mieszkańców dzielnic i zjednanie szerszej opinii publicznej. Między innymi zorganizowano kilka spotkań z mieszkańcami terenu górniczego „Radoszowy–Panewniki”. Zaproszenia na nie zostały rozesłane do wszystkich zainteresowanych. Ponadto o organizowanych spotkaniach informowano podczas niedzielnych nabożeństw w miejscowym kościele. Spotkania miały charakter informacyjny; pracownicy Działu Mierniczo-Geologicznego przedstawiali projektowany przebieg eksploatacji górniczej oraz prognozę jej wpływów na powierzchnię; była poruszana również sprawa perspektyw kopalni. Brak zgody na eksploatację oznaczał zagrożenie utratą pracy dla co najmniej kilkuset osób. Każdy z uczestników spotkań miał możliwość zadawania pytań w czasie publicznej rozprawy lub – po jej zakończeniu – w indywidualnej rozmowie z kompetentnymi pracownikami kopalni „Śląsk”. Z relacji organizatorów spotkań wynika, że przynosiły one zamierzony efekt. Wielu uczestników mogło z mniejszymi obawami oczekiwać skutków prowadzenia projektowanej eksploatacji. Kilkadziesiąt osób zdecydowało się nawet podpisać pod oświadczeniem, w którym wyrażono poparcie dla działań KHW SA. W każdym ze spotkań brało udział około 300 osób.

Z inicjatywy pracowników kopalni „Śląsk”, popartych przez wszystkie związki zawodowe działające w kopalni, były też zbierane podpisy pod petycją do Ministra Środowiska o wyrażenie zgody na eksploatację w Polu Panewnickim. Wystawiono ją w kilku miejscach publicznych, między innymi w miejskiej bibliotece. Pod deklaracją przystąpienia do „Komitetu Mieszkańców Ligoty i Panewnik Popierających Eksploatację ze Złoża Węgla Kamiennego Śląsk – Pole Panewnickie” złożyło podpisy 2,5 tysiąca osób.

Należy zaznaczyć, że protest przeciw udzieleniu koncesji, zredagowany przez Komitet Ocalenia Ligoty, podpisało około 3 tysiące osób.

Nie tylko spotkania zorganizowane przez kopalnię „Śląsk” dawały okazję do informowania o zamierzeniach eksploatacyjnych i przewidywanych wpływach na powierzchnię. Na prośbę Spółdzielni Mieszkaniowej „Górnik”, w czasie zebrania jej

członków, które odbyło się w kwietniu 2003 roku, pracownicy Działu Mierniczo-Geologicznego kopalni odpowiadali na pytania i skargi mieszkańców Osiedla Kokociniec. Należy jeszcze wymienić spotkanie przedstawicieli KHW SA i kopalni „Śląsk” z Radą Samorządu Ligota – Panewniki (1999 r.) oraz spotkanie Prezydenta Miasta Katowice z przedstawicielami związków zawodowych z branży górniczej.

Odpowiadając na potrzeby zaniepokojonych mieszkańców w kopalni „Śląsk” został stworzony specjalny fundusz przeznaczony na naprawę szkód spowodowanych planowaną eksploatacją w Polu Panewnickim, który stanowił zabezpieczenie środków finansowych na przyszłość.

W czasie wieloletniego sporu między Katowickim Holdingiem Węglowym SA a mieszkańcami Ligoty–Panewnik ukazało się kilkadziesiąt publikacji prasowych: notatek, obszernych artykułów i wywiadów. Drukowane były w gazetach o zasięgu lokalnym (*Nad Kłodnicą, Przegląd Katowicki, Nasz Śląsk, Wiadomości Rudzkie*), regionalnym (*Trybuna Śląska, Dziennik Zachodni, Tygodnik Śląsko-Dąbrowski*) i krajowym (*Rzeczpospolita, Gazeta Wyborcza*) a także w gazetkach i czasopismach branżowych (*Trybuna Górnicza, Górniki, Solidarność Górnicza*). Ton tych publikacji był zróżnicowany – od spokojnego, rzeczowego po bardzo emocjonalny. Już same tytuły mówią wiele: „Pole emocji”, „Bronią domów”, „Wybrać spokój czy węgiel”, „Zwycięstwo!”, „Garbate dziecko Katowic (?)”, „Mieszkańcy nie ustąpią”, „Wojna na po(d)pisy”. Zróżnicowane było też stanowisko autorów. Niektórzy opowiedzieli się za mieszkańcami protestującymi przeciw udzieleniu koncesji, inni bronili górników. Oprócz jednostronnych stwierdzeń padały też zdania wyważone.

Od lutego 2004 roku w Polu Panewnickim jest prowadzona eksploatacja górnica, ale konflikt nie został zakończony. Toczy się między KHW SA i Prezydentem Katowic (jako przedstawicielem samorządu), a także między pracownikami kopalni a mieszkańcami Ligoty – Panewnik. W pierwszym przypadku spór ma charakter formalny, w drugim – pozostaje już tylko w sferze emocji. Związki zawodowe górników i Górnicza Izba Przemysłowo-Handlowa ciągle walczą o uznanie ich za stronę w toczącym się postępowaniu sądowym.

1.2. Eksploatacja górnica pokładu 209 pod dzielnicą Byczyna w Jaworznie

W 1998 roku opracowano projekt eksploatacji pokładu 209 pod częścią dzielnicy Byczyna w Jaworznie. W Zakładzie Górniczo-Energetycznym „Sobieski-Jaworzno III” zaplanowano na lata 2002–2005 wybranie trzech ścian, bezpośrednio pod terenem zabudowanym domami jednorodzinnymi. Eksploatację rozpoczęto we wrześniu 2002 roku.

ZGE Sobieski Jaworzno III przed podjęciem eksploatacji w pokładzie 209 uzyskał wszystkie niezbędne zezwolenia. W grudniu 2001 roku Dyrektor OUG w Tychach zatwierdził część szczegółową planu ruchu na lata 2002–2004. Plan ten uzyskał wcześniej pozytywną opinię organu samorządu terytorialnego – prezydenta miasta. Opracowanie planu ruchu poprzedziło wykonanie: oceny wpływu prognozowanych wstrząsów górniczych na powierzchniowe obiekty kubaturowe i inżynierskie, oceny możliwości wybierania pokładu 209 pod częścią dzielnicy Byczyna oraz oceny stanu technicznego budynków i ich odporności na wpływy eksploatacji górniczej.

Analiza porównawcza odporności budynków oraz prognozowanych deformacji ciągłych nie wskazywała na niebezpieczeństwo zaistnienia szkód na dużą skalę (Kaszowska, Palka, Koba 2003). Już w czasie eksploatacji pokładu 209, po pierwszych sygnałach ze strony mieszkańców Byczyny, przez ZGE zostały zlecone badania odporności na wstrząsy sejsmiczne pochodzenia górniczego zabudowy kubaturowej dzielnicy. Stwierdzono, że odporność dynamiczna budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej jest w pełni wystarczająca do bezpiecznego przejścia prognozowanych wstrząsów. Spodziewane w czasie eksploatacji pokładu 209 wstrząsy nie powinny również, zgodnie z istniejącym stanem wiedzy, powodować uciążliwości użytkowania budynków. Obserwacje sejsmologiczne prowadzone w analizowanym rejonie potwierdziły trafność prognozy wstrząsów; największa zarejestrowana energia nie przekroczyła wartości $5 \cdot 10^6$ J.

W 2002 roku postęp frontu eksploatacyjnego był zróżnicowany. W styczniu 2003 roku uległ wyraźnemu wzrostowi; do 7,0 m/dobę. W drugiej połowie listopada 2002 roku do oddziału szkód górniczych ZGE Sobieski Jaworzno III oraz do wydziału ochrony środowiska Urzędu Miejskiego w Jaworznie zaczęły napływać skargi mieszkańców Byczyny. Przyczyną niepokoju i niezadowolenia były wstrząsy. Skarżący się uważali, że ich domy mogą ulec bardzo poważnym uszkodzeniom, a nawet całkowitemu zniszczeniu, a także, że narastający stan zagrożenia ma niekorzystny wpływ na ich zdrowie. Zaistniałą sytuacją zainteresowały się lokalne media. W prasie ukazał się reportaż pod znaczącym tytułem „Miasto drży”. O tym, jak wielki strach wzbudzały wstrząsy mogą świadczyć zacytowane w nim słowa: *Odruchowo chwyciłam się umywalki, bo myślałam, że dom się wali*. W styczniu 2003 roku nasiliły się wstrząsy a wraz z nimi protesty. W lokalnej telewizji miejskiej CTv wyemitowano reportaż na ten temat.

W odpowiedzi na nasilające się protesty, 21 stycznia 2003 przez ZGE roku zostało zorganizowane spotkanie z mieszkańcami Byczyny. Oprócz przedstawicieli kopalni wzięli w nim udział eksperci w dziedzinie ochrony terenów górniczych przed szkodami górniczymi. Licznie stawili się mieszkańcy (około 150 osób). Podczas spotkania została scharakteryzowana dotychczasowa eksploatacja górnicza oraz przedstawiony zakres planowanej eksploatacji. Poinformowano o wynikach prowadzonych pomiarów sejsmologicznych. Naukowcy natomiast wyjaśnili, jaki wpływ na budynki może mieć dotychczasowa i przewidywana eksploatacja. Mieszkańcy Byczyny wyrazili potrzebę umożliwienia im dostępu do informacji o postępującej eksploatacji oraz organizowania cyklicznych spotkań z przedstawicielami ZGE.

Na zakończenie spotkania wywiązała się dyskusja, której wynikiem było podjęcie przez ZGE następujących działań:

- powołanie zespołu specjalistycznego do analizowania spraw związanych z bezpieczeństwem powszechnym,
- zmniejszenie postępu eksploatacji do 3,5 m/dobę,
- zainstalowanie aparatury rejestrującej wartości przyspieszenia drgań w dwóch budynkach.

Ustalono również, że takie spotkania będą odbywać się cyklicznie. Kolejne wyznaczono na maj 2003 roku. Ponadto, pracownicy Oddziału Szkód Górniczych

i Ochrony Środowiska ZGE zostali zobligowani do codziennych dyżurów, w celu udzielania informacji mieszkańcom o aktualnej eksploatacji górniczej i ustalonej odporności ich budynków mieszkalnych. Podjęto również zobowiązanie, że jeden raz w kwartale w świetlicy środowiskowej będzie umieszczany wycinek z planu ruchu ZGE, dzięki czemu zainteresowani będą mogli na bieżąco śledzić front robót na dole kopalni i mieć wgląd w plany eksploatacyjne.

Spotkanie było relacjonowane w prawie wszystkich lokalnych mediach. W prasie ukazały się m.in. reportaże: „Trzęsie Jaworzniem”, „Strzały z kopalni”, „Dyskusja w Byczynie”. W telewizji miejskiej CTv zamieszczono wzmiankę o spotkaniu, natomiast w TvJ, który jest drugim lokalnym programem – aż godzinną relację.

Kolejnym efektem działania mieszkańców Byczyny było zainteresowanie samorządowych władz. Prezydent Jaworzna zwrócił się do ZGE o szczegółową informację odnośnie do aktualnej sytuacji geologiczno-mierniczo-górniczej w rejonie eksploatacyjnym.

W opisie działań podjętych przez lokalną społeczność nie można pominąć faktu, że choć użyto tak wielu środków, to nikt nie złożył w kopalni wniosku o naprawę szkód górniczych. Świadczyć to może o tym, że mieszkańcy Byczyny byli zainteresowani powstrzymaniem działalności powodującej nękające ich wstrząsy. Ich zamiarem było raczej zapobieganie powstaniu szkód niż ich późniejsze usuwanie.

Podjęte przez ZGE działania doprowadziły do istotnego zmniejszenia intensywności wstrząsów. W ślad za tym zdecydowanie ucichły protesty społeczne.

1.3. Eksploatacja górnicza w Markłowicach

Gmina Markłowice jest położona w Rybnickim Okręgu Węglowym. Na jej terenie działalność górniczą prowadziły trzy kopalnie: „Marcel”, „1 Maja” oraz „Jankowice”. Eksploatację w „Polu Markłowice” rozpoczęto w 1978 roku. W pierwszych latach stosowano zarówno system z zawalem stropu, jak również z podsadzką hydrauliczną. Obecnie cała eksploatacja jest prowadzona z zawalem stropu. Dotychczas była ona prowadzona prawie nieprzerwanie w ponad 30 pokładach. Eksploatacja projektowana w pokładach niżej zalegających będzie przemieszczać się spod rejonów zurbanizowanych pod obszary o charakterze rolniczym. Przewiduje się, że od około 2009 roku, po wyeksploatowaniu resztek pokładów w tzw. części macierzystej kopalni „Marcel”, całe wydobycie kopalni będzie skoncentrowane w Polu Markłowice; jest to więc rejon strategiczny.

Długotrwałe oddziaływanie eksploatacji górniczej na powierzchnię i często powtarzające się szkody wywołały zmęczenie i zniecierpliwienie mieszkańców gminy. Dużym problemem było ustalenie odpowiedzialnego za powstające szkody. Mieszkańcy często byli odsyłani od kopalni do kopalni. Niepewność jutra nie pozwalała na planowanie remontów, przebudowy, czy rozbudowy domów. Biorąc pod uwagę, że w Markłowicach przeważa zabudowa jednorodzinna, można zrozumieć jak trudna była sytuacja poszkodowanych. Bowiem, o ile jednostki zinstytucjonalizowane jakoś sobie radzą z załatwianiem spraw związanych ze szkodami górniczymi, to osoby fizyczne czują się często całkowicie bezradne.

Konflikt między mieszkańcami a kopalniami narastał wraz z liczbą wyeksploatowanych pokładów. Jego nasilenia można było się spodziewać w latach 90., w związku ze zmieniającym się stanem prawnym i zwiększającą się świadomością społeczną. Taki rozwój sytuacji został jednak zauważony przez przedsiębiorcę górniczego, którym w tym czasie była Rybnicka Spółka Węglowa SA. W jej skład wchodziło pięć kopalń, w tym dwie prowadzące eksploatację w Markłowicach: „Marcel” i „Jankowice”. Wpływy ich eksploatacji, poza Markłowicami, były odczuwane aż w siedmiu miastach i gminach. Wobec takiej skali było konieczne wprowadzenie jednolitego systemu. Został opracowany tzw. „Model współpracy z lokalnymi samorządami w zakresie usuwania skutków eksploatacji górniczej”, obowiązujący od 2001 roku we wszystkich kopalniach spółki. Zgodnie z opracowanym modelem (Barczyk i inni 2002; Bednorz, Jureczko 2003):

- plany napraw szkód górniczych były przedstawiane zarządom miast i gmin do wstępnej akceptacji,
- zarządy miast i gmin były systematycznie informowane o granicach odpowiedzialności za szkody oraz o realizacji planu napraw,
- w posiedzeniach rad gmin dwa razy w roku brał udział przedstawiciel spółki,
- w celu ułatwienia kontaktu z mieszkańcami wprowadzono dyżury pracowników sekcji szkód górniczych – dwa razy w miesiącu w siedzibach urzędów gminy,
- powołano Zespół Konsultacyjny do Spraw Wstrząsów, w posiedzeniach którego brali udział przedstawiciele samorządów,
- w większości miast i gmin utworzono komisje górnictwa złożone z radnych i fachowców spoza rady, których zadaniem było opiniowanie m.in. planów ruchów zakładów,
- wprowadzono jednolity regulamin postępowania przy załatwianiu spraw związanych ze szkodami górniczymi.

Wprowadzenie modelu ułatwiło dostrzeganie problemów jeszcze przed rozpoczęciem eksploatacji. Pozwoliło to na stosowanie takich rozwiązań, które były akceptowane zarówno przez przedsiębiorcę górniczego, jak i przez samorządy terytorialne. Mieszkańcy byli informowani o zamierzeniach eksploatacyjnych, o przewidywanych wpływach na powierzchnię i o planach naprawy szkód. Poszkodowani mieli ułatwiony kontakt z przedsiębiorcą górniczym. Możliwe było składanie wniosków o naprawę szkód górniczych w siedzibach urzędów gminnych, podczas dyżurów kompetentnych pracowników kopalń. W ten sposób obowiązek identyfikacji odpowiedzialnego za powstanie szkody przestał obciążać poszkodowanego. Istotną zaletą modelu było zapewnienie stałego monitoringu wykonywanych zadań z zakresu naprawy szkód górniczych, zaplanowanych na dany rok w wyniku negocjacji między kopalnią a samorządem terytorialnym.

Metody działania zaproponowane w powyższym modelu zostały zaakceptowane przez samorządy terytorialne. Z pewnością dla możliwości porozumienia się olbrzymie znaczenie miał fakt, że w kopalniach RSW SA było wówczas zatrudnionych około 20 tys. osób, głównie mieszkańców miast i gmin, na terenie których była prowadzona eksploatacja.

W lutym 2003 roku, w wyniku przekształceń w górnictwie węgla kamiennego, przestały funkcjonować spółki węglowe. Przedsiębiorcą górniczym stała się Kompania Węglowa SA. Zarząd Kompanii starając się utrzymać wypróbowane formy zarządzania ochroną powierzchni terenu opracował *Instrukcję w sprawie trybu i zasad postępowania przy usuwaniu szkód wyrządzonych ruchem zakładu górniczego* (2003). Zawierała ona zalecenia dotyczące ujednolicenie postępowania między innymi w zakresie: ustalania związku przyczynowego między ruchem zakładu górniczego a szkodą, zawierania ugody z poszkodowanymi oraz zlecenia, nadzorowania i dokonywania odbiorów robót. Zasady współpracy z lokalnymi społecznościami nie zostały jednak uregulowane żadnymi przepisami.

Pomimo braku odpowiednich uregulowań kopalnie „Marcel” i „Jankowice” nadal stosują procedury wypracowane w okresie funkcjonowania „Modelu współpracy z lokalnymi samorządami w zakresie usuwania skutków eksploatacji górniczej”. Działania kopalń są uzgadniane i kontrolowane przez „Komisję Koordynacyjną dla Eksploatacji Górniczej w Polu Marklowice pod Terenami Gmin: Marklowice, Świerklany i Mszana”, przy Okręgowym Urzędzie Górniczym w Rybniku, która została powołana w 1980 roku w wyniku zalecenia Komisji Ochrony Powierzchni przy Wyższym Urzędzie Górniczym. Posiedzenia Komisji odbywają się z reguły jeden raz w roku. Biorą w nich udział wójtowie gmin i ich zastępcy, przedstawiciele Wyższego Urzędu Górniczego i Okręgowego Urzędu Górniczego w Rybniku, Kompanii Węglowej, dyrektorzy i naczelnicy inżynierowie kopalń „Marcel” i „Jankowice” oraz przedstawiciele działów przygotowania produkcji i działów mierniczo-geologicznych (w tym sekcji szkód górniczych) tychże kopalń.

Podczas posiedzeń Komisji przedstawiciele samorządów lokalnych mogą zapoznać się z przebiegiem dokonanej i planowanej eksploatacji górniczej w Polu Marklowice, z wynikami obserwacji dotychczasowych wpływów na powierzchnię terenu i obiekty jej zagospodarowania oraz z prognozą na następne lata. Ponadto jest przedstawiany stan realizacji planów naprawy szkód górniczych. Przedstawiciele samorządów lokalnych mogą też wносить o podejmowanie lub kontynuowanie określonych działań przez kopalnie. Z ich inicjatywy nadal odbywają się dyżury pracowników sekcji szkód górniczych kopalń „Marcel” i „Jankowice” (przemiennie) w Urzędzie Gminy Marklowice.

1.4. Eksploatacja górnicza pod dzielnicą Brzeziny Śląskie w Piekarach Śląskich

Brzeziny Śląskie znajdują się na obszarze górniczym Zakładu Górniczego „Piekary”. Zabudowa tego rejonu jest zróżnicowana pod względem wieku i typu. Są tu usytuowane budynki mieszkalne jednorodzinne i wielorodzinne. Eksploatacja górnicza pod Brzezinią Śląską była prowadzona od drugiej połowy XIX wieku. Początkowo jej przedmiotem były złoża rud cynku i ołowiu. Kontynuowano ją do 1987 roku. W 1940 roku rozpoczęto eksploatację węgla kamiennego, która prawie nieprzerwanie jest prowadzona nadal (Kowalski i inni 2006). Można więc stwierdzić, że mieszkańcy dzielnicy zawsze byli niepokojeni skutkami wpływu eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu. Długotrwała eksploatacja górnicza skłoniła władze miasta do zainicjowania współpracy z przedsiębiorcą górniczym jeszcze przed 1989 rokiem.

Na początku lat 90. doszło do porozumienia między Okręgowym Urzędem Górniczym w Gliwicach, kopalnią „Julian” oraz Gminą Piekary Śląskie i został powołany „Zespół Koordynacyjny do Spraw Eksploatacji Górniczej”. Potem kilkakrotnie zawierano nowe porozumienia i zmieniano jego nazwę. Od kwietnia 2006 roku jest to „Zespół Porozumiewawczy dla Oceny Eksploatacji Górniczej pod Terenami Miasta Piekary Śląskie”. W jego skład wchodzi: Dyrektor Okręgowego Urzędu Górniczego w Gliwicach, Prezydent Miasta Piekary Śląskie, Wiceprezes ds. Zarządzania Produkcją Kompanii Węglowej SA i Dyrektor Zakładu Górniczego „Piekary”. Zgodnie z porozumieniem, posiedzenia Zespołu zwołuje jego Przewodniczący (Dyrektor OUG), nie rzadziej niż jeden raz w roku. Do udziału w nich są zapraszani przedstawiciele Zakładu Górniczego oraz użytkownicy obiektów użyteczności publicznej i infrastruktury technicznej, w zależności od występujących problemów i potrzeb. Przedmiotem pracy Zespołu Porozumiewawczego są zagadnienia dotyczące terenu poddanego wpływom eksploatacji górniczej w granicach administracyjnych miasta Piekary Śląskie. Do zadań Zespołu należy w szczególności:

- analiza informacji składanych w formie pisemnych sprawozdań Zakładu Górniczego, zawierających charakterystykę dokonanej i projektowanej eksploatacji górniczej wraz z określeniem jej wpływu na powierzchnię terenu i obiekty,
- przedstawianie propozycji rozwiązań kompleksowych zagadnień szczególnie istotnych dla użytkowników terenu górniczego,
- ocena potencjalnych zagrożeń środowiska naturalnego i możliwości koordynacji eksploatacji górniczej z działalnością użytkowników terenu górniczego,
- formułowanie wniosków i zadań oraz ocena ich realizacji.

Spotkania komisji odbywają się z reguły dwa razy w roku. W posiedzeniach biorą udział, oprócz osób wymienionych w porozumieniu: zastępca Prezydenta Miasta oraz kierownik i naczelnik Wydziału Ochrony Środowiska UM. Zakład Górniczy reprezentują: zastępca Dyrektora, kierownik Działu Mierniczo-Geologicznego oraz inspektorzy Działu Szkód Górniczych. Analizy i uzgodnienia dotyczą głównie eksploatacji pod dzielnicą Brzeziny Śląskie, ale są też rozpatrywane inne rejony eksploatacji.

Zgodnie z postanowieniami Komisji, co kwartał są przesyłane do większych użytkowników obiektów na powierzchni (dróg, obiektów kolejowych, sieci uzbrojenia technicznego terenu) informacje zawierające: charakterystykę eksploatacji górniczej dokonanej w ostatnim kwartale i planowanej na najbliższy kwartał oraz dane o wpływach eksploatacji na powierzchnię w tych okresach.

Z inspiracji Komisji w miejscowej gazecie *Głos Piekarski* opublikowano informacje o eksploatacji pokładu 510 prowadzonej pod Brzezunami Śląskimi, jej prognozowanych skutkach oraz o działaniach kopalni prowadzonych w celu ograniczania uciążliwości dla mieszkańców dzielnicy.

Przedstawiciele Wydziału Ochrony Środowiska UM oraz Działu Mierniczo-Geologicznego i Działu Szkód Górniczych ZG „Piekary” są w stałym kontakcie (z reguły raz w tygodniu). Na bieżąco analizują pojawiające się problemy i uzgadniają sposoby ich rozwiązywania.

W Piekarach Śląskich są organizowane spotkania z mieszkańcami. W 2006 odbyły się dwa: w maju i we wrześniu. Ich inicjatorem był Prezydent Miasta. Informacje

o spotkaniach są publikowane w lokalnej gazecie *Głos Piekarski* i ogłaszane w Radiu Piekary. Komunikaty są również odczytywane w kościołach w czasie niedzielnych mszy. Na spotkania przychodzi z reguły około 100–200 osób. Biorą w nich udział przedstawiciele władz samorządowych i Zakładu Górniczego „Piekary”. Zapraszani bywają też przedstawiciele nauki. Spotkania są okazją do zaznajomienia mieszkańców z przebiegiem dokonanej i projektowanej eksploatacji górniczej, z jej wpływem na powierzchnię oraz z przewidywanymi skutkami oddziaływania eksploatacji na obiekty. Omawiane są również szkody zaistniałe oraz planowane naprawy. Mieszkańcy mogą też uzyskać wyjaśnienia przedstawionych problemów.

W kwietniu 2006 roku w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach odbyło się posiedzenie Komisji Mierniczo-Geologicznej Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa poświęcone eksploatacji górniczej pod Brzezunami Śląskimi z udziałem przedstawicieli władz samorządowych, Zakładu Górniczego „Piekary” i mieszkańców. Uczestniczyli w nim również naukowcy, z którymi współpracował Zakład Górniczy „Piekary”. Został wygłoszony referat przedstawiający doświadczenia wynikające z eksploatacji górniczej pod Brzezunami Śląskimi, który wywołał ożywiającą dyskusję.

Zakład Górniczy „Piekary” stale informuje mieszkańców miasta o planowanych remontach takich obiektów, jak drogi, wodociągi, gazociągi itp. W przypadku planowanych przerw w ich użytkowaniu, komunikaty są przekazywane w kościołach oraz ogłaszane w Radiu Piekary.

2. OCENA SKUTECZNOŚCI DZIAŁAŃ PODJĘTYCH W CELU ROZWIĄZYWANIA KONFLIKTÓW

Z analizy konfliktu dotyczącego koncesji na wydobywanie węgla kamiennego w Polu Panewnickim wynika, że w tym przypadku przedsiębiorca górniczy nie przewidział, że przeszkodą w jej uzyskaniu będzie nieprzejednane stanowisko przedstawiciela samorządu lokalnego. Niewątpliwie w sprawie bardzo dużą rolę odegrały protesty społeczne, które wystąpiły w niespotykanej wcześniej skali. Przebieg konfliktu ujawnił brak przygotowania do rozwiązania problemu. Chociaż podjęto działania w celu rzetelnego wyjaśnienia aspektów technicznych projektowanej eksploatacji górniczej i jej wpływów na powierzchnię, określono zagrożenia obiektów, to nie potrafiono pozyskać zaufania mieszkańców do przedsiębiorcy górniczego. Świadczyć o tym mogą słowa zawarte w listach protestacyjnych: *nie wierzę w zapewnienia kopalni, zawsze były problemy z naprawą szkód*.

Wynika stąd, że kopalnia jest oceniana na podstawie dotychczasowych doświadczeń mieszkańców terenów górniczych. Przy czym osoby upominające się o naprawę szkód najczęściej postrzegają górnictwo w swoim sąsiedztwie jako całość. Złe doświadczenia związane z działalnością górniczą powodują utratę zaufania do wszystkich kopalń.

W zapobieganiu tak rozwiniętym konfliktom może być bardzo istotne tworzenie dobrego wizerunku kopalni. Taki proces powinien trwać wiele lat i obejmować nie tylko pojedyncze kopalnie. Ważne dla wizerunku kopalni są działania wyprzedzające.

Badania socjologiczne przeprowadzone przez Główny Instytut Górnictwa (Ocena kosztów... 2005) wykazały, że większość mieszkańców terenów górniczych chciałaby być informowana o planach eksploatacyjnych i spodziewanych wpływach na powierzchnię co najmniej kilka lat przed jej rozpoczęciem. Wielu chciałoby też mieć zapewnienie, że kopalnia zgromadziła odpowiednie środki na naprawę szkód górniczych jeszcze przed podjęciem eksploatacji.

Z doświadczeń związanych z udzielaniem koncesji na eksploatację w Polu Panewnickim wynika, że działania przedsiębiorcy górniczego, prowadzone w celu pozyskania akceptacji społecznej dla eksploatacji górniczej powinny mieć charakter systemowy.

W konflikcie zaistniałym w wyniku podjęcia eksploatacji górniczej pokładu 209 pod dzielnicą Byczyna w Jaworznie, Zakład Górniczo-Energetyczny „Sobieski Jaworzno III” wykazał w tym kierunku dużą aktywność i podjął dialog z lokalną społecznością. Dopuszczenie mieszkańców do współuczestnictwa w działaniach kopalni przez informowanie i uwzględnianie ich postulatów zaowocowało uspokojeniem opinii.

Należy zwrócić uwagę, że w opisanym przypadku można było zapobiec wielu problemom, wyprzedzając działania mieszkańców i organizując spotkania informacyjne już po pierwszych skargach. Najlepiej byłoby, gdyby takie spotkania odbywały się na etapie projektowania eksploatacji, a w ich przygotowaniu brali udział specjaliści.

Należy dodać, że podobnie jak mieszkańcy katowickich Panewnik, mieszkańcy Byczyny nie mieli zaufania do przedsiębiorcy górniczego. Taka postawa wynikała z doświadczeń z poprzedniej eksploatacji pod Byczyną. W kilka lat po zakończeniu robót w pokładzie 207 nie naprawiono połowy budynków, które zostały wówczas uszkodzone. Również w tym przypadku za zaległości odpowiadał inny podmiot.

W przypadku eksploatacji górniczej pod Markłowicami przedsiębiorca górniczy wypracował formy współpracy z samorządem lokalnym. Stała współpraca powinna zaowocować pozytywną opinią mieszkańców charakteryzowanego rejonu. Tymczasem badania socjologiczne przeprowadzone w 2004 roku w Markłowicach (Ocena kosztów... 2005) wykazały, że ich doświadczenia nie są tak jednoznaczne. Respondenci nie mieli trudności z ustaleniem przyczyn szkód, ale mieli zastrzeżenia co do dostępu do informacji o przewidywanych wpływach eksploatacji na powierzchnię. Taki wynik może dziwić, jeśli weźmie się pod uwagę, że eksploatacja górnicza jest prowadzona w tym rejonie już prawie 30 lat. Wyjaśnienia respondentów świadczą o tym, że najczęściej mówili o świadomości zagrożeniazkodami górniczymi w momencie zakupu nieruchomości lub budowy, co często miało miejsce ponad 30 lat temu. Tak więc mieszkańcy terenów górniczych, oceniając kopalnię, biorą pod uwagę wszystkie doświadczenia, nie wyłączając pierwszych.

W przypadku eksploatacji górniczej pod dzielnicą Brzeziny Śląskie w Piekarach Śląskich współpraca między władzami samorządowymi miasta a Zakładem Górniczym „Piekary” ma bardzo długą historię. Inicjatywę jej nawiązania i rozszerzania wykazywały obydwie strony. Władze miasta zawsze doceniały rolę kopalni na lokalnym rynku pracy. Zakład Górniczy „Piekary” był największym pracodawcą w mieście

i taką pozycję utrzymuje nadal. Aktualnie pracuje w nim prawie 3,9 tys. osób, z czego 60% to mieszkańcy Piekary.

Formy współpracy między samorządem miasta a Zakładem Górniczym „Piekary” wypracowane przez wiele lat są pozytywnie oceniane przez obydwie strony. Na skuteczność działań wskazywać może malejąca w ostatnich latach liczba interwencji mieszkańców w Urzędzie Miasta.

WNIOSKI

1. Z analizy czterech przypadków konfliktów między zakładami górniczymi a lokalnymi społecznościami wynika, że na ich przebieg i możliwości rozwiązania bardzo duży wpływ mają doświadczenia mieszkańców związane ze szkodami górniczymi. Warunkiem ich zaufania jest sprawne usuwanie skutków wcześniejszych eksploatacji.
2. Przedstawione metody rozwiązania konfliktów wskazują na duże zapotrzebowanie na informację o planowanej eksploatacji, jej wpływach na powierzchnię oraz o zagrożeniu szkodami górniczymi. Inicjatywą w tym zakresie powinny wykazywać się kopalnie i to z możliwie dużym wyprzedzeniem. W celu zapewnienia skuteczności przekazywania informacji najkorzystniej jest stosować różnorodne formy: ogłoszenia w kościołach, w lokalnych środkach masowego przekazu, spotkania z mieszkańcami.
3. Przykład eksploatacji pod dzielnicą Byczyna w Jaworznie świadczy o tym, że protesty mieszkańców mogą doprowadzić do podjęcia przez kopalnię wielu konkretnych działań. W tym przypadku było to między innymi zainstalowanie dodatkowej aparatury rejestrującej wstrząsy oraz znaczące ograniczenie prędkości eksploatacji, skutkujące ich redukcją.
4. Współpraca między władzami samorządowymi a przedsiębiorcami górniczymi jest najbardziej efektywna wówczas, gdy rozwijają ją obydwie strony. Duże znaczenia dla zainteresowania lokalnych samorządów poprawnymi relacjami ma pozycja kopalni na lokalnym rynku pracy, o czym może świadczyć przykład współpracy między władzami Miasta Piekary Śląskie a ZG „Piekary”.
5. Skuteczne formy współpracy między władzami samorządowymi a przedsiębiorcami górniczymi są wypracowywane przez wiele lat. Im dłuższa jest jej historia, tym łatwiejsze jest rozwiązywanie problemów związanych z uzgadnianiem warunków eksploatacji i z naprawą szkód górniczych.
6. Do zbudowania i utrzymania poprawnych relacji między zakładami górniczymi a lokalnymi społecznościami potrzebne są działania o charakterze systemowym.

Literatura

1. Barczyk J., Bednorz L., Jureczko A., Kowalski S. (2002): *Model współpracy Rybnickiej Spółki Węglowej S.A. z lokalnymi samorządami w zakresie usuwania skutków eksploatacji górniczej*. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa. Seria Konferencje nr 41.
2. Bednorz L., Jureczko A. (2003): *Współpraca: kopalnia – samorząd lokalny w zakresie usuwania skutków eksploatacji górniczej w kontekście zmian strukturalnych w górnictwie*.

Konferencja Naukowo-Techniczna pt. Usuwanie uszkodzeń terenów i budowli powstałych w wyniku prowadzenia eksploatacji podziemnej, Ustroń.

3. *Instrukcja w sprawie trybu i zasad postępowania przy usuwaniu szkód wyrządzonych ruchem zakładu górniczego*. Katowice, Kompania Węglowa SA 2003.
4. Kaszowska O., Palka J., Koba M. (2003): *Problemy społeczne wynikające z oddziaływania podziemnej eksploatacji górniczej na obiekty budowlane*. Półrocznik Akademii Górniczo-Hutniczej t. 9, z. 2/1.
5. Kowalski A., Majcher M., Mielcarek Z., Wojtacha P. (2006): *Doświadczenia z eksploatacji ZG „Piekary” pod dzielnicą Brzeziny Śląskie*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 11(147).
6. *Metody rozwiązywania konfliktów pomiędzy zakładami górnictwami a lokalnymi społecznościami w polskim górnictwie węgla kamiennego*. Dokumentacja działalności statutowej. Katowice, Główny Instytut Górnictwa 2006.
7. *Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych* (1997). Praca zbiorowa pod red. J. Kwiatka. Katowice, Wydaw. Głównego Instytutu Górnictwa.
8. *Ocena kosztów szkód górniczych w budynkach mieszkalnych z uwzględnieniem aspektu społecznego* (2005). Projekt badawczy własny nr 5 T12A 021 25. Katowice, Główny Instytut Górnictwa.

Recenzent: dr inż. Andrzej Kowalski

Joanna Martyka

SYSTEM KOMUNIKACJI SPOŁECZNEJ W OPINII ZAŁOGI KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie

W artykule zawarto opis systemu komunikacji społecznej w jednej z kopalń węgla kamiennego. Przedstawiono źródła i sposoby komunikowania się w sprawach ruchowych oraz pracowniczych, bariery komunikacji z zakresu spraw ruchowych i charakterystykę procesu komunikowania się w sytuacji wprowadzania zmian organizacyjnych. Diagnoza systemu umożliwiła także sformułowanie ogólnej oceny systemu komunikacji w kopalni oraz określenie zakresu niezbędnych zmian w celu udoskonalenia procesu komunikowania się z pracownikami.

Social communication system according to the opinion of hard coal mine personnel

Abstract

The article contains the description of the social communication system in one of hard coal mines. Sources and manners of communication regarding operational and personnel-related matters, communication barriers concerning operational matters, and a characteristics of the communication process in the situation of introduction of organisational changes were presented. The diagnosis of the system enabled also to formulate a general assessment of the communication system in the mine and to determine the scope of necessary changes in order to improve the process of communication with the workers.

WPROWADZENIE

Komunikacja społeczna – rozumiana jako dynamiczny proces przekazywania informacji w formie symbolicznej przez odpowiednie kanały, między nadawcami a odbiorcami – to proces decydujący w dużej mierze o efektywności funkcjonowania organizacji (przedsiębiorstwa). Pełne informowanie pracowników o życiu organizacji pomaga w tworzeniu poczucia wspólnoty, a społeczność działająca w oparciu o wzajemne zrozumienie i zaufanie nie tylko szybciej, ale i skuteczniej radzi sobie z pojawiającymi się problemami (Czermiński 2001).

Ustalenie zakresu i dobór metody umożliwiającej rozpoznanie systemu komunikacji społecznej wymaga zdefiniowania związanych z nim zjawisk i procesów. Proces komunikowania zalicza się – w świetle literatury przedmiotu – do struktury dynamicznej organizacji, jednak nie może być analizowany w oderwaniu od jej struktury statycznej, bowiem istotnym aspektem jest w przedsiębiorstwie proces specjalizacji pracy, którego rezultatem są wydzielone jednostki organizacyjne (stanowiska pracy, grupy tych stanowisk itp.), charakteryzujące się określonym profilem zadań i strukturą wewnętrzną, co wpływa bezpośrednio na system więzi informacyjnych wyznaczony

koniecznością koordynacji prac poszczególnych jednostek organizacyjnych. Dlatego też, w projektowaniu badań było konieczne uwzględnienie różnych sposobów analizy organizacji. Ze względu na przedmiot badań było zasadne zastosowanie ujęcia rzeczowego organizacji (traktowanie przedsiębiorstwa jako całości), jednakże z równoczesnym uwzględnieniem ujęcia atrybutowego (analiza struktury organizacji i określenie współzależności występujących między jej częściami).

Komunikowanie się w organizacji wiąże się bezpośrednio z podstawowymi funkcjami zarządzania: planowaniem, organizowaniem, motywowaniem i kontrolowaniem. Wyróżnia się dwa typy systemu komunikacji: oficjalny, w którym zarządzanie informacjami przebiega według ustalonego porządku (organizacyjnie wyznaczony, refleksyjny) i nieoficjalny, tj. spontanicznie wyznaczany przez jednostki i grupy w ich codziennych różnorodnych kontaktach – określa go w pewnej mierze natura oraz struktura grupy a przebiega w układach określanych „winoroślami” (*grapevines*) (Stankiewicz 1999).

Analiza systemu komunikowania się w przedsiębiorstwie wymaga zatem uwzględnienia zarówno procesu oficjalnego, jak i nieoficjalnego. W przypadku pierwszego z nich szczególnie istotne jest poznanie jego poszczególnych wymiarów, tzn.:

- komunikowanie się pionowe – inicjowane przez menedżerów (kierowane w dół hierarchii organizacyjnej) oraz inicjowane przez pracowników (kierowane w górę hierarchii organizacyjnej),
- komunikowanie się horyzontalne i diagonalne („poprzeczne”) – związane z przekazywaniem wiadomości między członkami organizacji funkcjonującymi na równorzędnych stanowiskach, w komórkach organizacyjnych różnych pionów (Stankiewicz 1999).
- Za równie ważne uznano czynniki warunkujące sam proces komunikowania się:
 - sposób przekazywania informacji,
 - długość i drożność kanałów komunikacyjnych,
 - bariery komunikacji,
 - czynniki psychologiczne – zwłaszcza motywów pracowników wyznaczone postawami, emocjami wobec odbiorcy/nadawcy informacji,

1. METODYKA BADAŃ

Badania zostały wykonane w celu poznania systemu komunikacji funkcjonującego aktualnie w kopalniach węgla kamiennego, jak również realizowanego w procesie wprowadzania zmian, ze szczególnym uwzględnieniem rozpoznania jego ewentualnych dysfunkcji.

Złożoność procesu komunikacji społecznej, liczba nadawców, odbiorców, kanałów komunikacyjnych wymagała zastosowania zarówno badań jakościowych (wywiady), jak i ilościowych (sondaż ankietowy) oraz metod badań niereaktywnych – analizy treści (badanie zarejestrowanych przekazów). Dlatego też, teren badań ograniczono do jednej kopalni węgla kamiennego, co warunkowało wybór studium przypadku, jako głównej metody realizowanej diagnozy.

Badania w kopalni były prowadzone w okresie od września do listopada 2006 roku i przebiegały w trzech następujących etapach:

Etap I – kwerenda dokumentów: obejmowała analizę treści dokumentów opisujących w sposób bezpośredni lub pośredni formalny system komunikacji w przedsiębiorstwie.

Etap II – wywiady jakościowe: obejmowały głównych nadawców informacji oraz pracowników przekazujących informacje w poszczególnych punktach węzłowych kanałów komunikacyjnych, a więc osoby stanowiące kluczowe ogniwa w przekazywaniu informacji (wywiadami objęto łącznie 11 ekspertów – dyrektorzy, kierownicy działów, przewodniczący związków zawodowych).

Wyniki kwerendy oraz przeprowadzonych wywiadów stanowiły podstawę konstrukcji kwestionariusza ankiety zastosowanego w badaniach sondażowych, tj. III etapie badań. W ankiecie zostały uwzględnione następujące bloki tematyczne:

- ogólna ocena systemu komunikacji społecznej funkcjonującego w kopalni,
- sposoby i ocena (poziom zadowolenia) procesu komunikowania się z osobami na wyższych i równorzędnych stanowiskach w hierarchii, pracownikami administracji, podwładnymi,
- ocena efektywności komunikacji społecznej,
- bariery komunikacyjne,
- sposoby pozyskiwania informacji zwrotnej,
- ocena umiejętności interpersonalnych (członków kierownictwa, własnych),
- komunikacja społeczna w sytuacjach wprowadzania zmian,
- możliwości poprawy systemu komunikacji społecznej.

Sondażem objęto odbiorców komunikatów, usytuowanych na różnych poziomach struktury organizacyjnej kopalni. Łącznie w badaniach wzięło udział 271 losowo wybranych pracowników, w tym dozór – 98 osób i robotnicy – 173 osoby.

2. KOMUNIKACJA SPOŁECZNA W KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO – WYNIKI SONDAŻU ANKIETOWEGO

Jednym z rezultatów przeprowadzonej kwerendy dokumentów oraz wywiadów z osobami sprawującymi kluczową rolę w procesie komunikacji społecznej (dyrektorzy, kierownicy działów i ich zastępcy) odnotowano istotne różnice w podejściu do przekazywania informacji ruchowych i pracowniczych. Dlatego też w sondażu ankietowym uwzględniono te dwa rodzaje komunikacji społecznej, a ponadto rozpoznano proces komunikowania się w sytuacjach wprowadzania zmian organizacyjnych.

2.1. Źródło i sposób komunikowania się w sprawach ruchowych i pracowniczych

Zagadnienia ruchowe

Dla zdecydowanej większości pracowników dozoru (72%) oraz robotników (85%) źródło informacji „ruchowych” stanowi tylko jedna osoba i są to z reguły pracownicy zajmujący wyższe stanowiska w hierarchii od zajmowanych przez nich samych – dla dozoru jest to dozór wyższego szczebla lub kierownicy działów, a dla

robotników – pracownicy dozoru. Zatem generalnie, informacje ruchowe pracownicy pozyskują głównie od swoich bezpośrednich przełożonych. Bardzo istotna jest w tej sytuacji ocena „szefa” w roli przekazującego informacje „ruchowe” – wyniki przeprowadzonego w tym zakresie rozpoznania uzasadniają stwierdzenie, że w opinii większości członków załogi przełożeni wywiązują się z omawianego zadania dobrze (opinia 66% dozoru i 60% robotników), bądź też bardzo dobrze (opinia 24% dozoru i 29% robotników). Jedynie 4% pracowników dozoru i 3,5% robotników oceniło przełożonego w tej roli źle lub bardzo źle.

Analiza danych na temat oceny wymiany informacji między osobami zajmującymi równorzędne stanowiska wykazała istotnie mniejszy odsetek respondentów – w odniesieniu do oceny przełożonych – oceniających ten proces bardzo dobrze (11,5% dozoru i 19% robotników) i równocześnie większy udział procentowy ocen dobrych (76% dozoru i 72% robotników), natomiast odsetek ocen złych i bardzo złych był zbliżony i wynosił wśród dozoru – 3% a wśród robotników 5%.

Najczęściej wykorzystywane sposoby komunikowania się w sprawach „ruchowych” to: przekaz ustny i pisemny oraz rozmowa telefoniczna, przy czym pracownicy dozoru częściej otrzymują informacje w formie pisemnej i telefonicznie. Za najbardziej efektywny respondenci uznali ustny sposób przekazywania informacji (około 60% dozoru i 58% robotników). Z niewiele mniejszą częstością wskazywano także sposób pisemny (około 53% dozoru i 45% robotników). Telefoniczne przekazywanie informacji za skuteczne uznało nieco ponad 15% dozoru i 5% robotników, natomiast poczty elektronicznej nie wybrał żaden z respondentów.

Zagadnienia „pracownicze”

Informacje „pracownicze” większość badanych otrzymuje także od jednej osoby (ponad 69% dozoru i 67% robotników) i często są to bezpośredni lub pośredni przełożeni, jednak w tym przypadku na znaczeniu zyskują jeszcze takie źródła informacji, jak: związki zawodowe, koledzy z pracy oraz pracownicy działu kadr i zatrudnienia.

Wśród sposobów komunikowania się w sprawach „pracowniczych” najczęściej wskazywano na: przekaz ustny i pisemny, rzadziej kontakt telefoniczny. W tym przypadku odnotowano jeszcze takie środki komunikacji, jak: gazetki górnicze, plakaty, radiowęzeł, masówki, multimedia, narady, tablica ogłoszeń, ulotki, zebrania załogi.

W przypadku informowania o sprawach pracowniczych, środkiem najbardziej efektywnym okazał się przekaz na piśmie – sposób ten wybrało 67% dozoru i 59% robotników. Z dużo mniejszą częstością wskazywano sposób ustny (46% dozoru i 47% robotników). Telefoniczne przekazywanie informacji pracowniczych za skuteczne uznało nieco ponad 4% dozoru i 3% robotników, a pocztę elektroniczną wskazało 3% dozoru i nieco ponad 2% robotników. Ponadto, za skuteczne zostały uznane jeszcze takie środki komunikacji, jak: tablica ogłoszeń, masówki, multimedia, narady, ogłoszenia przez radiowęzeł, plakaty.

Wyniki badań wykazały, że ważne informacje pracownicze załoga pozyskuje także z nieformalnych źródeł (inni pracownicy, znajomi ze spółki, koledzy z innych kopalń itd.). Stwierdzono, że bardzo często lub często korzysta z takich źródeł 30% robotników oraz 27% dozoru, czasem – 33% robotników i 26% dozoru. Z danych tych

wynika, że nieformalny obieg informacji w dużym stopniu stanowi o zakresie wiedzy załogi na temat spraw pracowniczych.

Stwierdzono także, że z nieformalnego obiegu informacji pracownicy korzystają najczęściej w przypadku poszukiwania informacji na temat takich zagadnień, jak: kwestie wynagrodzenia i inne finansowe, emerytury, sprawy socjalne, zmiany w zatrudnieniu i personalne – zwłaszcza na stanowiskach kierowniczych, sytuacja kopalni, Jastrzębskiej Spółki Węglowej i dalszy rozwój branży.

2.2. Bariery w komunikacji z zakresu spraw ruchowych

Bariery komunikacji dotyczącej spraw „ruchowych” często stanowią przyczynę występowania różnych problemów w ocenie około 10% dozoru i 7% robotników, natomiast czasem pozostają udziałem aż 44% dozoru i 42% robotników, zaś rzadko są notowane przez kolejne 44 i 47% robotników.

Dane na temat rodzaju i częstości popełniania błędów w przekazywaniu załódze informacji „ruchowych” zawarto w tablicy 1.

Tablica 1. Błędy w przekazywaniu informacji „ruchowych”

<i>Informacje nie przekazywane w terminie (zbyt późno)</i>			
Częstość	Procent dozoru	Procent robotników	Procent ogółu
Bardzo często i często	12,5	7,7	0,8
Czasem	44,8	36,3	39,4
<i>Informacje niepełne</i>			
Częstość	Dozór	Robotnicy	Razem
Bardzo często i często	20,8	11,4	0,4
Czasem	33,3	28,1	30,0
<i>Informacje niezrozumiałe</i>			
Częstość	Dozór	Robotnicy	Razem
Bardzo często i często	7,5	4,3	0,4
Czasem	24,5	27,0	26,1
<i>Informacje sprzeczne z podanymi wcześniej</i>			
Częstość	Dozór	Robotnicy	Razem
Bardzo często i często	8,5	6,1	0,8
Czasem	23,4	23,6	23,6
<i>Brak potrzebnych informacji</i>			
Częstość	Dozór	Robotnicy	Razem
Bardzo często i często	8,3	8,4	1,1
Czasem	41,7	34,9	37,4

* pominięto kategorie: rzadko i nigdy.

Z danych przedstawionych w tablicy 1 wynika, że błędy w przekazywaniu informacji ruchowych są rejestrowane znacząco częściej przez pracowników dozoru niż robotników, a dotyczą one zwłaszcza takich kwestii, jak: przekazywanie informacji zbyt późno, przekazywanie informacji niepełnych oraz brak niezbędnych informacji. Z nieco mniejszą częstością pracownicy otrzymują informacje niezrozumiałe lub sprzeczne z podanymi wcześniej.

Jedną z barier komunikacji – szczególnie w przypadku pozyskiwania informacji zwrotnej – może stanowić przekonanie pracowników o wykorzystaniu lub braku wykorzystania przez przełożonych podawanych im informacji. W tym zakresie pracownicy dozoru zdecydowanie częściej niż robotnicy są przekonani, że przekazywane przez nich informacje mają wpływ na decyzje podejmowane przez ich przełożonych

– ponad 13% dozoru stwierdziło, że dzieje się tak zawsze a prawie 59% – że często, analogiczne odsetki robotników wynoszą około 11% i 36%. Równocześnie jednak prawie jedna czwarta dozoru i prawie 40% robotników wpływ przekazywanych przez siebie informacji na decyzje przełożonych postrzega tylko czasem lub rzadko (czasem – 17,5% dozoru i 31,5% robotników, rzadko – 7,2% dozoru i 10,1% robotników).

Ponadto stwierdzono, że około 37% pracowników dozoru i 39% robotników zdarza się przekazywać informacje z pominięciem drogi służbowej – w przypadku 9% dozoru i 15% robotników przyczyną był brak znajomości drogi służbowej, odpowiedniej w danej sytuacji. Pozostali formułowali różne powody, do wymienianych najczęściej należą: konieczność przyspieszenia załatwienia sprawy ruchowej i obiegu informacji, brak czasu, konieczność szybszego działania w sytuacji awaryjnej i szybkiego podjęcia decyzji, zaistnienie zmian po przekazaniu informacji drogą służbową i brak możliwości skontaktowania się z przełożonymi (dozorem).

Jedną z metod przekazywania informacji zwrotnej o sytuacji na dole jest stosowany w kopalni system raportowania. Przez zdecydowaną większość dozoru (78,4%) został on oceniony dobrze, a przez 4% dozoru – nawet bardzo dobrze. Tym niemniej respondenci sygnalizują pewne trudności, a należą do nich: brak czasu, wymagania związane z nadzorem nad zapisami, precyzja w raportowaniu, trudność z wypisaniem dużej ilości informacji, błędne informacje, nieodpowiedni wzór książki raportowej, brak precyzji w określaniu prac, zaleganie się zmian, w raportach nie zawsze są podawane szczegóły istotne dla przełożonego, który na tej podstawie podejmuje decyzje, brak szczegółowych informacji, niepełne informacje z poprzednich zmian, opóźnione raporty, niepełne informacje od przodowych.

Komunikacja społeczna w zakresie uzgadniania opinii, celów, koordynacji prac, wyznaczania zadań i przekazywania informacji może być związana z przeżywaniem negatywnych emocji (stres, frustracja, irytacja itd.). Wyniki badań wykazują, że kontakty interpersonalne stanowią źródło stresu dla ponad 90% załogi, przy czym częstość przeżywania negatywnych emocji jest zróżnicowana zarówno w ramach każdej z dwóch analizowanych grup zawodowych, jak i między tymi dwiema grupami (są stresujące częściej dla dozoru niż robotników). Stwierdzono, że 18% dozoru i 11% robotników znajduje się w stanie stresu często lub bardzo często, natomiast 32% dozoru i 30% robotników – czasem. Tak więc, w przypadku ponad połowy dozoru i około 40% robotników stres związany z kontaktami interpersonalnymi jest czynnikiem, który może negatywnie wpływać na jakość pracy, a w szczególności na atmosferę w zespole roboczym.

Zestawienie częstości przeżywania stresu z rodzajem kontaktów interpersonalnych wykazało, że:

- dla dozoru źródłem stresu są najczęściej kontakty z przełożonymi (często – 21%, czasem – 35%), zaś ich przyczyny to głównie: różnice zdań w sprawach ruchowych, odbieranie raportów i decyzje podejmowane przez przełożonego,
- dla znaczącego odsetka pracowników kopalni zarówno dozoru, jak i robotników, stresujące są kontakty z pracownikami administracji (dozór: często – 17%, czasem 29%, robotnicy: często – 15%, czasem 26%); wśród przyczyn wymieniano: brak

zaangażowania i arogancję wobec pracowników, brak możliwości uzyskania potrzebnych informacji (robotnicy), nadmierną biurokrację (dozór).

Ponadto stwierdzono, że kontakty z przełożonymi są stresujące często dla 8%, a czasem dla 30% robotników, natomiast przyczyny tego zjawiska to głównie: przekazywanie informacji, różnice zdań w sprawach ruchowych oraz zła komunikatywność, nerwowość i arogancja przełożonego. Z kolei dla dozoru przyczyną stresujących kontaktów z podwładnymi są z reguły: brak zrozumienia ze strony pracowników i „konflikt charakterów”, brak kompetencji i odpowiedzialności pracowników, konflikty wynikające z podejmowania decyzji ruchowych i przydzielania pracy (często – 11%, czasem – 29%).

2.3. Komunikacja społeczna w sytuacji wprowadzania zmian organizacyjnych

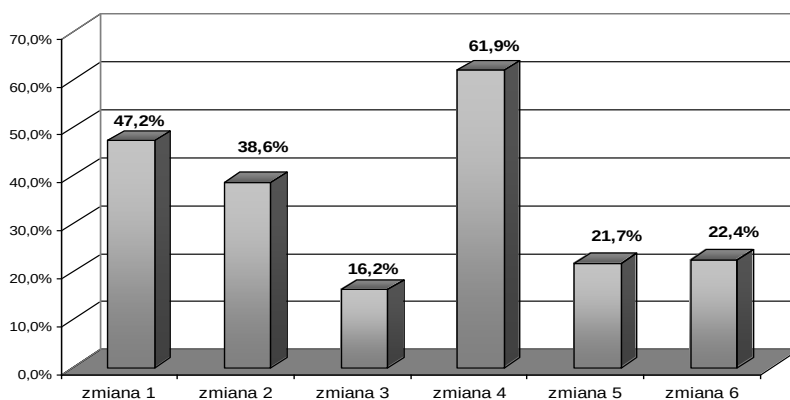
W okresie wprowadzania zmian, komunikacji społecznej przypada rola szczególna – od przekazywania załodze pełnej informacji o celach, przebiegu, przewidywanych rezultatach i konsekwencjach realizowanych zmian zależą bowiem końcowe rezultaty procesu. W ostatnich latach w omawianej kopalni wprowadzono kilka zmian organizacyjnych, są to:

- system zarządzania bezpieczeństwem,
- zintegrowany system zarządzania,
- likwidacja oddziału,
- możliwość kontroli trzeźwości alkomatem,
- przenoszenie pracowników na inną zmianę (zmiany wprowadzane cyklicznie),
- zmiany na stanowiskach kierowniczych.

Na rysunku 1 przedstawiono odsetek ocen dobrych wystawionych przez respondentów każdej z wyżej wyszczególnionych zmian. Ocenie podlegałyby: termin wprowadzenia zmiany, jej przyczyny, kryteria zastosowania określonych rozwiązań, zadania związane z wprowadzeniem określonej zmiany, konsekwencje dla pracowników itd.

Najwyżej respondenci ocenili proces przekazywania informacji dotyczącej kontroli trzeźwości pracowników – udział procentowy ocen dobrych wynosił ponad 59% – wśród pracowników dozoru i ponad 63% – wśród robotników. Równocześnie odsetek ocen negatywnych był bardzo mały (6% – dozór i 5% – robotnicy).

Duży odsetek oceniających dobrze proces komunikowania się z załogą w sytuacji wprowadzania zmian odnotowano także w przypadku wprowadzania systemu zarządzania bezpieczeństwem i zintegrowanego systemu zarządzania. Komunikowanie się z załogą w okresie wprowadzania systemu zarządzania bezpieczeństwem dobrze oceniło prawie 50% dozoru i 46% robotników. Proces przekazywania informacji w sytuacji wprowadzania zintegrowanego systemu zarządzania respondenci ocenili minimalnie niżej, od realizowanego w przypadku dwóch omówionych już zmian organizacyjnych. Największy odsetek badanych „wystawił” komunikacji społecznej ocenę przeciętną – 45% dozoru i 47% robotników, podczas gdy ocenę dobrą sformułowało 41% dozoru i 37% robotników.



Rys. 1. Ocena komunikacji społecznej w sytuacji wprowadzania zmian organizacyjnych (łącznie dozór i robotnicy) – odsetek ocen dobrych

Fig. 1. Assessment of social communication in the situation of introduction of organisational changes (jointly the supervisory staff and workers) – percentage of good estimations

Zdecydowanie mniej korzystnie pracownicy ocenili proces komunikowania się z załogą podczas wprowadzania trzech kolejnych zmian organizacyjnych. Najmniejszy udział procentowy ocen dobrych – prawie 20% dozoru i ponad 14% robotników – odnotowano, analizując dane dotyczące komunikowania się w sytuacji likwidacji jednego z oddziałów górniczych. Równocześnie zarejestrowano wysoki odsetek ocen negatywnych (prawie 21% dozoru i ponad 28% robotników) i przeciętnych (prawie 31% dozoru i 25% robotników). Na zbliżonym poziomie kształtowała się ocena przekazywania informacji o przeniesieniu pracowników na inną zmianę – negatywnie oceniało ten proces ponad 22% dozoru i prawie 28% robotników, natomiast dobrze około 26% dozoru i prawie 19% robotników.

Przebieg informowania o zmianach na stanowiskach kierowniczych dobrze oceniało ponad 21% dozoru i prawie 23% robotników, ocenę średnią sformułowało 48% dozoru i prawie 36% robotników, zaś negatywną – ponad 12% dozoru i 11% robotników.

Analiza sposobów przekazywania informacji w sytuacji wprowadzania zmian organizacyjnych wykazała, że w kopalni w celu przekazania załodze ważnych wiadomości z reguły stosuje się równocześnie więcej kanałów komunikacyjnych – ich liczba pozostaje w związku z rodzajem wprowadzanej zmiany. W odniesieniu do uwzględnionych zmian organizacyjnych badani wskazywali od jednego do siedmiu kanałów komunikacyjnych, przez które docierały do nich informacje o danej zmianie.

Zdecydowanie najwięcej kanałów komunikacyjnych wykorzystano w sytuacji przekazywania informacji podczas wprowadzania systemu zarządzania bezpieczeństwem oraz zintegrowanego systemu zarządzania – co pozostaje w związku z faktem, że zmiany dotyczyły całej załogi. Z wypowiedzi respondentów wynika, że w sytuacji wprowadzania tych zmian organizacyjnych zastosowano co najmniej osiem sposobów przekazywania informacji: ustny, na piśmie, telefonicznie, pocztą elektroniczną, na tablicy ogłoszeń i świetlnej, na tablicy multimedialnej, jak również pisemnie w postaci

materiałów szkoleniowych i przez radiowęzeł. Efektywność zastosowanych sposobów była zróżnicowana. Do największej liczby pracowników dotarły informacje na piśmie i w formie ustnej. Z pozostałych na uwagę zasługuje jeszcze tablica ogłoszeń i tablica multimedialna. Stosunkowo rzadko wykorzystywana była natomiast poczta elektroniczna.

Do zmian dotyczących całej załogi należy jeszcze możliwość kontroli trzeźwości alkomatem. W przypadku tej zmiany informacje docierały do adresatów najczęściej w formie przekazu ustnego oraz na piśmie.

Pozostałe z omawianych zmian dotyczyły tylko części załogi. Stąd też, nie dziwi wybór kanałów komunikacyjnych, które w zasadzie ograniczały się do przekazu ustnego, na piśmie oraz telefonicznie.

Wyniki badań wykazały, że prawie 47% dozoru i nieco ponad 45% robotników dostrzega konieczność wprowadzenia zmian w komunikacji społecznej realizowanej w sytuacji wprowadzania zmian organizacyjnych. Jednakże zapytani o to, co należałoby poprawić ograniczyli odpowiedzi do:

- wyspecyfikowania stosowanych już sposobów przekazywania informacji z zaznaczeniem, że powinny być wykorzystywane częściej, w większym zakresie itd.,
- stwierdzenia, że powinno się poprawić rzetelność, jakość i terminowość przekazywanych informacji.

2.4. Ogólna ocena procesu komunikowania się w sprawach ruchowych i pracowniczych

W tablicy 2 zawarto wyniki oceny procesu przekazywania informacji – większość pracowników dozoru (prawie 70%) i robotników (ponad 62%) dobrze oceniło sposób przekazywania informacji z zakresu spraw ruchowych, a 1% dozoru i 6% robotników – nawet bardzo dobrze. Przeciwnego zdania było około 8% respondentów obydwu badanych grup zawodowych. Faktem zastanawiającym jest natomiast brak zdania na ten temat, stwierdzony u ponad jednej piątej badanych (około 21% dozoru i 22% robotników). W przypadku oceny komunikacji w sprawach pracowniczych odnotowano o kilkanaście procent mniejszy odsetek ocen dobrych od zarejestrowanych dla komunikacji w sprawach ruchowych – a dotyczy to zarówno pracowników dozoru (54%), jak i robotników (52%). Ponadto uzyskane dane wykazały, że ponad jedna czwarta robotników negatywnie ocenia komunikowanie się w sprawach pracowniczych, zaś prawie jedna trzecia dozoru nie ma na ten temat zdania.

Tablica 2. Ogólna ocena procesu komunikacji w sprawach ruchowych i pracowniczych

Ocena	Sprawy ruchowe			Sprawy pracownicze		
	dozór, %	robotnicy, %	razem, %	dozór, %	robotnicy, %	razem, %
Bardzo dobrze	1,1	6,5	4,5	3,1	5,3	4,5
Dobrze	69,5	62,1	64,8	54,1	52,4	53,0
Brak zdania	21,1	22,5	22,0	32,7	17,1	22,8
Złe	8,4	8,9	8,7	10,2	25,2	19,7
Razem	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Dane zawarte w tablicy 3 – dotyczące braków w informowaniu załogi o sprawach ruchowych i pracowniczych – wskazują, że tylko 1% dozoru i niecałe 11% robotników jest zdania, że w kopalni w ogóle nie występują braki w informowaniu załogi

o sprawach ruchowych (brak informacji, zbyt późno przekazane, niezrozumiałe, nieprecyzyjne). Zdaniem pozostałych respondentów braki takie mają miejsce – w ocenie 14% dozoru i 10% robotników jest to zjawisko częste, w opinii 39% dozoru i 44% robotników – zdarzają się czasem, a 46% dozoru i 36% robotników stwierdza, że występują rzadko. Respondentów zapytano także, czy uważają że są w posiadaniu wszystkich niezbędnych informacji do właściwego wykonywania obowiązków zawodowych – twierdząco odpowiedziało 86% tak dozoru, jak i robotników, natomiast braki w tym zakresie zgłosiło około 14% załogi. Wspomniane braki informacji dotyczą najczęściej: problemów dokumentacyjnych, rzetelności i dokładności raportowania, jak również złej komunikacji z innymi działami (zgranie robót), dostępu do potrzebnych materiałów, wiedzy – szczególnie w przypadku wprowadzenia sprzętu nowego typu. Fakty te w zestawieniu z danymi zawartymi w tablicy 2 oznaczają jednak, że rejestrowane przez większość załogi braki w informowaniu załogi o sprawach ruchowych – występujące czasem, rzadko – nie mają zasadniczo wpływu na realizację obowiązków zawodowych (przynajmniej w odniesieniu do 86% załogi).

Tablica 3. Opinia załogi na temat częstości występowania braków w informowaniu

Ocena	Sprawy ruchowe			Sprawy pracownicze		
	dozór, %	robotnicy, %	razem, %	dozór, %	robotnicy, %	razem, %
Często	1,1	6,5	4,5	8,8	14,0	12,1
Czasem	69,5	62,1	64,8	57,5	46,9	50,7
Rzadko	21,1	22,5	22,0	31,3	30,1	30,5
Nigdy	8,4	8,9	8,7	2,5	9,1	6,7
Razem	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Braki w informowaniu załogi o sprawach pracowniczych sygnalizowało ponad 97% dozoru i prawie 90% robotników, ale jedynie w opinii około 9% dozoru i 14% robotników jest to zjawisko występujące często. Prawie 58% dozoru i 47% robotników stwierdziło, że braki takie występują czasem, a w ocenie około 30% badanych obydwu grup zawodowych występują rzadko. Badanych zapytano także, czy uważają że posiadają wszelkie konieczne informacje na temat spraw pracowniczych. Na tak sformułowane pytanie twierdząco odpowiedziało około 66% pracowników dozoru i 64% robotników, zatem braki w tym zakresie odczuwa ponad jedna trzecia załogi. Wyartykułowane braki informacji zaliczyć można do kilku następujących kategorii: płace i zatrudnienie, zagadnienia socjalne (przywileje pracownicze, układ zbiorowy), uprawnienia emerytalne, plany dalszego rozwoju kopalni i Jastrzębskiej Spółki Węglowej oraz prace podejmowane w kopalni, a także zmiany w obowiązujących przepisach prawnych.

WNIOSKI

- Przeprowadzone badania uprawniają do pozytywnej oceny systemu komunikacji społecznej w kopalni „Jas-Mos” – jest to system dobry, aczkolwiek nie pozbawiony pewnych braków.

- Pracownicy dozoru oraz robotnicy najlepiej oceniają obieg informacji „ruchowych”, przekazywanie informacji „pracowniczych” ocenione zostało nieco mniej pozytywnie, szczególnie przez robotników.
- Braki w informowaniu o sprawach ruchowych dotyczą najczęściej: terminowości w przekazywaniu informacji, problemów dokumentacyjnych (zapoznanie z dokumentacją), rzetelności i dokładności raportowania, jak również złej komunikacji z innymi działami (zgranie robót), dostępu do potrzebnych materiałów, wiedzy – szczególnie w przypadku wprowadzenia sprzętu nowego typu. Ponadto, istotnym problemem jest brak wiedzy z zakresu komunikacji społecznej i umiejętności interpersonalnych, równocześnie kierownictwo nie widzi możliwości zapewnienia pracownikom kursów uzupełniających wiedzę w tym zakresie, a zdaniem respondentów jest to szczególnie ważne w przypadku pracowników dozoru. Powyższe informacje stanowią podstawę do zasugerowania kierownictwu kopalni konieczności wprowadzenia następujących zmian:
 - rozpatrzenie możliwości skrócenia kanałów komunikacyjnych w celu przyspieszenia obiegu informacji,
 - wprowadzenie systemu zapoznawania się pracowników z dokumentacjami, instrukcjami, technologiami i innymi materiałami (brak zapoznania się z dokumentacją techniczną to także jedna z przyczyn podejmowania ryzyka przez pracowników, co stwierdzono podczas realizacji zadania dotyczącego identyfikacji ryzykownych zachowań i ich przyczyn),
 - dokonanie przeglądu i wprowadzenie niezbędnych zmian do systemu raportowania,
 - rozpoznanie możliwości skierowania na kurs z zakresu komunikacji interpersonalnej pracowników dozoru kopalni.
- Ocena komunikacji społecznej w sytuacji wprowadzania zmian nie jest jednoznaczna – zależy bowiem od złożoności i zakresu wprowadzanych innowacji, jak również od ich rodzaju; pozytywnie został oceniony proces komunikacji podczas wdrażania systemu zarządzania bezpieczeństwem oraz zintegrowanego systemu zarządzania, jak również możliwość badania alkomatem (różnice w udziale procentowym ocen dobrych w odniesieniu do codziennej komunikacji wynosił od kilku do kilkunastu procent), negatywnie pracownicy ocenili komunikację związaną z procesem likwidacji jednego z oddziałów górniczych, przenoszenia pracowników na inną zmianę oraz zmiany na stanowiskach kierowniczych (w porównaniu z komunikacją codzienną różnice w udziale procentowym ocen dobrych wynoszą nawet ponad 50%).
- Stwierdzenie znaczących różnic w ocenie komunikacji społecznej realizowanej na co dzień i w sytuacji wprowadzania zmian wskazywałoby na braki systemowe, jednakże wątpliwości budzi rozbieżność ocen sformułowanych w odniesieniu do poszczególnych, uwzględnionych w badaniach zmian. Analizując uzyskane dane trudno oprzeć się wrażeniu, że respondenci ocenili nie tylko sam proces przekazywania informacji, ale dali także wyraz swojego stosunku do samej zmiany. Zdecydowanie bardziej negatywnie oceniono bowiem proces komunikacji społecznej w sytuacji, gdy wprowadzane zmiany wpływały bezpośrednio na sytuację zawo-

dową pracowników (likwidacja oddziału, przenoszenie na inną zmianę), aniżeli w pozostałych przypadkach (wprowadzanie systemu zarządzania bezpieczeństwem i systemu zintegrowanego, wprowadzenie możliwości kontroli alkomatem). Fakty te wskazują raczej na błędy w zarządzaniu samą zmianą, co z kolei znalazło wyraz w procesie komunikacji społecznej związanej z procesem wprowadzania zmian i w konsekwencji w ocenie tejże komunikacji.

- Konieczność wprowadzenia zmian w systemie komunikacji społecznej w sytuacji wprowadzania zmian dostrzega prawie połowa załogi, druga połowa nie widzi takiej potrzeby. Wymieniane przez respondentów rodzaje koniecznych zmian w systemie koncentrują się głównie na likwidacji barier dotyczących:
 - kanałów komunikacyjnych (bardziej efektywnego wykorzystania stosowanych środków komunikacji – częstsze komunikaty na tablicy multimedialnej, częstsze spotkania z kierownictwem, likwidacja usterek i poprawa nagłośnienia radiowęzła itd.),
 - przekazywanych treści (poprawy rzetelności, jakości i terminowości przekazywanych informacji),
 - kompetencji nadawców (umiejętności interpersonalne).
- Relatywnie dobra ocena systemu komunikacji społecznej sformułowana przez załogę kopalni, jak również proponowany przez nie zakres ewentualnych zmian uprawnia do stwierdzenia, że udoskonalenie omawianego procesu nie wymaga daleko idących zmian systemowych, a jedynie wprowadzenia poprawek do już funkcjonującego systemu.

Literatura

1. Czermiński A., Czerska M., Nogalski B., Rutka R., Aponowicz J. (2001): *Zarządzanie organizacjami*. Toruń, Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa. Stowarzyszenie Wyższej Użyteczności „Dom Organizatora”.
2. Stankiewicz J. (1999): *Komunikowanie się w organizacji*. Wyd. II. Wrocław, Wydaw. ASTRUM.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Krystyna Czaplicka-Kolarz

Leokadia Róg

CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA PODATNOŚĆ PRZEMIAŁOWĄ WĘGLI KAMIENNYCH

Streszczenie

Jakość węgla i ich przydatność technologiczną określa się bardzo często, wykorzystując jedynie ich podstawowe właściwości. Najczęściej jest to zawartość popiołu, wilgoci, siarki całkowitej oraz wartości opałowa. W przypadku stosowania węgla w konkretnych technologiach niejednokrotnie ważne są inne parametry charakteryzujące jego jakość. Do takich parametrów zaliczyć można między innymi podatność przemiałową węgla, którą oznacza się najczęściej metodą Hardgrove'a. Parametr ten jest ważny zarówno przy doborze paliwa do procesu spalania, jak i do procesu koksowania.

W badaniach, których wyniki przedstawiono w niniejszym artykule, podjęto próbę określenia czynników wpływających na podatność przemiałową węgla, wynikających z jego budowy chemicznej i petrograficznej.

Badania wykonano na 27 próbkach węgla sortymentowych, pochodzących z 16 kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Były to sortymenty grube i średnie, wykazujące mniejszą zawartość popiołu niż miały z tej samej kopalni. Wybrano węgle o zawartości popiołu poniżej 10%. Pozwoliło to na zminimalizowanie wpływu zawartości popiołu na wartość wskaźnika podatności przemiałowej i lepsze wyeksponowanie wpływu innych czynników jakościowych.

Wytypowane do badań węgle, charakteryzowały się zróżnicowanymi wartościami wskaźnika podatności przemiałowej HGI. Wartości ich zmieniały się w granicach od 37 do 66. Podstawowymi składnikami w budowie badanych węgla kamiennych były macerały grupy wityrynit. Ich zawartość zmieniała się od 47 do 75% obj., natomiast zawartość drugiej pod względem ilości grupy macerałów – inertynit, zmieniała się od 15 do 54% obj.

W miarę wzrostu zawartości wityrynit zwiększała się podatność przemiałowa węgla. Współczynnik korelacji dla tej zależności wynosił 0,83. Zależność ta nie dotyczyła właściwości węgla, w budowie petrograficznej których przeważały macerały grupy wityrynit, a zawartość popiołu, na tle pozostałych węgla wytypowanych do badań, była duża i mieściła się w granicach 8–10%. Charakteryzowały się one małą podatnością przemiałową ($HGI < 41$). W popiołach z tych węgla stwierdzono zwiększoną zawartość SiO_2 – powyżej 32% (zakres dla wszystkich badanych węgla 10,9–45,4%) i Al_2O_3 – powyżej 24% (zakres dla wszystkich badanych węgla 9,6–31,8%) oraz małą zawartość Fe_2O_3 – poniżej 14,9% (zakres dla wszystkich badanych węgla – 6,2–20,8%), CaO – poniżej 10,5% (przy zakresie 5,2–21,7% dla wszystkich badanych węgla) i MgO – poniżej 5,2% (przy zakresie 2,7–12,5% dla wszystkich badanych węgla). Substancja mineralna występowała w tych węglach bardzo często w postaci siarczków i substancji ilastej, tworzących wtrącenia i przesylenia w kaolinicie, który jest jednym z macerałów grupy wityrynit, co może być przyczyną zmniejszenia podatności przemiałowej tych węgla.

W węglach o dużej zawartości macerałów grupy inertynit w porównaniu z węglami, w budowie których przeważały macerały grupy wityrynit, stwierdzono znacznie mniej popiołu oraz nieco większy wskaźnik HGI. W składzie chemicznym popiołu z tych węgla obserwowano mniej SiO_2 i Al_2O_3 , oraz więcej Fe_2O_3 , CaO i MgO . Z badań mikroskopowych wynika, że przeważającymi ilościowo formami występowania inertynit, były fuzynity i semifuzynity pustokomórkowe, które sprzyjają wzrostowi podatności przemiałowej.

Generalnie, można stwierdzić, że podatność przemiałowa zwiększała się w miarę wzrostu zawartości SiO_2 , Al_2O_3 oraz w miarę zmniejszania się zawartości CaO i MgO w popiele. Współczynniki korelacji dla tych zależności były duże i wynosiły odpowiednio: 0,87; 0,89; 0,91 i 0,92.

Factors influencing the grindability of hard coals

Abstract

The quality of coals and their technological usefulness are very often determined using only their basic properties. Most frequently those are the content of ash, moisture, total sulphur, as well as the calorific value. In the case of coal use in real technologies more than once important are other parameters characterising coal quality. Among such parameters we can count among others coal grindability, which most frequently is determined using the Hardgrove's method. This parameter is important both in the case of fuel selection for the combustion process and coking process.

During investigations, the results of which have been presented in the article, a trial was undertaken to define factors influencing coal grindability, resulting from the chemical and petrographic structure of coal.

The investigations were carried out using 27 samples of graded coal from 16 mines located in the Upper Silesian Coal Basin. Those were thick and medium coal size grades with lower ash content than fines from the same mine. Coals with ash content below 10% were selected. This option allowed to minimise the impact of ash content on the value of the grindability index and to emphasise better the influence of other quality factors.

The coals selected to conduct tests were characterised by differentiated values of the grindability index HGI. Their values changed within the range between 37 and 66. The basic components in the structure of tested hard coals constituted macerals of the vitrinite group. Their content changed from 45 to 75% by volume, while the content of the second, as regards the quantity, maceral group – inertinite, changed from 15 to 54% by volume.

Along with the growth of vitrinite content increased the grindability of coals. The correlation coefficient for this relationship amounted to 0.83. This relationship has not concerned the properties of coals, in the petrographic structure of which prevailed macerals of the vitrinite group, and the ash content, against the background of remaining coals selected for tests was high and ranged between 8 and 10%. They were characterised by low grindability ($HGI < 41$). In ashes of these coals increased SiO_2 content was ascertained – more than 32% (the range for all tested coals – between 10.9 and 45.4%), and Al_2O_3 – more than 24% (the range for all tested coals – between 9.6 and 31.8%), as well as low content of Fe_2O_3 – below 14.9% (the range for all tested coals – between 6.2 and 20.8%), CaO , below 10.5% (the range for all tested coals – between 5.2 and 21.7%) and MgO content – below 5.2% (the range for all tested coals 2.7–12.5%). The mineral substance occurred in these coals very frequently in the form of sulfides and silty substance, creating inclusions and supersaturations in kaolinite, which is one of the macerals of the vitrinite group, what can be the reason of grindability decrease of these coals.

In coals with high content of macerals of the inertinite group in comparison with coals, in the structure of which prevailed macerals of the vitrinite group, considerably less ash and a little higher HGI index were ascertained. In the chemical composition of ash of these coals less SiO_2 and Al_2O_3 as well as more Fe_2O_3 , CaO and MgO contents have been observed. From microscopic tests results the fact that the quantitatively prevailing forms of inertinite occurrence were fusinites or hollow-cell semifusinites, which favour the grindability growth.

Generally we can state that the grindability increased along with the growth of the SiO_2 and Al_2O_3 content and according to the decrease of the CaO and MgO content in the ash. The correlation coefficients for these relationship were high and amounted to: 0.87, 0.89, 0.91, and 0.92, respectively.

WPROWADZENIE

Węgiel kamienny utrzymuje cały czas swoją wysoką pozycję zarówno jako paliwo energetyczne, jak i surowiec do produkcji koksu. Liczne prognozy opracowywane przez krajowe i międzynarodowe instytucje wskazują, że zapotrzebowanie na ten surowiec będzie się nadal utrzymywać. W związku z powyższym badania nad parametrami jakościowymi węgla, mającymi wpływ na przebieg procesów technologicznych, powinny być prowadzone nadal.

Jakość węgla i ich przydatność technologiczną określa się bardzo często wykorzystując jedynie ich podstawowe właściwości. Najczęściej jest to zawartość popiołu, wilgoci, siarki całkowitej oraz wartość opałowa. W przypadku stosowania węgla w konkretnych technologiach niejednokrotnie ważne są inne parametry charakteryzujące jego jakość. Do takich parametrów zaliczyć można między innymi podatność przemiałową węgla, którą oznacza się najczęściej metodą Hardgrove'a. Parametr ten jest ważny zarówno przy doborze paliwa do procesu spalania, jak i do procesu koksovania.

Mała podatność na mielenie i kruszenie jest cechą pożądaną podczas transportu i przeładunku węgla, aby uniknąć zbytniego rozkruszania. Jest to istotne np. w sytuacji, gdy węgiel jest przeznaczony do stosowania w kotłach rusztowych w energetyce. Inne wymagania dotyczą stosowania węgla w kotłach pyłowych i w koksowniach. W tym przypadku korzystna jest dobra zdolność do przemiału, ponieważ rozdrabnianie, ze względu na zużycie energii i kosztów naprawy zużywających się części w młynach, jest ważnym czynnikiem ekonomicznym.

Zagadnienie kruszalności węgla było poruszane w literaturze wielokrotnie. Zajmowali się nim między innymi: M. Stefański (1970), T. Laskowski (1932, 1948), W. Świętosławski, B. Roga, M. Choraży (1932), J. Winnicki, K. Olszewska, C. Magnes (1960), G. Gruson (1957), R. Chamberlain, N.C. Lockhart, M. Smyth (1994).

W badaniach, których wyniki przedstawiono w niniejszym artykule, podjęto próbę określenia czynników wpływających na podatność przemiałową węgla, wynikających z jego budowy chemicznej i petrograficznej.

1. MECHANIZM PROCESU KRUSZENIA SIĘ WĘGLA

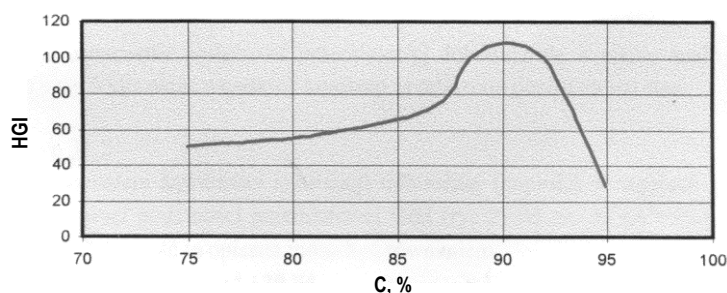
Rozdrabnianiem nazywa się proces polegający na mechanicznym zmniejszaniu wielkości ziaren. Kruszenie się węgla może być procesem niezamierzonym, występującym podczas urabiania węgla, jego transportu i przeróbki. Uważa się, że podatność węgla na kruszenie należy tłumaczyć jego szczelinowatością, budową petrograficzną i niejednorodnością struktury. W ziarnach węglowych istnieją szczeliny i powierzchnie osłabienia, zmieniające lokalnie wytrzymałość mechaniczną. Szczelinowatość występująca w węglu może być zarówno natury endogenicznej, związana z procesami genezy węgla, jak i egzogenicznej, wynikająca z procesów tektonicznych i eksploatacyjnych. Istotny wpływ na mechaniczne własności węgla może mieć również mikroszczelinowatość endogeniczna i istniejące wewnątrz ziaren strefy kruchości lub nieciągłości (Czapliński 1994).

Węgiel kruszy się podczas przeróbki mechanicznej i transportu wskutek różnych działań mechanicznych, jak uderzenie, ścieranie, zgniatanie i ścinanie. Wszystkie te działania mogą występować równocześnie, lecz ich wpływ na przebieg kruszenia jest różny. Dominujące działanie, na przykład podczas zsuwania się węgla po zsuwni, ma ścieranie. Jednak kruszenie się spowodowane ścieraniem się węgla w czasie zsuwania jest znikome w porównaniu z kruszeniem spowodowanym uderzaniem ziaren o blachy i wzajemnie o siebie, podczas spadku węgla z wysokości. Jeżeli przeanalizuje się cały przebieg transportu i przeróbki mechanicznej, to okaże się, że węgiel kruszy się od

momentu jego urobienia do miejsca przeznaczenia głównie wskutek uderzeń ziaren o ścianki urządzeń i wzajemnie o siebie (Stefański 1970). T. Laskowski (1948) w czasie, gdy urabianie węgla nie było jeszcze tak zmechanizowane, stwierdził, że 50% mąłu węglowego o uziarnieniu poniżej 10 mm powstaje podczas urabiania, a pozostałe 50% podczas transportu i przeróbki mechanicznej. Równocześnie mielenie stanowi ważną fazę w procesie przygotowania węgla do spalania w paleniskach pyłowych i w procesie przygotowania węgla do koksowania. Na zachowanie się węgla w tych procesach duży wpływ mają czynniki wynikające z budowy petrograficznej i chemicznej węgla.

2. ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY PODATNOŚCIĄ NA MIELENIE A STOPNIEM UWĘGLENIA SUBSTANCJI ORGANICZNEJ WĘGLA

Zależność między podatnością na mielenie a stopniem uwęglenia badał Dryden (van Krevelen, Schuyer 1959), który stwierdził, że jeśli pominie się wpływ innych czynników, to wskaźnik podatności na mielenie według Hardgrove'a osiąga maksimum w zakresie od 89 do 90% zawartości pierwiastka C w substancji węglowej, czyli dla węgla koksujących (rys. 1). W zakresie tym także twardość według Vickersa osiąga minimum (van Krevelen, Schuyer 1959). Węgłe nisko i wysoko uwęglone wykazują mniejszą podatność na mielenie w porównaniu z węglami o średnim stopniu uwęglenia. Jest to spowodowane zmianami w strukturze węgla i w układzie sił międzycząsteczkowych, warunkujących jego właściwości mechaniczne.



Rys. 1. Zależność między podatnością na mielenie HGI a stopniem uwęglenia, według Drydena (van Krevelen, Schuyer 1959)

Fig. 1. Relationship between gridability HGI and coalification degree according to Dryden (van Krevelen, Schuyer 1959)

W wyniku przemian strukturalnych proces naturalnego uwęglenia zachodzi w dwóch etapach. Pierwszy etap to uwęglenie paliw od celulozy i ligniny przez torfy, węgle brunatne do węgla kamiennych niżej uwęglonych. Drugi etap przebiega od węgla koksowych, które stanowią typy przejściowe, do węgla chudych i antracytu (Roga, Wnękowska, Ihnatowicz 1955). Przemianom strukturalnym w pierwszym stadium towarzyszy zwiększenie stabilizacji wiązań wewnątrzcząsteczkowych. Stabilizacja ta z uwagi na umocnienie struktury przestrzennej osiąga najkorzystniejszy efekt w węglach płomiennych, które wykazują dzięki temu dużą wytrzymałość mechaniczną

i równocześnie małą podatność na mielenie. Za ważny czynnik przyjmuje się także korzystne przestrzenne rozmieszczenie jednostek strukturalnych oraz silne wiązania między tymi jednostkami. Duży wpływ odgrywają czynne grupy tlenowe, głównie fenolowe.

Stopień aromatyzacji grupy węgla od płomiennych do koksowych zmienia się nieznacznie. Proces uwęglania w tym zakresie ogranicza się w zasadzie do stopniowej destrukcji łańcuchów bocznych, odszczepiania reszty grup karboksylowych oraz stopniowego zaniku grup fenolowych. Pociąga to za sobą osłabienie wiązań i zmniejszenie wytrzymałości. W zasadzie nie zachodzi wtedy przegrupowanie jednostek strukturalnych, czego dowodem może być zmniejszenie się gęstości węgla. Węgla koksowe stanowią typy przejściowe, w których nastąpił już zanik grup funkcyjnych. Wykazują one największe rozluźnienie substancji, objawiające się między innymi: minimalną wytrzymałością mechaniczną, minimalną gęstością i maksymalną podatnością na kruszenie (van Krevelen, Schuyer 1959; Roga, Wnękowska, Ihnatowicz 1955).

Od węgla koksowych do chudych i antracytów proces uwęglania przybiera inne formy. Możliwości reakcji w łańcuchach jest coraz mniej ze względu na ich zanik, zmienia się natomiast kondensacja pierścieni aromatycznych. Jednocześnie zagęszcza się struktura przestrzenna. Wytrzymałość mechaniczna, po osiągnięciu minimum w węglach koksowych, wykazuje skłonność do wzrostu. Wynika to – nie tak jak w węglach mniej uwęglonych – z międzygrupowych wiązań funkcyjnych, wodorowych i innych, ale z radykalnej kondensacji pierścieni i powstawania większej liczby silnych wiązań aromatycznych. Zjawiskiem towarzyszącym jest jednocześnie zagęszczenie struktury przestrzennej. Dowodem tego zagęszczenia jest zwiększenie gęstości i wytrzymałości mechanicznej oraz zmniejszenie podatności na kruszenie (Roga, Wnękowska, Ihnatowicz 1955).

Wyniki badań wskaźnika podatności przemiałowej HGI w polskich węglach (Róg 1998) wykazały, że jego wartość waha się od 34 do 86 a czasem nawet do powyżej 100. Najczęściej HGI mieści się w przedziale od 40 do 60 i zwiększa się w miarę wzrostu zawartości popiołu.

W węglach typu 31, 32 i 33 współczynnik HGI wzrasta od 40 dla zawartości popiołu około 5%, do 60 dla zawartości popiołu około 25%. W węglach typu 34 podatność przemiałowa zwiększa się od 50 dla zawartości popiołu około 5% do 60 dla zawartości popiołu wynoszącej w przybliżeniu 25%. Inaczej zachowują się z kolei węgle typowo koksujące, które już z natury wykazują największą podatność przemiałową. W węglach typu 35.1 przyrost substancji mineralnej nie wpływa wyraźnie na współczynnik HGI. Niezależnie od ilości popiołu wskaźnik ten ma wartość 70–80. W węglach typu 35.2 wzrost zawartości substancji mineralnej zdecydowanie zmniejsza podatność przemiałową (Wawrzynkiewicz 2000).

3. PRZEDMIOT BADAŃ

Badania wykonano na 27 próbkach węgla sortymentowych, pochodzących z 16 kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (tabl. 1). Były to sortymenty grube i średnie, wykazujące z natury mniejszą zawartość popiołu niż miały z tej samej ko-

palni. Wybrano węgle o zawartości popiołu poniżej 10%. Pozwoliło to na zminimalizowanie wpływu zawartości popiołu na wartość wskaźnika podatności przemiałowej i lepsze wyeksponowanie wpływu innych czynników jakościowych.

Tablica. 1. Pochodzenie próbek sortymentów grubych i średnich, będących przedmiotem badań

Typ węgla według PN-82/G-97001	Kopalnia	Liczba próbek
31	ZG Centrum	3
	Piast	2
	ZG Piekary I i II	4
	Silesia	2
	Ziemowit	3
Razem		14
32	Brzeszcze	1
	ZG Bytom III	2
	ZG Piekary I i II	2
	Wieczorek	5
Razem		10
33	Bielszowice	1
	Brzeszcze	1
	ZG Bytom III	1
	Makoszowy	2
	Sośnica	1
Razem		6
34	Bielszowice	1
	Halemba	1
	Knurów	1
	Pokój	2
	Polska-Wirek	1
	Szczygłowice	1
Razem		7
Sumaryczna liczba próbek		37

4. METODYKA BADAŃ

We wszystkich próbkach określono: podatność przemiałową według Hardgrove'a (HGI), zawartość popiołu i jego skład chemiczny, budowę petrograficzną oraz wskaźnik refleksyjności witrinitu (R_o). Wszystkie analizy wykonano zgodnie z obowiązującymi normami.

Pomiar podatności przemiałowej metodą Hardgrove'a (PN-ISO 5074:2002) polega na kruszeniu w młynku kulowo-pierścieniowym 50-gramowej próbki węgla, otrzymanej przez przesianie próbki surowej na sitach o oczkach 18 mm i 600 μm . Kruszenie polega na wykonaniu przez urządzenie mielące $60 \pm 0,25$ obrotów. Następnie skruszony węgiel przesiewa się przez sito o oczkach 75 μm i oblicza masę próbki m , przechodzącej przez sito 75 μm , według wzoru

$$m = 50 - m_1 \quad (1)$$

gdzie m_1 jest masą części próbki zatrzymanej na sicie o oczkach 75 μm , wyrażoną w gramach.

Wartość wskaźnika podatności przemiałowej HGI odczytuje się z wykresu kalibracji, wyznaczonego na podstawie wyników uzyskanych dla co najmniej czterech wzorców o znanej wartości HGI. Wykres kalibracji przedstawia zależność oznaczonej doświadczalnie masy m przechodzącej przez sito o oczkach $75\ \mu\text{m}$ od wartości wskaźnika podatności przemiałowej, uzyskanej dla poszczególnych, certyfikowanych materiałów odniesienia.

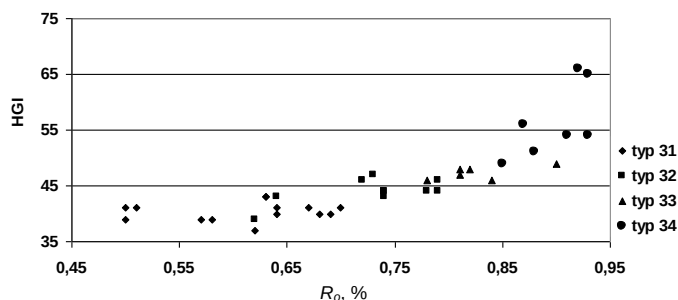
Otrzymane na podstawie wyników badań zależności między podatnością przemiałową i wybranymi parametrami jakościowymi badanych węgli przedstawiono w niniejszym artykule za pomocą linii trendu. Linie trendu są ilustracją graficzną tendencji w seriach danych (Volk 1973). Wiarygodność linii trendu można oceniać wizualnie lub przy użyciu współczynnika korelacji R . Współczynnik korelacji R można odnieść tylko do wykonanych pomiarów i traktować jako miarę siły związku między korelowanymi zmiennymi w przebadanym materiale doświadczalnym.

5. WYNIKI BADAŃ

5.1. Zmienność wskaźnika podatności przemiałowej w badanych węglach

Węgłe kamienne wykazują duże zróżnicowanie pod względem podatności na mielenie. Węgłe, wykazujące podatność przemiałową HGI poniżej 50, są uważane za twarde i trudne do zmielenia (Lorenz 1999). Węgłe, dla których wskaźnik podatności przemiałowej mieści się w granicach od 50 do 70, można uznać za średnio trudne do zmielenia, natomiast węgle, wykazujące HGI powyżej 70, określa się jako łatwe do zmielenia.

Wytypowane do badań węgle, charakteryzowały się zróżnicowanymi wartościami wskaźnika podatności przemiałowej HGI (rys. 2). Na przedstawionym rysunku widać wyraźną zależność tego wskaźnika od typu węgla. W węglach typu 31 zawartość popiołu A^d waha się od 3,5 do 9,9%, a stopień uwęglenia substancji organicznej węgla, określony na podstawie wskaźnika refleksyjności witrinitu wynosił 0,50–0,70%. Podatność przemiałowa w tych węglach była mała i zmieniała się od 37 do 43. W węglach typu 32 zawartość popiołu A^d wahała się od 2,7 do 6,4%, wskaźnik refleksyjności witrinitu wynosił 0,62–0,79%, natomiast w węglach typu 33 zawartość popiołu A^d wynosiła 3,2–7,3%, a R_o zmieniało się w granicach 0,78–0,84%. W obu przypadkach podatność przemiałowa nie przekraczała 50. W węglach typu 34 zawartość popiołu A^d zmieniała się od 2,3 do 8,6%, wskaźnik refleksyjności witrinitu był największy, w porównaniu z wcześniej opisanymi węglami i wynosił 0,85–0,93%. Również wskaźnik HGI wahał się od 49 do 66, co pozwala zaklasyfikować te węgle do średnio trudnych do zmielenia.



Rys. 2. Zmienność podatności przemiałowej HGI w różnych typach węgla w zależności od stopnia uwęglenia R_o

Fig. 2. Variability of grindability HGI in different coal types depending on the coalification degree R_o

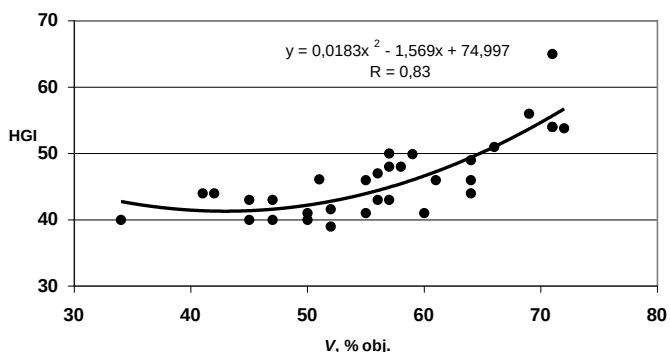
5.2. Wpływ budowy petrograficznej na podatność przemiałową węgla

Podatność węgla na rozdrabnianie jest związana w dużej mierze z własnościami składników petrograficznych (Winnicki 1959; Laskowski, Panuś 1951). Poszczególne odmiany petrograficzne różnią się między sobą wytrzymałością mechaniczną, co powoduje ich grupowanie się w różnych klasach ziarnowych. Ziarna węglowe zbudowane w przewadze z witrynu (witrytu), koncentrują się we frakcjach najdrobniejszych. Jest to związane z kruchością witrynu, spowodowaną występowaniem szczelin kontrakcyjnych. Podobnie zachowują się fuzynity i semifuzynity pusto-komórkowe (fuzyty), które jako składniki o dużej podatności do rozdrabniania, skupiają się głównie w pyłach. Fuzyt, którego komórki są wypełnione substancją obcą, wykazuje bardzo różne właściwości mechaniczne w zależności od tego czy substancja wypełniająca jest pochodzenia organicznego czy mineralnego i czy wypełnienie jest całkowite, co sprzyja wzrostowi wytrzymałości fuzytu i przechodzeniu do grubszych klas ziarnowych. W klasach najgrubszych gromadzą się również najtwardsze ziarna węgla, w budowie których przeważają macerały liptynitu (duryt) (Winnicki 1959; Laskowski, Panuś 1951).

Podstawowymi składnikami w budowie węgla kamiennych są macerały grupy witrynu. Ich zawartość zmienia się w badanych węglach od 47 do 75% obj. Zawartość natomiast drugiej pod względem ilości grupy macerałów – inertynitu, zmienia się w badanych węglach od 15 do 54% obj.

Zmienność wskaźnika HGI w badanych węglach w zależności od zawartości macerałów grupy witrynu przedstawiono na rysunku 3. Wynika z niego, że w miarę wzrostu zawartości witrynu zwiększała się podatność przemiałowa węgla. Współczynnik korelacji dla tej zależności wynosił 0,83. Na wykresie tym nie uwzględniono grup węgla, które znacznie odbiegały od przedstawionej zależności. Węgla te charakteryzowały się dużą zawartością witrynu (powyżej 67 obj.), ale małą podatnością przemiałową ($HGI < 41$) i innymi właściwościami, przedstawionymi w tabelicy 2. W porównaniu z pozostałymi węglami, węgle te wykazywały niski stopień uwęglenia substancji organicznej, scharakteryzowany wskaźnikiem refleksyjności witrynu, wynoszącym średnio 0,55%, co odpowiada, według normy PN-82/G-97002, typowi węgla 31 (zakres R_o dla wszystkich badanych węgla wynosi od 0,50 do 0,93%). Ponadto,

w węglach tych zauważono, w stosunku do wszystkich badanych węgli, zwiększoną zawartość popiołu, powyżej 8% (z wyjątkiem próbki 2, w której zawartość popiołu wynosiła 6,29%). Badania mikroskopowe wykazały, że substancja mineralna (siarczki i substancja ilasta) występowała często w postaci wtrąceń i przesyceń w kolinicie, który jest jednym z macerałów grupy wityrytu (fot. 1 i 2), co może być przyczyną zmniejszenia podatności przemiałowej tych węgli.

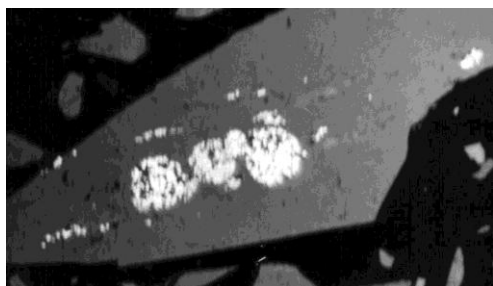


Rys. 3. Zależność podatności przemiałowej węgla HGI od zawartości wityrytu V

Fig. 3. Relationship between coal grindability HGI and vitrinite content V

Tablica 2. Parametry jakościowe węgli nisko uwęglonych o dużej zawartości macerałów grupy wityrytu

Numer próbki	Zawartość wityrytu V, % obj.	Podatność przemiałowa HGI	Refleksyjność wityrytu R_o , %	Zawartość popiołu A_d , %	Zawartość tlenków w popiele, %				
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
1	68	39	0,58	8,92	33,64	25,26	10,59	9,39	5,25
2	70	39	0,50	6,29	32,03	24,84	14,88	8,11	3,36
3	70	41	0,51	8,43	32,40	24,33	10,92	10,36	4,37
4	66	39	0,57	9,53	38,84	27,14	11,62	6,40	3,75
5	67	41	0,50	8,83	40,62	31,02	9,42	5,24	2,77



Fot. 1. Siarczki w kolinicie

Photo 1. Sulfides in kolinite



Fot. 2. Wtrącenia substancji ilastej w kolinicie

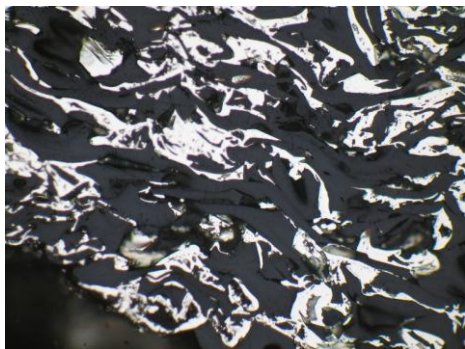
Photo 2. Inclusions of silty substance in kolinite

Zwrócić należy uwagę również na skład chemiczny popiołu otrzymanego z węgla o dużej zawartości wityrynytu (tabl. 2). Można w nim zaobserwować podwyższoną zawartość SiO_2 – powyżej 32% (dla wszystkich badanych węgli: 10,9–45,4%) i Al_2O_3 – powyżej 24% (dla wszystkich węgli: 9,6–31,8%) oraz mało Fe_2O_3 – poniżej 14,9% (dla wszystkich badanych węgli: 6,2–20,8%), CaO , poniżej 10,5% (dla wszystkich badanych węgli: 5,2–21,7%) i MgO – poniżej 5,2% (przy 2,7–12,5% dla wszystkich węgli).

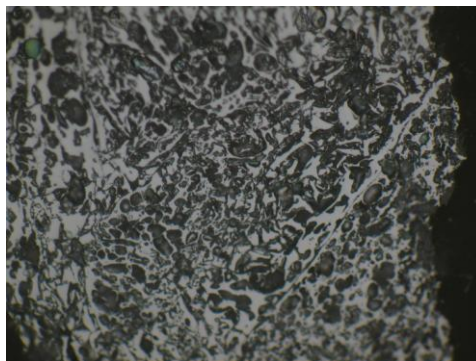
W celu porównania przeprowadzono analizę podatności transportowej węgla o dużej zawartości macerałów grupy inertynitu (tabl. 3). Były to węgle o nieco większym, w porównaniu z wcześniej omówionymi, uwęgleniu (wskaźnik R_o wahał się w nich od 0,64 do 0,90%). Stwierdzono w nich również większy wskaźnik HGI, który dochodził do 54, mniej SiO_2 i Al_2O_3 oraz więcej Fe_2O_3 , CaO i MgO , natomiast znacznie mniej popiołu. Z badań mikroskopowych wynika, że substancja mineralna w tych węglach (piryt i węglany) jest związana często z inertynitem, w którym wypełnia komórki fuzynitu i semifuzynitu (fot. 3 i 4), ale przeważającymi ilościowo formami występowania fuzynitu były również struktury pustokomórkowe (fot. 5), które wraz z substancją mineralną, występującą w formie samodzielnych ziaren (fot. 6, 7), sprzyjały wzrostowi podatności przemiałowej tych węgli.

Tablica 3. Parametry jakościowe węgla o dużej zawartości macerałów grupy inertynitu

Numer próbki	Zawartość inertynitu I, % obj.	Podatność przemiałowa HGI	Refleksyjność wityrynytu R_o , %	Zawartość popiołu A_d , %	Zawartość tlenków w popiele, %				
					SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO
1	40	40	0,64	3,88	19,47	12,20	18,22	18,12	9,02
2	41	43	0,64	5,13	16,72	12,50	16,00	15,87	11,25
3	42	40	1,68	4,52	20,45	16,20	12,70	15,51	10,05
4	54	46	0,72	3,63	10,98	9,59	17,34	21,65	12,48
5	48	44	0,74	3,18	12,01	10,60	18,38	18,58	9,74
6	48	44	0,74	2,74	16,24	13,60	17,63	15,94	8,49
7	42	49	0,9	4,65	19,94	13,87	17,75	16,92	9,5



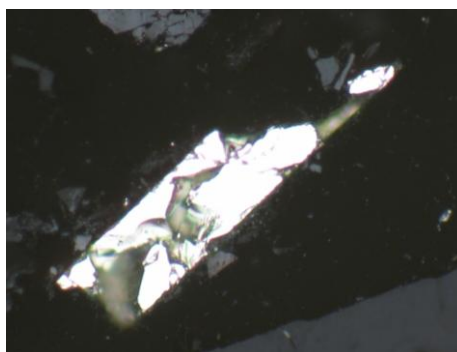
Fot. 3. Siarczki wypełniające komórki fuzynitu
Photo 3. Sulfides filling fusinite cells



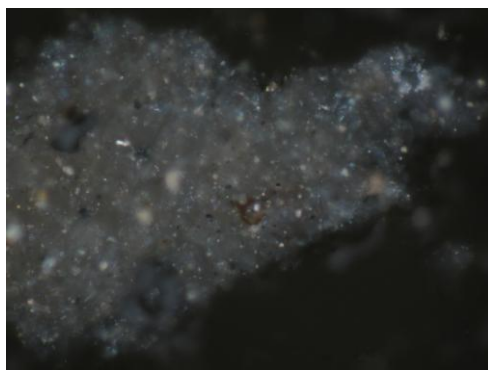
Fot. 4. Węglany wypełniające komórki fuzynitu
Photo 4. Carbonates filling fusinite cells



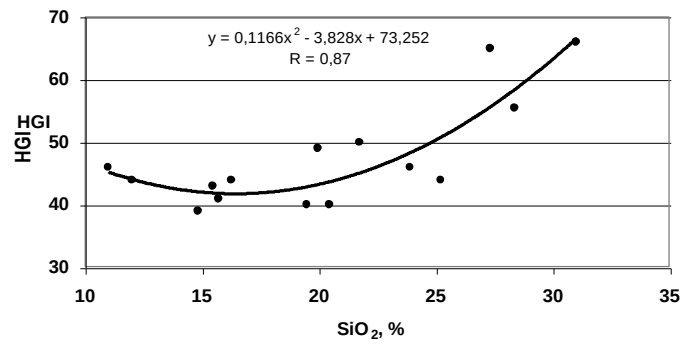
Fot. 5. Fuzyt pustokomórkowy
Photo 5. Hollow-cell fusinite



Fot. 6. Siarczki
Photo 6. Sulfides

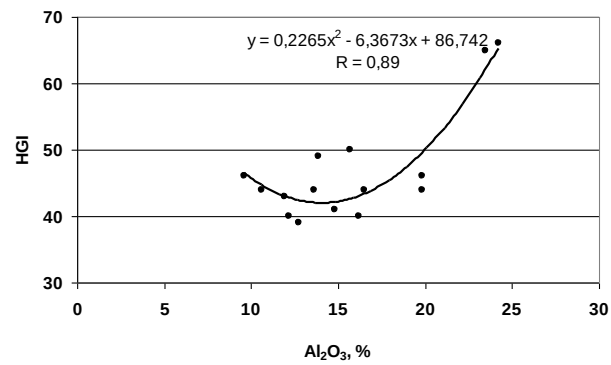


Fot. 7. Substancja ilasta
Photo 7. Silty substance



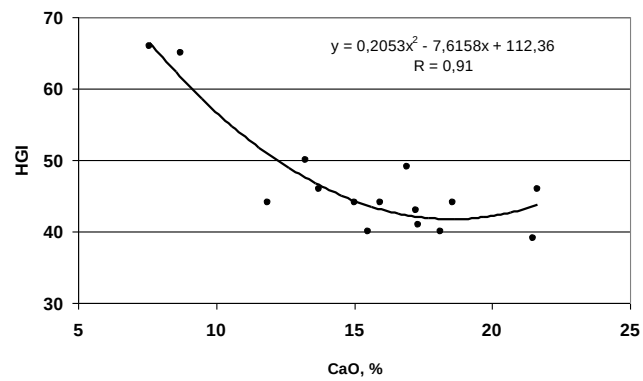
Rys. 4. Zależność podatności przemiałowej węgla HGI od zawartości tlenku krzemu SiO_2 w popiele

Fig. 4. – Relationship between coal grindability HGI and silicon oxide SiO_2 content in ash



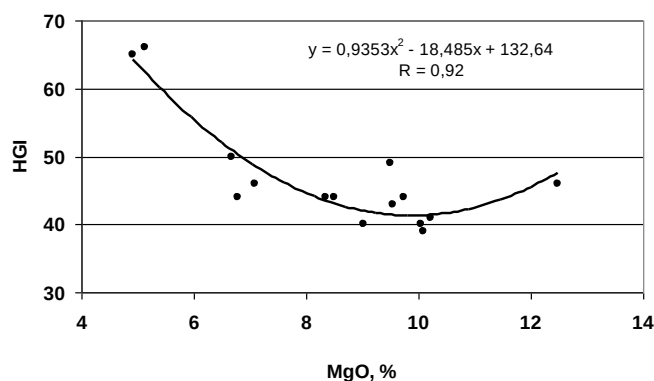
Rys. 5. Zależność podatności przemiałowej węgla HGI od zawartości tlenku glinu Al_2O_3 w popiele

Fig. 5. – Relationship between coal grindability HGI and aluminium oxide Al_2O_3 content in ash



Rys. 6. Zależność podatności przemiałowej węgla HGI od zawartości tlenku wapnia CaO w popiele

Fig. 6. Relationship between coal grindability HGI and calcium oxide CaO content in ash



Rys. 7. Zależność podatności przemiałowej węgla HGI od zawartości tlenku magnezu MgO w popiele

Fig. 7. Relationship between coal grindability HGI and magnesium oxide MgO in ash

5.3. Wpływ składu chemicznego popiołu na podatność przemiałową węgla

Na podstawie wyników badań składu chemicznego popiołów otrzymanych z węgli (p. 5.2), można stwierdzić, że na podatność przemiałową węgla ma wpływ nie tylko zawartość popiołu, ale również skład petrograficzny węgla i sposób występowania substancji mineralnej w macerałach (co wymaga prowadzenia dalszych badań) oraz skład chemiczny otrzymanego z niej popiołu. Podczas analizy wpływu składu chemicznego popiołu na podatność przemiałową węgla, istotne zależności uzyskano dla czterech składników popiołu: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO i MgO . W analizie tych zależności uwzględniono tylko węgle o zawartości popiołu poniżej 5%. Z rysunków 4–7 wynika, że podatność przemiałowa węgla zwiększała się w miarę wzrostu zawartości SiO_2 , Al_2O_3 oraz w miarę zmniejszania się zawartości CaO i MgO w popiele. Współczynniki korelacji dla tych zależności były duże i wynosiły odpowiednio: 0,87; 0,89; 0,91 i 0,92.

WNIOSKI

Na podstawie wyników badań sformułowano następujące wnioski:

1. Badane węgle charakteryzowały się zróżnicowanymi wartościami wskaźnika podatności przemiałowej HGI. W węglach typu 31 zawartość popiołu A^d wahała się od 3,5 do 9,9%, a stopień uwęglenia substancji organicznej węgla, określony na podstawie wskaźnika refleksyjności wityrynu, wynosił 0,50–0,70%. Podatność przemiałowa w tych węglach była mała i zmieniała się w zakresie od 37 do 43. W węglach typu 32 zawartość popiołu A^d wahała się od 2,7 do 6,4%, wskaźnik refleksyjności wityrynu wynosił 0,62–0,79%, a podatność przemiałowa również była mała (od 39 do 50). W węglu typu 33 zawartość popiołu A^d wynosiła 3,2–7,3%, stopień uwęglenia R_o zmieniał się w granicach 0,78–0,84%, a podatność przemiałowa zmieniała się w wąskim zakresie od 46 do 49. W węglach typu 34 zawartość popiołu A^d zmieniała się od 2,3 do 8,6%, wskaźnik refleksyjności

- witrynit był największy, w porównaniu z wcześniej opisanymi węglami i wynosił 0,85–0,93%. Również HGI, które wahało się w granicach od 49 do 66, pozwala zaklasyfikować te węgle do średnio trudnych do zmielenia.
2. W miarę wzrostu zawartości witrynit zwiększała się podatność przemiałowa węgli. Współczynnik korelacji dla tej zależności wynosił 0,83.
 3. Podatność przemiałowa zwiększała się w miarę wzrostu zawartości SiO_2 i Al_2O_3 oraz w miarę obniżania się zawartości CaO i MgO w popiele. Współczynniki korelacji dla tych zależności były duże i wynosiły odpowiednio: 0,87; 0,89; 0,91 i 0,92.
 4. Od wyżej opisanych zależności odbiegały własności węgli, w budowie petrograficznej których przeważały macerały grupy witrynit (powyżej 67% obj.), a zawartość popiołu, na tle pozostałych węgli wytypowanych do badań, była duża i mieściła się w granicach 8–10%. Charakteryzowały się one małą podatnością przemiałową ($\text{HGI} < 41$). W popiołach z tych węgli stwierdzono zwiększoną zawartość SiO_2 – powyżej 32% (dla wszystkich badanych węgli: 10,9–45,4%) i Al_2O_3 – powyżej 24% (dla wszystkich badanych węgli: 9,6–31,8%) oraz małą zawartość Fe_2O_3 – poniżej 14,9% (dla wszystkich badanych węgli: 6,2–20,8%), CaO , poniżej 10,5% (dla wszystkich węgli: 5,2–21,7%) i MgO – poniżej 5,2% (dla wszystkich badanych węgli: 2,7–12,5%). Substancja mineralna występowała w tych węglach bardzo często w postaci siarczków i substancji ilastej, tworzących wtrącenia i przesycenia w kolinicie, który jest jednym z macerałów grupy witrynit, co może być przyczyną zmniejszenia podatności przemiałowej tych węgli.
 5. W węglach o dużej zawartości macerałów grupy inertynit w porównaniu z węglami, w budowie których przeważają macerały grupy witrynit, stwierdzono znacznie mniej popiołu oraz nieco większy wskaźnik HGI. W składzie chemicznym popiołu z tych węgli obserwowano mniej SiO_2 i Al_2O_3 oraz więcej Fe_2O_3 , CaO i MgO . Z badań mikroskopowych wynika, że przeważającymi ilościowo formami występowania inertynitu, były fuzynity i semifuzynity pustokomórkowe, które sprzyjają wzrostowi podatności przemiałowej.
 6. Rozpoznanie wpływu sposobu rozmieszczenia substancji mineralnej w macerałach na podatność przemiałową węgla wymaga przeprowadzenia dalszych wnikliwych badań.

Literatura

1. Chamberlain R., Lockart C., Smyth M. (1994): *Selektywne kruszenie węgla jako środek zwiększania wychodu koncentratu, zmniejszania zawartości popiołu lub minimalizacji udziału drobnych frakcji*. Materiały XII Międzynarodowego Kongresu Przeróbki Węgla, tom I. Kraków, s. 125–139.
2. Czapliński A. (1994): *Węgiel kamienny*. Kraków, Wydaw. AGH.
3. Gruson G. (1957): *Przyczynek do badań nad przygotowaniem węgla do koksowania klasycznego*. Koks Smoła Gaz nr 6, s. 185–191.
4. Laskowski T. (1932): *Wzbogacanie mialu węglowego z punktu widzenia petrografii*. Przegląd Górniczo-Hutniczy nr 11, s. 595–605.
5. Laskowski T. (1948): *Zagadnienie przeróbki mialu w polskim przemyśle węglowym*. Biuletyn Instytutu Naukowo-Badawczego Przemysłu Węglowego, Komunikat nr 23.
6. Laskowski T., Panuś M. (1951): *Petrografia węgla*. Katowice, PWT.

7. Lorenz U. (1999): *Metoda oceny wartości węgla kamiennego energetycznego uwzględniająca skutki jego spalania dla środowiska przyrodniczego*. Prace Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Studia Rozprawy Monografie nr 64.
8. PN-ISO 5074:2002 Węgiel kamienny. Oznaczanie wskaźnika podatności transportowej Hardgrove'a.
9. Roga B., Wnękowska L., Ihnatowicz A. (1955): *Chemia węgla*. Warszawa, PWT.
10. Róg L. (1998): *Podatność przemiałowa węgla kamiennych o różnym składzie petrograficznym*. Prace Naukowe GIG, Seria Konferencje nr 24: VII Konferencja na temat: Problemy geologii w ekologii i górnictwie podziemnym, s. 193–199.
11. Stefański M. (1970): *Kruszenie się węgla podczas transportu i przeróbki*. Katowice, Wydaw. „Śląsk”.
12. Świętosławski W., Roga B., Chorąży M. (1932): *Z badań nad poprawą jakości koksu górnośląskiego*. Przegląd Górniczo-Hutniczy nr 2, s. 21–24.
13. Van Krevelen D.W., Schuyer J. (1959): *Węgiel. Chemia węgla i jego struktura*. Warszawa, PWN.
14. Volk W. (1973): *Statystyka stosowana dla inżynierów*. Warszawa, WNT.
15. Wawrzynkiewicz W. (2000): *Prognozowanie podatności przemiałowej węgla na podstawie ich zapopielenia*. Przegląd Górniczy nr 6, s. 22–30.
16. Winnicki J. (1959): *Zachowanie się odmian petrograficznych polskich węgla w czasie kruszenia*. Koks Smoła Gaz nr 4, s. 166–171.
17. Winnicki J., Olszewska K., Magnes C. (1960): *Zmienność składu petrograficznego klas ziarnowych w zależności od sposobu kruszenia węgla kamiennych*. Prace GIG, Komunikat nr 260.

Recenzent: prof. dr hab. Jerzy Sablik

Krystyna Stec

SKALA ZAGROŻENIA SEJSMICZNEGO W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę aktywności sejsmicznej w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym, na podstawie której możliwe jest określanie wstrząsogennych stref górotworu karbońskiego. Artykuł jest wynikiem realizacji prac w ramach projektu badawczo-rozwojowego Nr R0900701 pt.: „Klasyfikacja stateczności górotworu przy obciążeniach statyczno-dynamicznych wraz z metodą i instrukcją doboru stałooszczędnej obudowy wyrobisk korytarzowych w aktywnych sejsmicznie obszarach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego”.

Systematyczna obserwacja wysokoenergetycznej aktywności sejsmicznej indukowanej działalnością górniczą kopalń była prowadzona od lat 50. ubiegłego stulecia, początkowo z wykorzystaniem kilku pojedynczych stanowisk sejsmicznych, a od 1974 roku na podstawie rejestracji Górnośląskiej Regionalnej Sieci Sejsmologicznej. Bank silnych wstrząsów górotworu z lat 1974–2006, zawierający podstawowe parametry sejsmologiczne wstrząsów o energii sejsmicznej $E \geq 10^5$ J takie, jak: data i czas wystąpienia zjawiska, energia wstrząsu, magnituda, współrzędne epicentrum, nazwa pokładu i kopalni liczy ponad 65165 wstrząsów o energii $E \geq 10^5$ J. Poziom intensywności zjawisk sejsmicznych, które występują w kilku rejonach (niecka bytomska, siódło główne, niecka główna, niecka kazimierzowska, oraz niecka jejkowicka i sfałdowania Jastrzębia) jest bardzo zróżnicowany, od wstrząsów niewyczuwalnych przez ludzi, do silnych o charakterze słabych trzęsień Ziemi. Informacje z banku danych są wykorzystywane do badań stanu zagrożenia tąpnięciami w kopalniach oraz oceny dynamicznych oddziaływań drgań wywołanych wstrząsami na środowisko naturalne na powierzchni.

Seismic hazard state in the Upper Silesian Coal Basin

Abstract

The article presents the characteristics of seismic activity in the Upper Silesian Coal Basin, on the basis of which the determination of the carboniferous rock mass zone being subject to tremors is possible. The article is a result of work carried out in the framework of the research-development project No R0900701 entitled: “Classification of rock mass stability in case of static-dynamic loads along with the method and instruction regarding the selection of steel-saving support of mine workings in seismically active areas in the Upper Silesian Coal Basin”.

Systematic observation of high-energy seismic activity induced by extraction operations in mines was conducted since the 1950s, initially with the use of several individual seismic stations, and since 1974 on the basis of recordings of the Upper Silesian Regional Seismological Network. The data base regarding strong rock mass tremors that took place in the period 1974–2006, containing the basic seismological parameters of tremors with seismic energy $E \geq 10^5$ J such as: date and time of phenomenon occurrence, tremor energy magnitude, epicentre coordinates, name of seam and mine, include 65165 tremors of energy $E \geq 10^5$ J. The intensity level of seismic phenomena, which appear in several regions (Bytom syncline, main saddle, main syncline, Kazimierz syncline as well as Jejkowice syncline and Jastrzębie foldings) is very differentiated – from tremors imperceptible as regards people to strong tremors having the character of weaker earthquakes. Information gathered by the data base are used in investigations relating to the rockburst hazard state in mines and assessment of dynamic influences of vibrations caused by tremors on the surface natural environment.

WPROWADZENIE

Pierwsze stacje sejsmiczne na obszarze GZW powstały w latach 20. XX wieku. Utworzono je w celu obserwacji sejsmiczności rejonów górniczych i określenia jej związku z tapaniami w kopalniach (Wierzchowska 1961). W okresie 1929–1944 i 1947–1965 na obszarze GZW działało pięć stacji sejsmicznych z rejestracją optyczną w ramach tzw. systemu regionalnego. W 1965 uruchomiono trzy stacje w kopalni „Miechowice” i stworzono system regionalno-kopalniany, dający początek rozwojowi kopalnianych stacji sejsmologicznych. Od 1969 roku datuje się systematyczne zwiększanie liczby stacji kopalnianych do 43 w latach 80. Równocześnie z rozwojem sieci kopalnianych była modernizowana sieć regionalna. W 1974 roku utworzono Górnośląską Regionalną Sieć Sejsmologiczną (GRSS) wyposażoną w angielską aparaturę Racal Thermionic (Wierzchowska 1981). Ze stacji GRSS umieszczonych w kilku kopalniach sygnały, odbierane przez sejsmometry, są przekazywane drogą radiową do centralnej jednostki rejestrującej znajdującej się w Głównym Instytucie Górnictwa, gdzie jest prowadzona ciągła rejestracja wstrząsów górotworu. Od ponad trzydziestu lat GRSS jako jedyne stanowisko badawcze dostarcza kompleksowej informacji o sejsmiczności obszaru Górnego Śląska i stanowi źródło informacji dla prowadzonego banku danych o wstrząsach górotworu o energii sejsmicznej $E \geq 10^5$ J. Poziom aktywności sejsmicznej na obszarze Górnego Śląska jest wysoki i stanowi zagrożenie bezpieczeństwa pracy załóg górniczych pracujących pod ziemią (tapania), a drgania wywoływane na powierzchni są źródłem dużej uciążliwości dla lokalnej społeczności i często przyczyną uszkodzeń obiektów budowlanych i infrastruktury technicznej. Dane uzyskiwane z GRSS są także źródłem informacji dla naukowców zajmujących się sejsmicznością rejonu i tapaniami w kopalniach, ponieważ do rozwiązywania licznych problemów dotyczących bezpieczeństwa pracy w aspekcie zagrożenia sejsmicznego jest wymagana znajomość rzeczywistych i kompletnych wyników pomiarów wstrząsów górotworu.

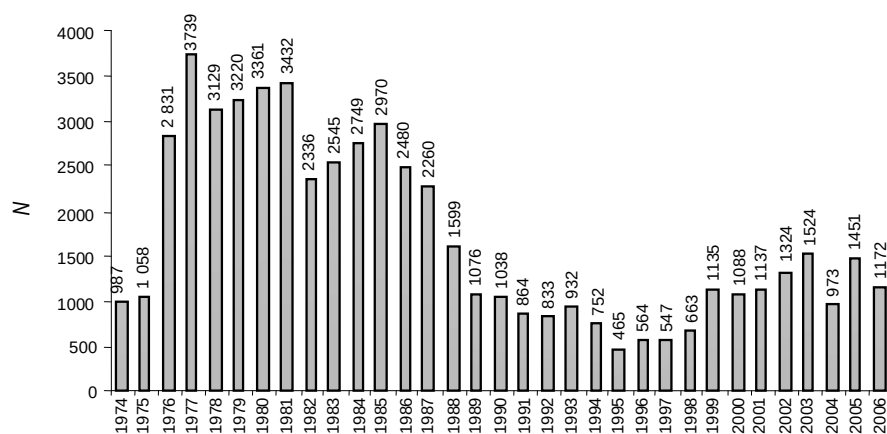
W miarę rozwoju obserwacji sejsmologicznych, związanych z doskonaleniem aparatury pomiarowej i metod obserwacyjnych, zmieniały się poglądy na temat przyczyn występowania aktywności sejsmicznej. Pierwsze wzmianki na temat przyczyn występowania wstrząsów na Górnym Śląsku sięgają początków XX wieku. Rejestrowanym w tym okresie wstrząsom przypisywano pochodzenie tektoniczne. Pogląd ten funkcjonował do lat 50.; uważano, że wiele katastrofalnych tapani było spowodowane przez wstrząsy pochodzenia tektonicznego, zlokalizowane na głębokości 10 km, na której na pewno nie zaznaczał się wpływ robót górniczych (Budryk 1955; Janczewski 1955). W latach 60. dominował pogląd, że przyczyną silnych wstrząsów są naprężenia wywołane robotami eksploatacyjnymi oraz sumujące się naprężenia eksploatacyjne i tektoniczne występujące w tych samych partiach górotworu (Wierzchowska 1962). W następnych latach Wierzchowska (1968) stwierdziła, że dominującą rolę w powstawaniu wstrząsów odgrywają jednak naprężenia eksploatacyjne. Dalsze badania wykazały, że istnieją jednak przesłanki, aby w przypadku najsilniejszych wstrząsów oddalonych od bezpośrednich frontów eksploatacyjnych, dopatrywać się wpływów tektonicznych (Teisseyre 1972). Pod koniec lat 80. nastąpiło połączenie obu poglądów

na temat przyczyn występowania wstrząsów górniczych w wyniku badań nad powtarzalnością silnych zjawisk sejsmicznych (Drzęźła, Mendecki, Marcela 1984; Kijko 1986) oraz analiz mechanizmu ognisk. Wyodrębniono dwie grupy wstrząsów. Grupę wstrząsów słabszych energetycznie, które występowały w sąsiedztwie czynnych frontów eksploatacyjnych i charakteryzowały się eksplozyjnym lub implozyjnym typem mechanizmu ognisk (Dubieński, Stec 1995; Gibowicz, Domański, Wiejacz 1996; Stec 1999, 2005; Stec, Drzewiecki 2000; Wiejacz, Ługowski 1997) oraz grupę wstrząsów wysokoenergetycznych o charakterze regionalnym, powstających na wskutek współdziałania naprężeń eksploatacyjnych i tektonicznych często w większych odległościach od wyrobisk górniczych. Najczęściej występującym typem mechanizmu ognisk w drugiej grupie wstrząsów był mechanizm poślizgowy normalny z zaznaczającym się poziomym przesunięciem w ognisku wstrząsu. Azymuty płaszczyzn rozrywu i ich upady dla tych zjawisk korelowały z rozciągłością i upadem uskoków, w pobliżu których były zlokalizowane ogniska wstrząsów (Dubiel 1996; Dubieński, Stec 2000, 2001; Idziak, Teper, Zuberek 1999; Mutke, Stec 1997; Wiejacz 1995; Zuberek i inni 1997). Badania prowadzone w ostatnich latach z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych wykazały, że może występować zależność linii interpretowanych na podstawie zdjęć satelitarnych – lineamentów z wysokoenergetyczną sejsmicznością – z wektorami par wstrząsów (Pilecka 2006). Może to odzwierciedlać ruchy neotektoniczne podłoża o blokowej budowie, których następstwem mogą być najsilniejsze wstrząsy górotworu ($E \geq 10^8$ J).

1. CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM

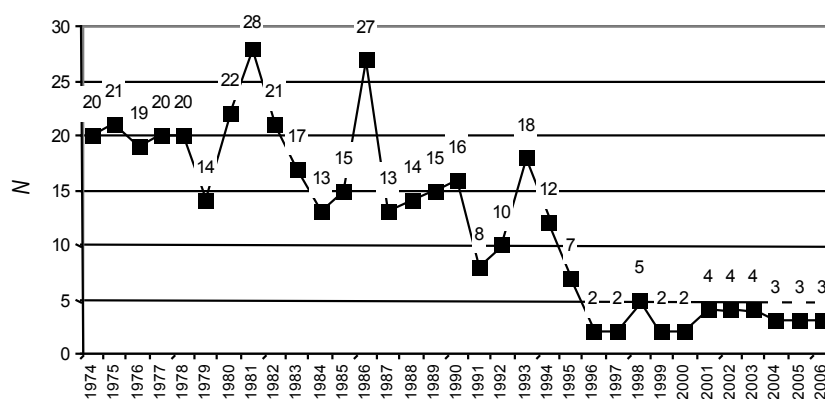
Jak wspomniano, zjawiska sejsmiczne w GZW w okresie powojennym do początku lat 70. były rejestrowane przez pięć stacji sejsmicznych z rejestracją optyczną. W latach 1950–1973 zostało zarejestrowanych około 355 zjawisk sejsmicznych o energii $E \geq 10^6$ J (Paszta, Udziela, Wierzchowska 1950–1970). Rejestrowano najsilniejsze wstrząsy, które w większości były połączone z tąpnięciami i zawałami. W 1974 roku została utworzona Górnośląska Regionalna Sieć Sejsmologiczna, co umożliwiło obniżenie dolnej granicy rejestracyjnej do energii 10^5 J oraz zwiększenie dokładności lokalizacji ognisk wstrząsów. W banku danych za lata 1974–2006 zostały zawarte informacje o ponad 65 165 wstrząsach o energii $E \geq 10^5$ J. Na rysunku 1a i b zestawiono liczbę wysokoenergetycznych wstrząsów według rejestracji GRSS i tąpnięć według katalogu tąpnięć GIG.

Wynika z nich, że liczba wysokoenergetycznych wstrząsów w latach 70. i 80. była bardzo duża, wynosiła średnio 3500 zjawisk rocznie. Następnie zaznaczyła się tendencja spadkowa trwająca do 1998 roku. W ostatnich kilku latach poziom aktywności sejsmicznej GZW był większy w porównaniu z aktywnością w latach 90. Rocznie występowało około 1200 wstrząsów, natomiast liczba tąpnięć w okresie 30 lat zmalała od ponad 20 rocznie w latach 70. i na początku lat 80., do średnio kilkunastu rocznie w następnych latach i kilku rocznie w ostatnich latach.



Rys. 1a. Zestawienie liczby N wysokoenergetycznych wstrząsów w GZW w latach 1974–2006

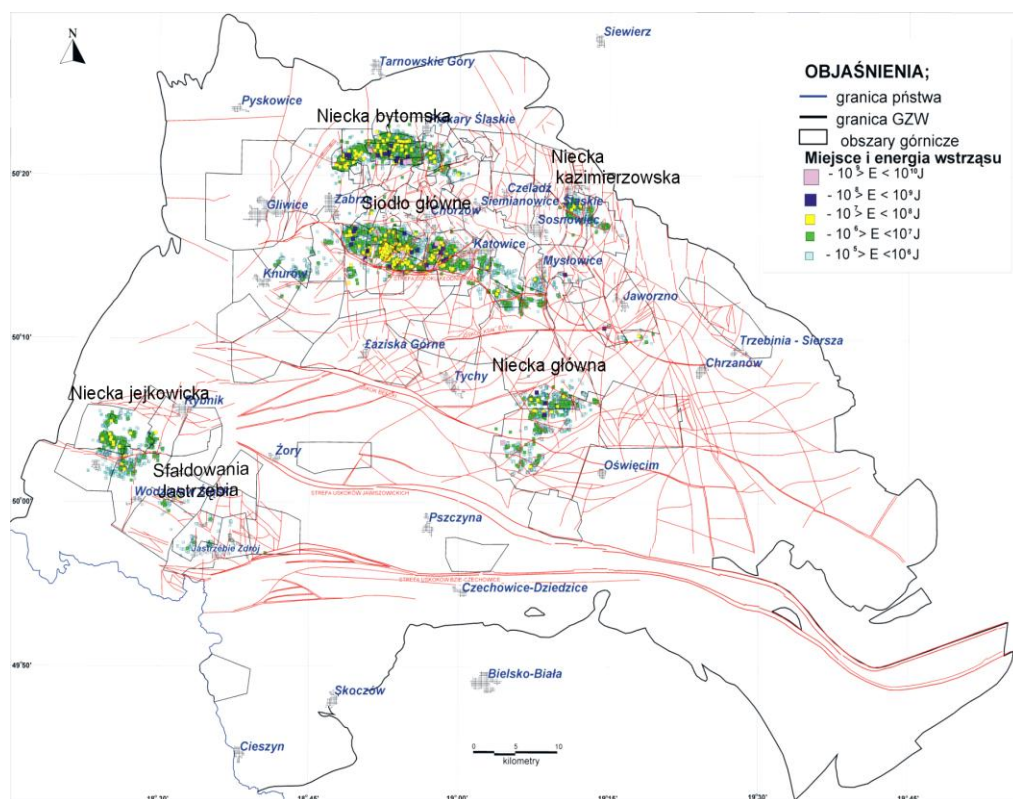
Fig. 1a. Specification of number N of high-energy tremors in the Upper Silesian Coal Basin in the period 1974–2006



Rys. 1b. Zestawienie liczby tąpnięć N w GZW w latach 1974–2006

Fig. 1b. Specification of the number of tremors N in the Upper Silesian Coal Basin in the period 1974–2006

Aktywność sejsmiczna nie występuje we wszystkich kopalniach Górnśląskiego Zagłębia Węglowego. Położenie ognisk wstrząsów z okresu 1977–2006 na tle obszarów górniczych i struktur tektonicznych, przedstawiono na rysunku 2. Wynika z niego, że epicentra wstrząsów górotworu bardzo wyraźnie grupują się w skupiska należące do różnych jednostek strukturalnych, charakteryzujących się stosunkowo głębokim zaleganiem pokładów węgla, występowaniem w ich otoczeniu mocnych i grubych kompleksów piaskowcowych oraz silnie rozwiniętą tektoniką. W związku z powyższym wyszczególniono pięć rejonów obszarów górniczych i dokonano zestawienia danych w tych rejonach, poczynając od 1977 roku. Danych z wcześniejszego okresu nie uwzględniono z uwagi na niepełny obszar objęty obserwacjami przez stacje sejsmologiczne.



Rys. 2. Rozkład ognisk wstrząsów o energii $E \geq 10^5$ J w okresie 1977–2006 na tle mapy tektonicznej Górnego Śląska, opracowanej przez Bułą i Kotasa (1994)

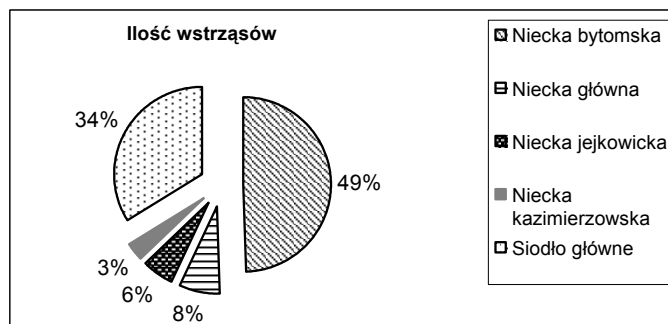
Fig. 2. Distribution of tremor foci with energy $E \geq 10^5$ J in the period 1977–2006 against the background of the tectonic map of Upper Silesia, elaborated by Buła and Kotas (1994)

Wyszczególnionymi rejonami są:

- Niecka bytomska – kopalnie: „Bobrek”, „Miechowice”, „Centrum”, „Szombierki”, „Powstańców Śląskich”, ZG „Jadwiga” (dawniej „Pstrowski”), „Rozbark”, „Grodziec”, „Andaluzja” i „Julian” (aktualnie „Piekary”).
- Siedło główne:
 - południowe skrzydło – kopalnie: „Katowice”, „Kleofas” (dawniej „Gotwald”), „Mysłowice”, „Wieczorek”, „Wesoła” (dawniej „Lenin”), „Wujek”, „Staszic”, „Zabrze”, „Bielszowice”, „Halemba”, „Makoszowy”, „Pokój”, „Wawel”, „Wierok”, „Śląsk”, „Sośnica”,
 - północne skrzydło – kopalnie: „Polska”, „Barbara Chorzów”, „Siemianowice”.
- Niecka kazimierzowska – kopalnie: „Kazimierz Juliusz”, „Niwka-Modrzejów”, „Porąbka-Klimontów” (dawniej „Czerwone Zagłębie”).
- Niecka główna – kopalnie: „Czczott”, „Piast”, „Ziemowit”, „Jaworzno”.
- Niecka jejkowska i sfałdowania Jastrzębia – kopalnie: „Anna”, „Jas-Mos”, „Marcel”, „Rymer”, „1-Maja”, „Rydułtowy”, „Pniówek” i „Zofiówka”.

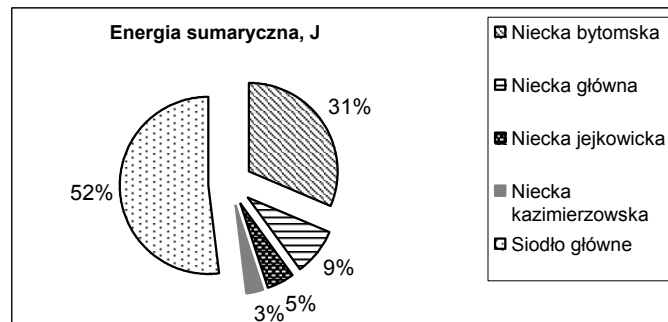
Dla wydzielonych rejonów sporządzono zestawienie liczby wstrząsów (rys. 3a), energii sumarycznej (rys. 3b) i energii średniej (rys. 3c). Z zestawień tych wynika, że wyróżniają się dwa rejon: niecka bytomska i siodło główne. Największa liczba wstrząsów wynosząca 49% wystąpiła w niecce bytomskiej. Energia sumaryczna wyzwolona przez te wstrząsy stanowiła 31%, a energia średnia 18%. Siodło główne charakteryzowało się 34% udziałem liczby wstrząsów, które z kolei charakteryzowały się największą ilością energii sumarycznej – 52%. Wstrząsy te charakteryzowały się również największą energią średnią, wynoszącą ponad 49%. W ogólnym zestawieniu oznacza to, że rejon siodła głównego był rejonem o największym zagrożeniu sejsmicznym, gdyż występujące wstrząsy miały zdecydowanie większą energię średnią niż w pozostałych rejonach. Średnia energia wstrząsów w niecce bytomskiej i niecce kazimierzowskiej, które charakteryzowały się najmniejszą liczbą wstrząsów (tylko 3%) była zbliżona i wynosiła odpowiednio 17 i 18%. Rejon niecki jejkowickiej charakteryzował się również małą liczbą wstrząsów (6%) oraz najmniejszą energią sumaryczną i energią średnią.

W celu dokładniejszego opisu zmian aktywności sejsmicznej w GZW poniżej przedstawiono jej charakterystykę w odniesieniu do eksploatowanych pokładów.



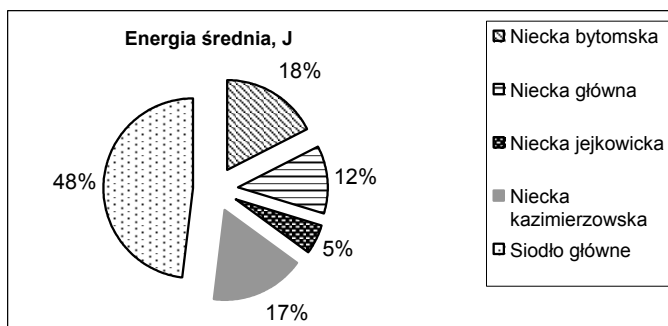
Rys. 3a. Rozkład liczby wstrząsów górotworu w poszczególnych rejonach GZW w okresie 1977–2006

Fig. 3a. Distribution of the number of rock mass tremors in individual regions of the Upper Silesian Coal Basin in the period 1977–2006



Rys. 3b. Rozkład sumarycznej energii wstrząsów górotworu w poszczególnych rejonach GZW w okresie 1977–2006

Fig. 3b. Distribution of the summary energy of rock mass tremors in individual regions of the Upper Silesian Coal Basin in the period 1977–2006



Rys. 3c. Rozkład średniej energii wstrząsów górotworu w poszczególnych rejonach GZW w okresie 1977–2006

Fig. 3c. Distribution of the average energy of rock mass tremors in individual regions of the Upper Silesian Coal Basin in the period 1977–2006

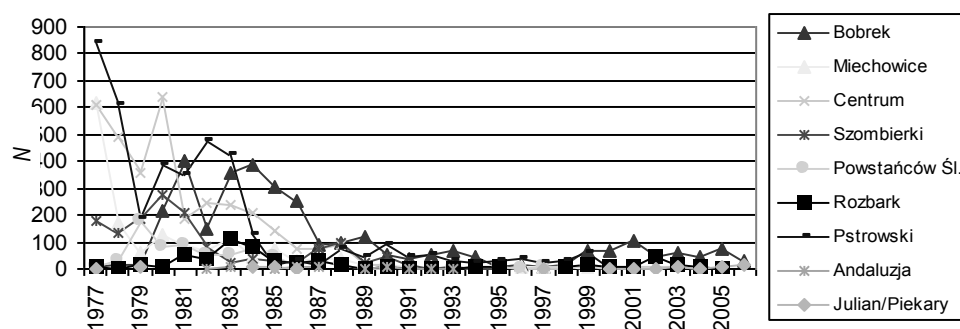
1.2. Niecka bytomska

Niecka bytomska jest strukturą o skomplikowanej budowie. Stanowi ją stosunkowo płytka synklina, a w zasadzie szereg płytkich brachysynklin oddzielonych kopulastymi wypiętrzeniami o przebiegu NW-SE. Niecka jest niesymetryczna. Jej oś biegnie równoleżnikowo z W na E w pobliżu północno-wschodniego skrzydła. Powoduje to, że kąty zapadania warstw w tym skrzydle są dość strome i wynoszą od 8 do 20°, natomiast w skrzydle południowym nie przekraczają 3°. Skomplikowaną budowę niecki dodatkowo zaburza sieć uskoku o przebiegu głównie NW-SE i prostopadłych do nich, o różnych zrzutach i kątach nachylenia płaszczyzn. Najważniejsze z nich to uskoki radzionkowski, miechowski, Alfred, Przełajka, wojkowicko-będziński, koszelewski i cieszkowski o zrzutach od kilku metrów do prawie 300 m, którym towarzyszy sieć uskoku mniejszych o zrzutach od kilkudziesięciu centymetrów do około 20 m.

W niecce bytomskiej, obserwowana od 1977 roku, aktywność sejsmiczna była związana z eksploatacją pokładów położonych w warstwach siodłowych i porębskich. Warstwy siodłowe mają miąższość od 60 do 240 m i zalegają na głębokości od 600 do 850 m. W grupie warstw siodłowych występują naprzemianległe piaskowce, łupki piaszczyste i łupki ilaste oraz pokłady węgla grupy 500. Warstwy porębskie o grubości od 350 do 430 m są zbudowane z łupków piaszczystych i ilastych oraz z piaskowców, głównie drobnoziarnistych oraz pokładów węgla grupy 600. Zalegają one poniżej 1000 m.

Kopalnie wykazujące aktywność sejsmiczną w niecce bytomskiej to: „Bobrek”, „Centrum”, „Miechowice”, „Szombierki”, „Powstańców Śląskich”, „Rozbark”, „Pstrowski”, „Andaluzja”, „Julian”. Rozkład liczby wysokoenergetycznych wstrząsów w poszczególnych kopalniach, przedstawiono na rysunku 4. Niecka bytomska należała do rejonów o wysokiej aktywności sejsmicznej w latach 80. W tym rejonie największa liczba wstrząsów o energii $E \geq 10^5$ J wystąpiła w latach 1977–1987, a następnie aktywność sejsmiczna znacznie zmalała, co było związane ze zmniejszaniem wydobywania węgla i w końcu z zaprzestaniem eksploatacji w poszczególnych kopalniach.

Ogółem w rejonie tym wystąpiło prawie 25000 wstrząsów o energii sumarycznej wynoszącej $2,7 \cdot 10^{10}$ J. Wstrząsy o najsilniejszej energii rzędu 10^9 J odnotowano w kopalni „Szombierki” – w 1981 i 1984 roku oraz w kopalni „Pstrowski” (1980 r.) i „Miechowice” (1993 r.). W tym rejonie wystąpiło 17 wstrząsów rzędu 10^8 J głównie w latach 80.

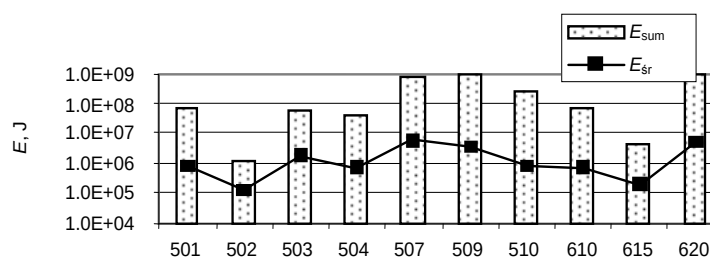


Rys. 4. Rozkład liczby wstrząsów N o energii $E \geq 1 \cdot 10^5$ J w niecce bytomskiej w okresie 1977–2006

Fig. 4. Distribution of the number of tremors N with energy $E \geq 1 \cdot 10^5$ J in the Bytom syncline in the period 1977–2006

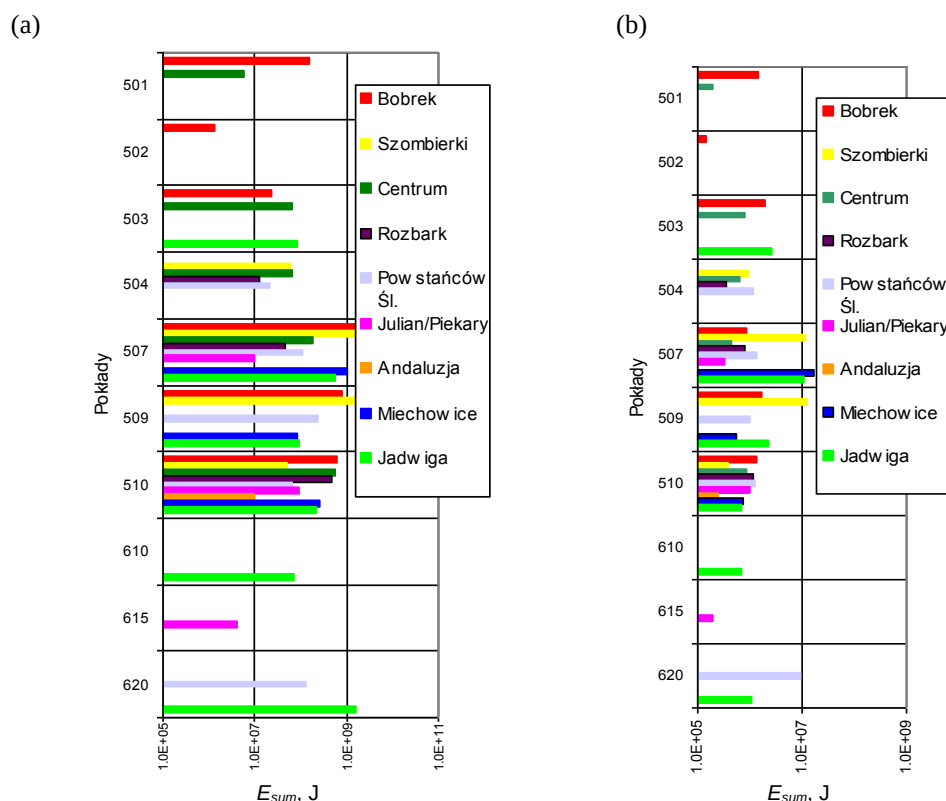
Wartości energii sumarycznej i energii średniej wstrząsów, które wystąpiły podczas eksploatacji prowadzonej w poszczególnych pokładach kopalń, przedstawiono na rysunkach 5a–b.

We wszystkich kopalniach aktywność sejsmiczna, w okresie prowadzenia obserwacji w latach 1977–2006, występowała podczas eksploatacji pokładów grupy 500 warstw siodłowych, a ponadto w kopalniach „Powstańców Śląskich”, „Jadwiga” i „Julian” pokładu 620 warstw porębskich. Największa wartość energii sumarycznej wystąpiła podczas eksploatacji pokładu 509, a następnie 507, w przypadku których średnia energia wstrząsów wynosiła odpowiednio $3,6 \cdot 10^6$ i $6,2 \cdot 10^6$ J. W tych pokładach wystąpiły najsilniejsze wstrząsy o energii rzędu 10^8 i 10^9 J. Porównywalnie zachowywał się pokład 620 eksploatowany tylko w kopalniach „Powstańców Śląskich” i „Jadwiga”. Występowały w nim również najsilniejsze wstrząsy o energii rzędu 10^6 J.



Rys. 5a. Zestawienie uśrednionych wartości energii sumarycznej E_{sum} , i energii średniej E_{sr} według eksploatowanych pokładów (niecka bytomska)

Fig. 5a. Specification of averaged values of summary energy E_{sum} and average energy E_{sr} according to mined seams (Bytom syncline)



Rys. 5b. Zestawienie energii sumarycznej E_{sum} (a) i energii średniej E_{sr} (b) według eksploatowanych pokładów w poszczególnych kopalniach (niecka bytomska)

Fig. 5b. Specification of summary energy E_{sum} (a) and average energy E_{sr} (b) according to mined seams in individual mines (Bytom syncline)

1.2. Siodło główne

Siodło główne, oprócz niecki bytomskiej, jest najważniejszym elementem tektoniki północnej części GZW. Budują go wyniesienia pocięte poprzecznymi elewacjami, tworzące szereg kopuł ciągnących się od Zabrze na zachodzie po Maczki na wschodzie. Ponadto, strukturę siodła komplikuje sieć licznych, o różnych zrzutach, uskoków antytetycznych i kulisowych.

W obszarze siodła głównego występuje szereg struktur uskokowych, z których największą jest uskok kłodnicki. Ma on przebieg równoleżnikowy i charakteryzuje się zmienną amplitudą zrzutów oraz zmiennym kątem nachylenia płaszczyzny uskokowej. Struktura ta zrzuca warstwy na południe. Amplituda zrzutu wynosi 360 m w jego wschodniej części, następnie maleje w kierunku zachodnim do około 20 m. Uskokowi kłodnickiemu towarzyszy szereg mniejszych uskoków o zrzutach od kilku do kilkun-

stu metrów, układających się schodkowo lub wachlarzowato oraz uskoki o kierunku NE-SW o zrzutach od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Szczeliny uskoku kłodnickiego, a także uskoków towarzyszących wypełnia druzgot skał w postaci brekcji piaskowców, iłowców i substancji węglistej oraz bloków piaskowca.

Sieć różnokierunkowych uskoków niższych rzędów, towarzyszących uskokowi kłodnickiemu powoduje, że badany obszar został pocięty na bloki tektoniczne o różnej wielkości, różnie poprzysuwane względem siebie zarówno w pionie jak i poziomie. Jest to więc obszar bardzo podatny na wszelkiego rodzaju deformacje wynikające zarówno z przeszłej, jak i obecnie prowadzonej eksploatacji górniczej węgla, które są źródłem wysokoenergetycznych wstrząsów górniczych i tąpnięć.

W obszarze siodła głównego aktywność sejsmiczna występowała podczas eksploatacji pokładów występujących w warstwach rudzkich, siodłowych i porębskich.

Warstwy rudzie są wykształcone w facji ilasto-piaszczystej zbudowanej z iłowców zawierających pokłady węgla przedzielone ławicami drobno i średnioziarnistych piaskowców o grubości do kilkunastu metrów oraz facji piaszczystej zbudowanej ze średnio i gruboziarnistych piaskowców, z wkładkami łupków ilastych i piaszczystych. Piaskowce te lokalnie przechodzą w zlepienie. Warstwy siodłowe są zbudowane z ławic gruboziarnistych i zlepieńcowatych piaskowców oraz grubych pokładów węgla, którym towarzyszą warstwy iłowców i mułowców. W warstwach tych pokłady grupy 500 zalegają na głębokości od 520 do 700 m we wschodniej części, a w zachodniej do 1000 m.

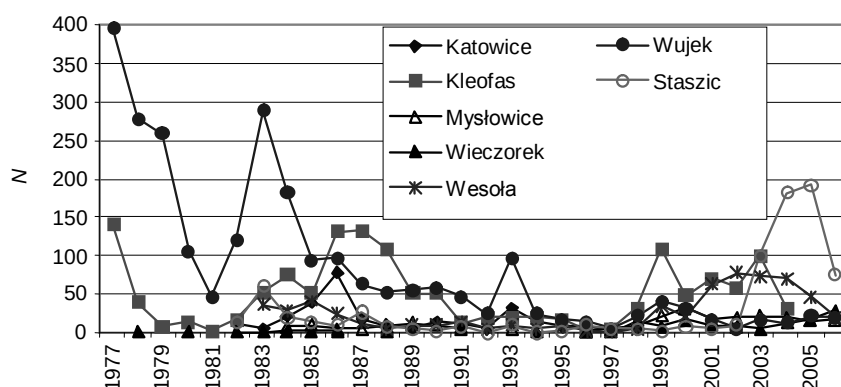
Warstwy porębskie zostały rozpoznane jedynie w górnej części. Wykształcone są w facji ilastej z ławicami piaskowców nie grubszymi niż 30 m; są słabo zbadane. Tylko najgłębsze otwory badawcze zostały dowiercone do głębokości 1200 m, gdzie występuje część stropowa warstw porębskich. Pokłady węgla są cienkie. Udokumentowane zostały dwa pokłady węgla – 612 i 620. Małe grubości pokładów przy ich dużej głębokości zalegania oraz słabym rozpoznaniu powodują, że pokłady porębskie nie są przedmiotem zainteresowania górniczego i nie zostały w pełni udokumentowane.

Kopalnie eksploatujące w rejonie siodła głównego ze względu na przejrzystość rysunków podzielono na:

- a) południowe skrzydło siodła głównego – rejon katowicki z kopalniami: „Katowice”, „Kleofas”, „Wujek”, „Mysłowice”, „Wieczorek”, „Wesoła”, „Staszic”,
- b) południowe skrzydło siodła głównego – rejon rudzko-zabrzański to kopalnie: „Zabrze”, „Bielszowice”, „Halemba”, „Makoszowy”, „Pokój”, „Wawel”, „Polska”, „Wirek”, „Śląsk”, „Sośnica”,
- c) północne skrzydło siodła głównego – kopalnie: „Barbara Chorzów”, „Siemianowice”, „Wawel”, „Polska”.

Największą aktywnością sejsmiczną charakteryzował się obszar siodła głównego – rejon katowicki w latach 1977–1999 oraz 2000–2005 (rys. 6). Łącznie w okresie 1977–2006 w rejonie tym wystąpiło około 2900 wstrząsów górotworu o energii sumarycznej wynoszącej $9,8 \cdot 10^9$ J. W latach 80. najbardziej aktywnymi sejsmicznie kopalniami były: „Kleofas”, „Katowice”, „Wujek”, a od 2000 roku kopalnie „Staszic”

i „Wesoła”. W tym rejonie wystąpiły w latach 80. dwa wstrząsy rzędu 10^9 J (kopalnia „Kleofas”) i siedem wstrząsów rzędu 10^8 J.



Rys. 6. Rozkład liczby wstrząsów N o energii $E \geq 1 \cdot 10^5$ J w okresie 1977–2006 w południowym skrzydle siodła głównego – rejon katowicki

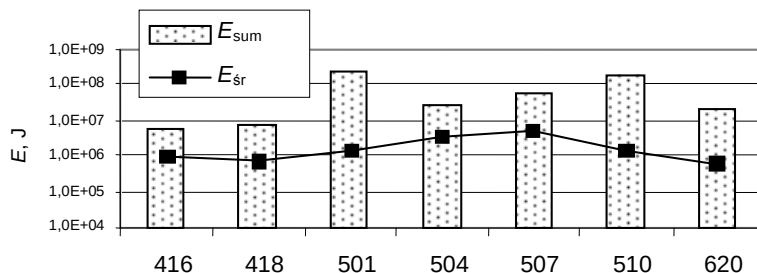
Fig. 6. Distribution of the number of tremors N with energy $E \geq 1 \cdot 10^5$ J in the period 1977–2006

Aktywność sejsmiczna tego rejonu była związana z eksploatacją dwóch pokładów warstw rudzkich (416, 418), czterech warstw siodłowych (501, 504, 507, 510) i jednego warstw porębskich (620). Największą energią sumaryczną oraz energią średnią charakteryzowały się wstrząsy związane z eksploatacją pokładów 501 i 510, a maksymalną energią średnią wynoszącą $5,2 \cdot 10^6$ J z eksploatacją w pokładzie 507 (rys. 7a i b). Oznacza to występowanie podczas eksploatacji tego pokładu wstrząsów wysokoenergetycznych.

Następnym wyszczególnionym rejonem siodła głównego jest rejon rudzko-zabrzański. W latach 1977–2006 wystąpiło w nim ponad 15800 wstrząsów o energii sumarycznej wynoszącej $3,2 \cdot 10^{10}$ J. Na rysunku 8 przedstawiono rozkład wstrząsów w poszczególnych kopalniach, przy czym dane z kopalni „Zabrze” i „Bielszowice” zostały podane razem ze względu na połączenie tych kopalń. W latach 1980–1990 aktywność sejsmiczna w tym rejonie była bardzo wysoka, głównie w kopalniach: „Bielszowice”, „Pokój”, „Halemba”, „Wirek” i „Śląsk”. Na kopalni „Śląsk” wystąpiły trzy wstrząsy rzędu 10^9 J w latach 1983, 1984 i 1985 oraz jeden w kopalni „Halemba” w 1993 roku. Wstrząsów rzędu 10^8 J wystąpiło 16, głównie w kopalni „Bielszowice”, „Śląsk” i „Wirek”. Kopalnie „Makoszowy” i „Sośnica” charakteryzowały się niskim poziomem sejsmiczności w stosunku do pozostałych kopalń w tym rejonie, ponieważ wystąpiło w nich tylko około 359 zjawisk o maksymalnej energii rzędu 10^6 J.

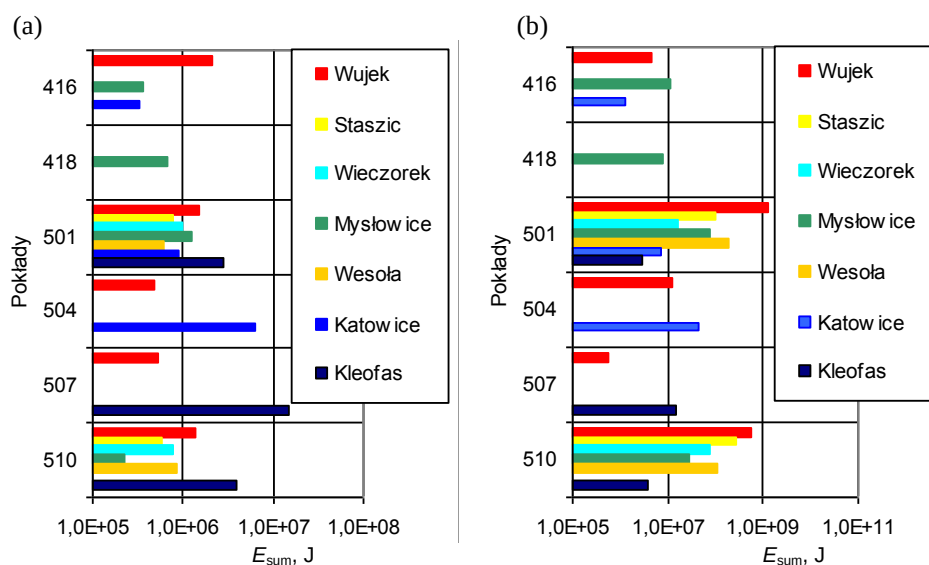
Największa aktywność sejsmiczna w tym rejonie była związana z eksploatacją pokładów 502–510 warstw siodłowych, w których wystąpiły najsilniejsze wstrząsy rzędu 10^9 J (pokład 502 i 504) i pokładach warstw rudzkich 405, 416, 418 (rys. 9a i b). Eksploatacja prowadzona w pokładzie 502 eksploatowanym w pięciu kopalniach spowodowała wyemitowanie największej ilości energii sumarycznej – $3,5 \cdot 10^9$ J. Z eksploatacją pokładu 415 w kopalni „Halemba” było związane $1,6 \cdot 10^9$ J energii sumarycznej, a z pokładem 418 (kopalnie „Bielszowice” i „Pokój”) $1,1 \cdot 10^9$ J energii sumarycznej. Największa energia

średnia wstrząsów wynosząca $6,2 \cdot 10^6$ J wystąpiła podczas eksploatacji pokładu 418. Eksploatacja prowadzona w kopalniach: „Bielszowice”, „Halemba”, „Sośnica” i „Makoszowy” w pokładzie 405 spowodowała wyzwolenie $2,7 \cdot 10^8$ J energii sumarycznej.



Rys. 7a. Zestawienie uśrednionych wartości energii sumarycznej E_{sum} i energii średniej E_{sr} według eksploatowanych pokładów (siodło główne – rejon katowicki)

Fig. 7a. Specification of averaged values of summary energy E_{sum} and average energy E_{sr} according to mined seams (main saddle – Katowice region)

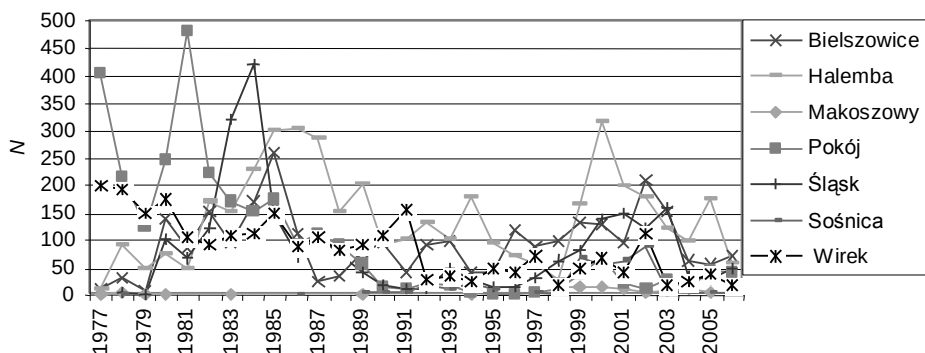


Rys. 7b. Zestawienie energii sumarycznej E_{sum} (a), energii średniej E_{sr} (b) według eksploatowanych pokładów w poszczególnych kopalniach (siodło główne – rejon katowicki)

Fig. 7b. Specification of summary energy E_{sum} (a), average energy E_{sr} (b) according to mined seams in individual mines (main saddle – Katowice region)

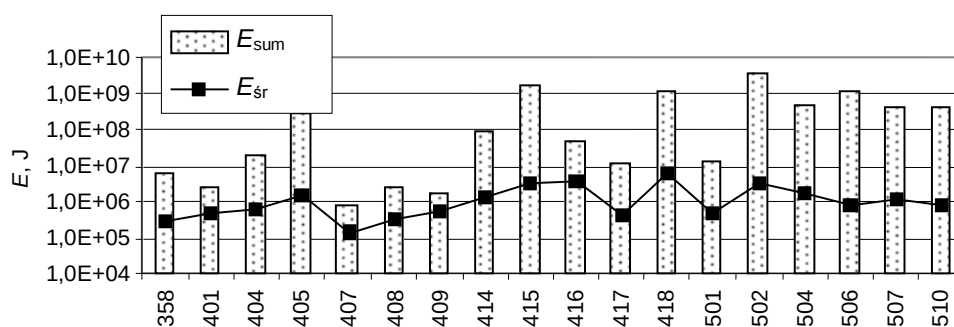
Północne skrzydło siodła głównego obejmuje kopalnie: „Wawel”, „Polska”, „Barbara-Chorzów” i „Siemianowice”. Aktywność sejsmiczna w tym rejonie występowała tylko do końca 1993 roku, ponieważ w znajdujących się tu kopalniach zakończono eksploatację (rys. 10). Rejon ten charakteryzował się bardzo małą aktywnością sejsmiczną związaną z eksploatacją pokładów warstw rudzkich i siodłowych. Wystąpiło w tym rejonie tylko około 540 wstrząsów sejsmicznych, w całym analizowanym okresie,

o energii sumarycznej wynoszącej $3,7 \cdot 10^8$ J. Maksymalna energia sejsmiczna w tym rejonie była rzędu 10^7 J.



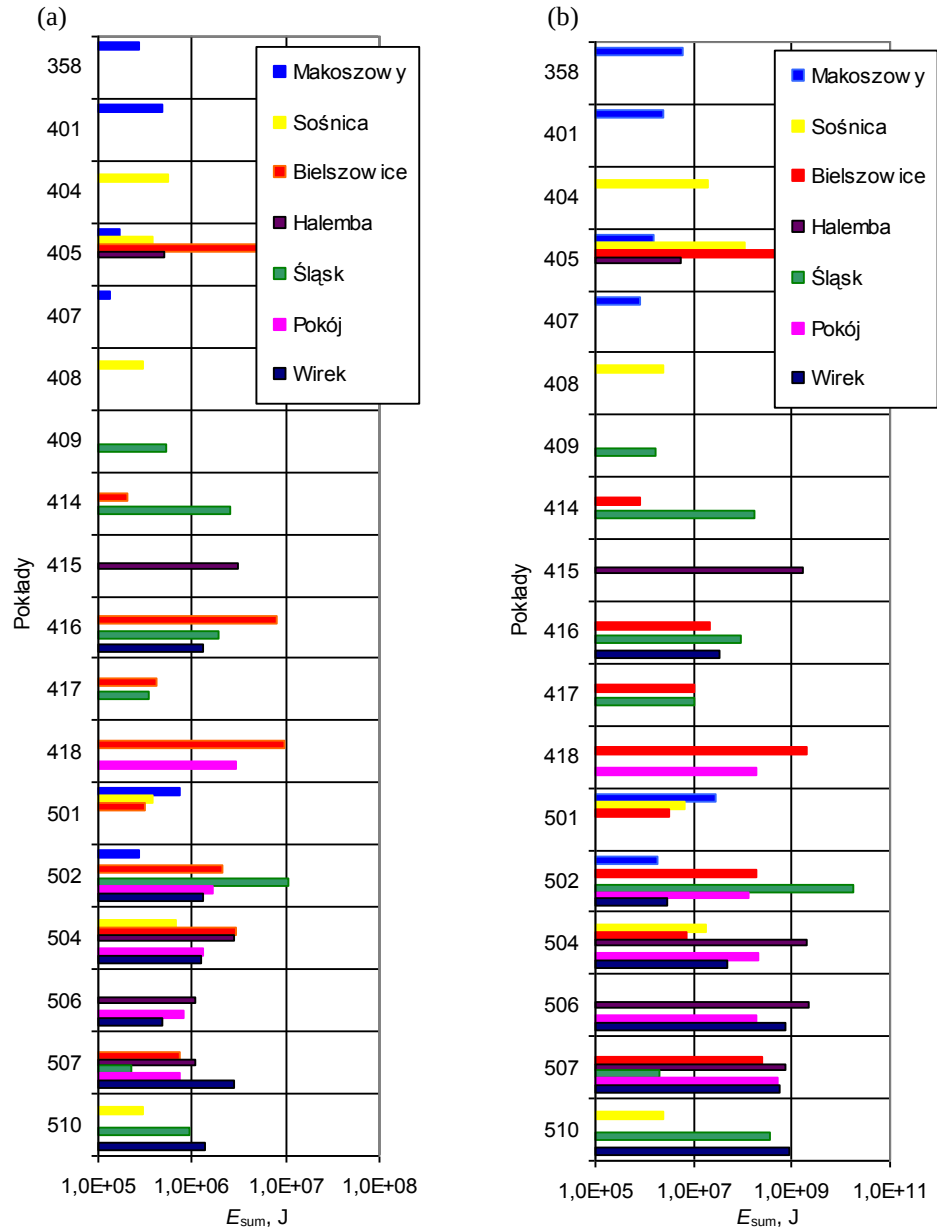
Rys. 8. Rozkład liczby wstrząsów N o energii $E \geq 1 \cdot 10^5$ J w okresie 1977–2006 w południowym skrzydle siodła głównego (rejon rudzko-zabrzański)

Fig. 8. Distribution of the number of tremors N with energy $E \geq 1 \cdot 10^5$ J in the period 1977–2006 in the southern wing of the main saddle (Ruda-Zabrze region)



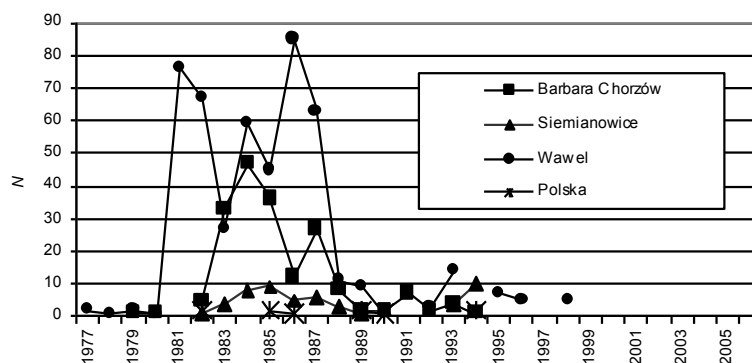
Rys. 9a. Zestawienie uśrednionych wartości energii sumarycznej E_{sum} i energii średniej E_{sr} według eksploatowanych pokładów (siodło główne – rejon rudzko-zabrzański)

Fig. 9a. Specification of averaged values of summary energy E_{sum} and average energy E_{sr} according to mined seams (main saddle – Ruda-Zabrze region)



Rys. 9b. Zestawienie energii sumarycznej E_{sum} (a) i energii średniej E_{sr} (b) według eksploatowanych pokładów w poszczególnych kopalniach (siodło główne – rejon rudzko-zabrzeński)

Fig. 9b. Specification of summary energy E_{sum} (a) and average energy E_{sr} (b) according to mineral seams in individual mines (main saddle – Ruda-Zabrze region)



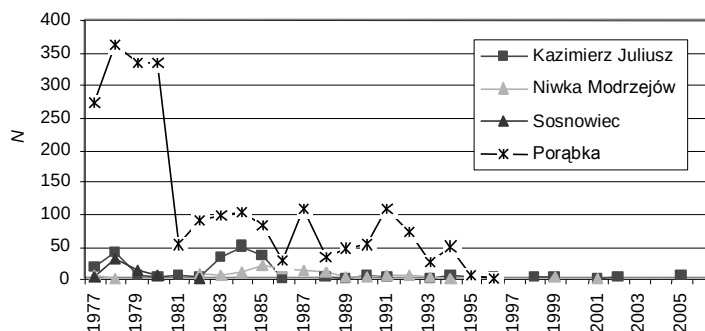
Rys. 10. Rozkład liczby wstrząsów N o energii $E \geq 1 \cdot 10^5$ J w okresie 1977–1993 w siodle głównym

Fig. 10. Distribution of the number of tremors N with energy $E \geq 1 \cdot 10^5$ J in the period 1977–1993 in the main saddle

1.3. Niecka kazimierzowska

Niecka kazimierzowska położona w północno-wschodniej części zagłębia jest strukturą asymetryczną o orientacji NNW-SSE. Jej skrzydło północne ma zmienne nachylenie od łagodnego do stromego; południowe jest łagodne. Bieg warstw jest w przybliżeniu równoległy do osi niecki, a ich nachylenie jest zmienne i wynosi od 15 do 45°.

Aktywność sejsmiczna niecki była związana z eksploatacją pokładu 510 zalegającego w warstwach siodłowych. W tym rejonie warstwy siodłowe występują w postaci jednego grubego (o miąższości nawet 24 m) pokładu węgla. Ogółem wystąpiło tu około 1300 wstrząsów o energii sumarycznej $2,6 \cdot 10^9$ J w kopalniach: „Porąbka Klimontów”, „Kazimierz Juliusz”, „Niwka-Modrzejów” i „Sosnowiec” (rys. 11). Największą aktywność sejsmiczną odnotowywano w kopalni „Porąbka Klimontów” do 1994 roku. W okresie 1995–2006 aktywność sejsmiczna w zasadzie w tym rejonie zanikła, gdyż wystąpiło tylko około 25 wstrząsów. Maksymalna energia sejsmiczna wstrząsów była rzędu 10^7 J. Największą energią sumaryczną oraz energią średnią charakteryzowała się kopalnia „Porąbka Klimontów”, w której do 1981 roku wystąpiło około 350 wstrząsów o energii powyżej 10^5 J. Najsilniejsze wstrząsy w tym rejonie miały energię rzędu 10^7 J.



Rys. 11. Rozkład liczby wstrząsów N o energii $E \geq 1 \cdot 10^5$ J w okresie 1977–2006 w niecce kazimierzowskiej

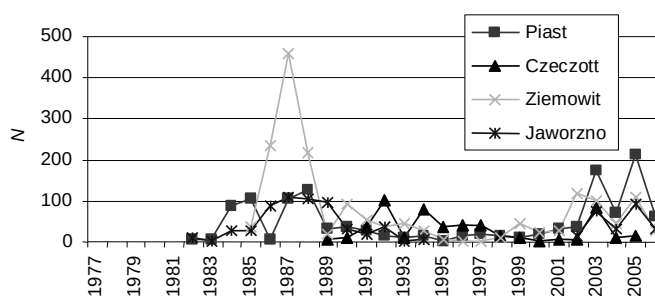
Fig. 11. Distribution of the number of tremors N with energy $1 \cdot 10^5$ J in the period 1977–2006 in the Kazimierz syncline

1.4. Niecka główna

Najrozleglejszą strukturą GZW jest niecka główna. Jest to bardzo łagodna i rozległa synklina o upadach warstw od 0 do 10° . Jej głównymi elementami strukturalnymi są liczne uskoki o różnej amplitudzie zrzutów, nierzadko powyżej 1000 m oraz łagodne ugięcia warstw w postaci kopuł, antyklin lub niecek i synklin. Uskoki są przeważnie normalne zrzutowe i zrzutowo-przesuwowe, rzadko tylko przesuwowe. Długość stref uskokowych jest różna i wynosi od kilku metrów do kilkudziesięciu kilometrów. Podobnie różna jest orientacja uskoków od równoleżnikowej po południkową, przy czym uskoki równoleżnikowe, mające również duże zrzuty, są zgrupowane głównie w środkowej i południowej części niecki. Ponieważ zrzucają one warstwy na południe, sprawiają, że w tej części niecka ma budowę schodową. Uskoki południkowe występują niemal na całym jej obszarze, a uskoki o kierunku NW-SE jedynie w bezpośrednim sąsiedztwie z krakowską strefą fałdowo-blokową, tj. wzdłuż NE i E jej granicy.

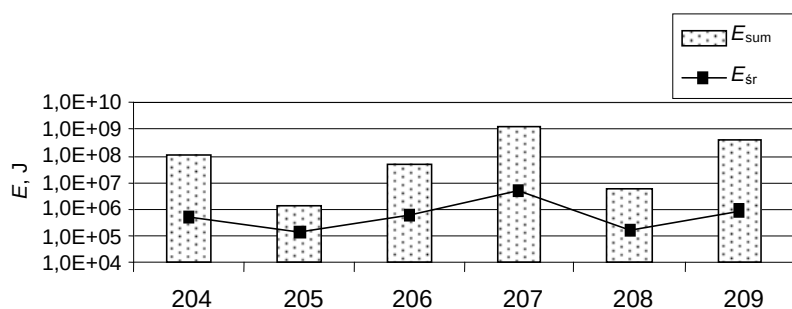
Aktywność sejsmiczna w niecce głównej była stwierdzona w pierwszej połowie lat 80. w związku z eksploatacją w kopalniach „Czeczott”, „Piast”, „Ziemowit” i „Jaworzno”, pokładów występujących w warstwach łaziskich. Warstwy łaziskie są wykształcone jako kompleks osadów o zdecydowanej przewadze utworów piaskowcowych. Piaskowce te są przeważnie typu arkozowego, różnoziarniste, na ogół słabo związane o spoiwie ilastym typu kontaktowego. Występują w grubych ławicach rozdzielonych pokładami węgla i towarzyszącymi im warstwami osadów iłowcowo-mułowcowych. Miąższość warstw łaziskich wynosi od 450 do 950 m i występują one na głębokości 350–750 m.

W okresie 1982–2006 w rejonie tym wystąpiło ponad 1300 wstrząsów (rys. 12) o energii sumarycznej wynoszącej $4,4 \cdot 10^9$ J. Najsilniejszy wstrząs rzędu 10^9 J wystąpił w kopalni „Czeczott” w 1992 roku. Były też trzy wstrząsy rzędu 10^8 J (w kopalni „Ziemowit” w 1985 i 1986 roku i w kopalni „Piast” w 1983 roku). Duża liczba zjawisk sejsmicznych miała miejsce w latach 1986–1986 w kopalni „Ziemowit”, a w 2003 i 2005 roku w kopalni „Piast”. Największa liczba wstrząsów o sumarycznej energii wynoszącej $1,1 \cdot 10^9$ J oraz największa energia średnia wynosząca $4,4 \cdot 10^6$ J były związane z eksploatacją pokładu 207. Drugim tzw. wstrząsogennym pokładem był pokład 209. Również najsilniejsze wstrząsy o energii rzędu 10^8 i 10^9 J były związane z eksploatacją tych dwóch pokładów. Dane te przedstawiono na rysunku 13a i b.



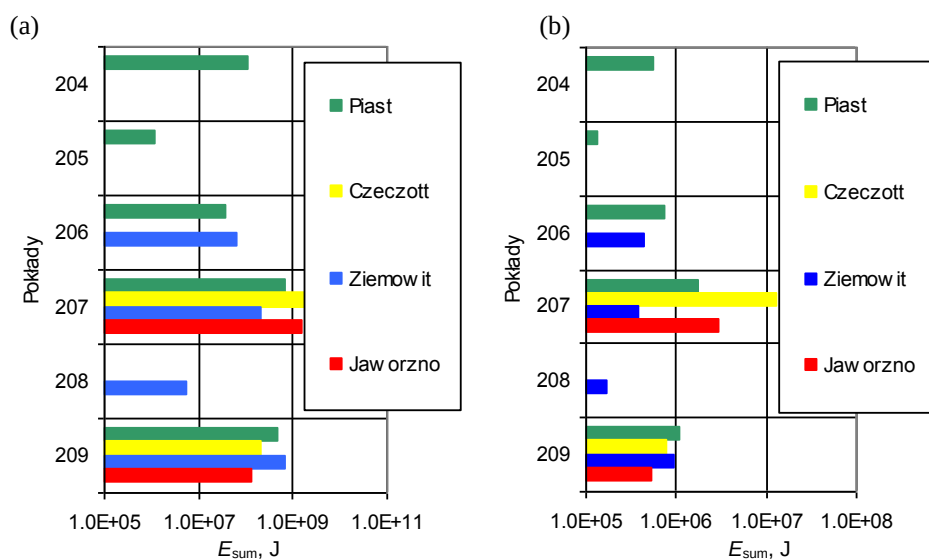
Rys. 12. Rozkład liczby wstrząsów N o energii $E \geq 1 \cdot 10^5$ J w okresie 1982–2006 w niecce głównej

Fig. 12. Distribution of the number of tremors N with energy $E \geq 1 \cdot 10^5$ J in the period 1982–2006 in the main syncline



Rys. 13a. Zestawienie uśrednionych wartości energii sumarycznej E_{sum} i energii średniej E_{sr} według eksploatowanych pokładów (niecka główna)

Fig. 13a. Specification of averaged values of summary energy E_{sum} and average energy E_{sr} according to mined seams (main syncline)



Rys. 13b. Zestawienie energii sumarycznej E_{sum} (a) i energii średniej E_{sr} (b) według eksploatowanych pokładów w poszczególnych kopalniach (niecka główna)

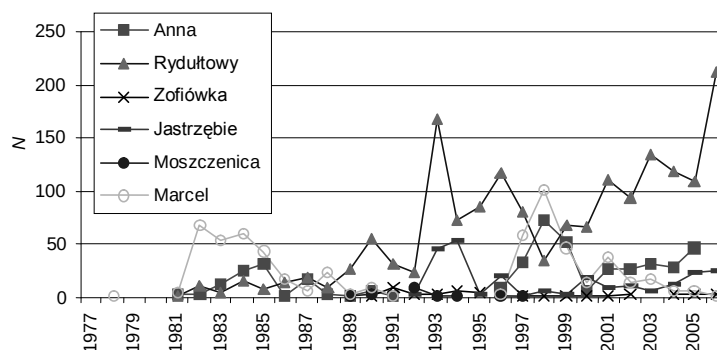
Fig. 13b. Specification of summary energy E_{sum} (a) and average energy E_{sr} (b) according to mineral seams in individual mines (main syncline)

1.5. Niecka jejkowicka i sfałdowania Jastrzębia

Niecka jejkowicka i sfałdowania Jastrzębia znajdują się w silnie zdyslokowanej południowo-zachodniej części GZW. Zachodnią część rejonu tworzą dwie wąskie synkliny: jejkowicka i chwałowicka o rozciągłości NNW-SSE, a południowo-wschodnią część stanowią sfałdowania Jastrzębia. Struktury te są pocięte licznymi uskokami o dominujących kierunkach W-E i N-S.

W niecce jejkowickiej aktywność sejsmiczna w latach 1977–2006 była związana z eksploatacją prowadzoną w kopalniach „Anna”, „Marcel”, „Rymer”, „1-Maja” i „Ry-

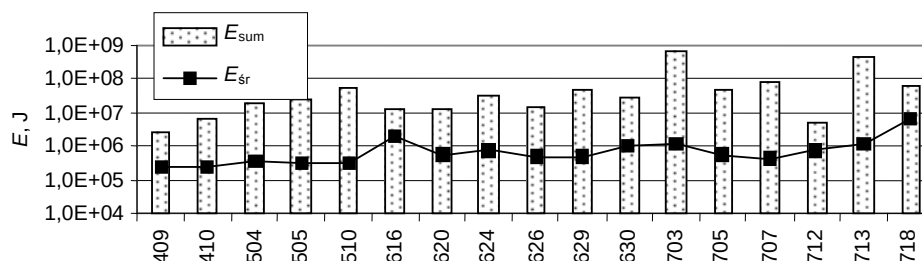
dułtowy” w pokładach warstw porębskich zalegających do głębokości 950 m i warstw jakłowieckich położonych poniżej 1000 m. Pod względem wykształcenia litologicznego skały towarzyszące pokładom węgla w tym obszarze są zaliczane do iłowców, mułowców oraz piaskowców. Aktywność sejsmiczna kopalń „Jas-Mos”, „Pniówek” i „Zofiówka” prowadzących eksploatację w obszarze sfałdowań Jastrzębia występowała podczas eksploatacji pokładów warstw rudzkich i siodłowych. Jest to rejon o średnim poziomie aktywności sejsmicznej, która nasiliła się głównie w kopalni „Rydułtowy” od 1992 roku (rys. 14). W latach 1981–2006 wystąpiło ponad 2800 wstrząsów o energii sumarycznej $2,4 \cdot 10^9$ J.



Rys. 14. Rozkład liczby wstrząsów N o energii $E \geq 1 \cdot 10^5$ J w okresie 1981–2006 w niecce jejkowickiej i w rejonie sfałdowań Jastrzębia

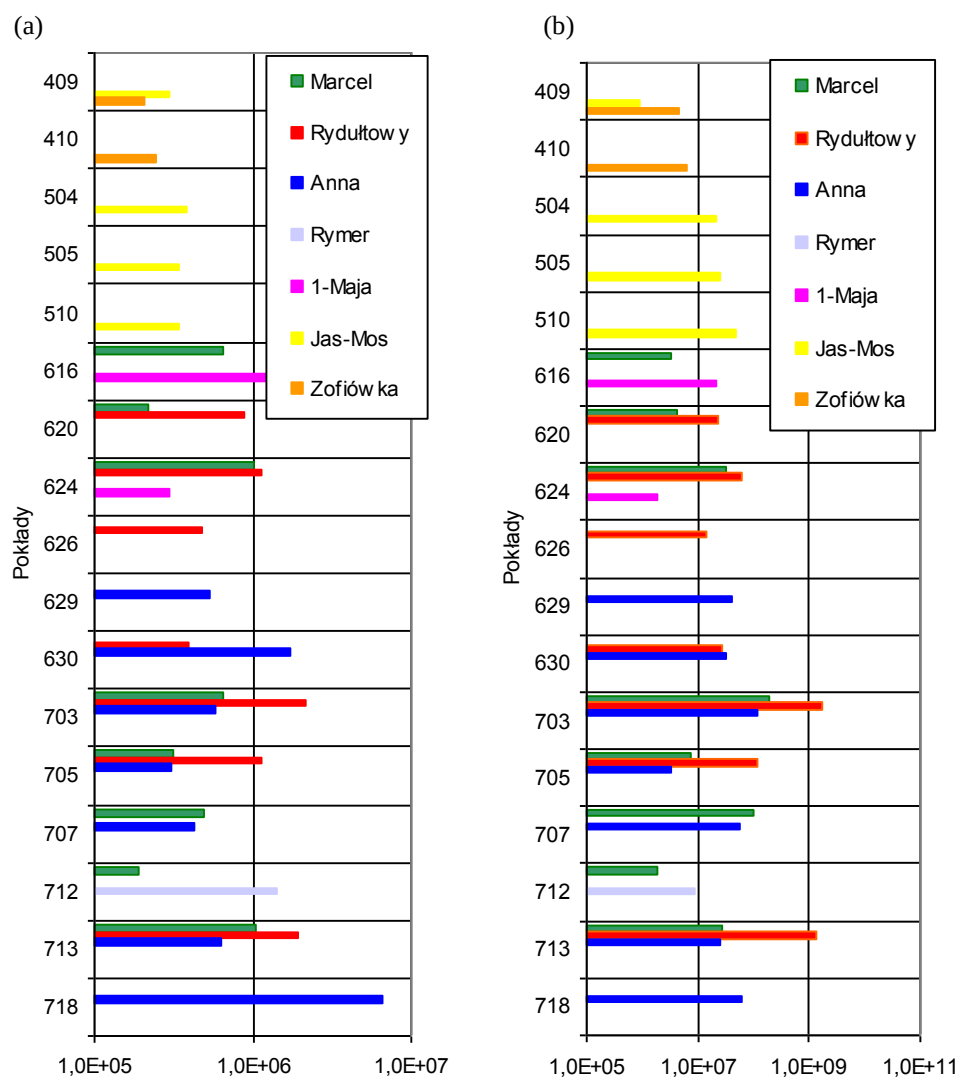
Fig. 14. Distribution of the number of tremors N with energy $E \geq 1 \cdot 10^5$ J in the period 1981–2006 in the Jejkowice syncline and Jastrzębie folding region

Najaktywniejszymi pod względem sejsmicznym pokładami były pokłady 703 i 713 (rys. 15a). Energia średnia wyemitowana podczas eksploatacji tych pokładów wynosiła odpowiednio $2,1 \cdot 10^9$ i $1,4 \cdot 10^9$ J. Największa energia średnia wynosząca $6,6 \cdot 10^6$ J występowała podczas eksploatacji pokładu 718 (rys. 15b).



Rys. 15a. Zestawienie wartości uśrednionych energii sumarycznej E_{sum} , energii średniej E_{sr} według eksploatowanych pokładów (niecka jejkowicka i sfałdowania Jastrzębia)

Fig. 15a. Specification of averaged values of summary energy E_{sum} and average energy E_{sr} according to mined seams (Jejkowice syncline and Jastrzębie foldings)



Rys. 15b. Zestawienie energii sumarycznej E_{sum} (a) i energii średniej E_{sr} (b) w kopalniach, według eksploatowanych pokładów (niecka jejkowicka i sfałdowania Jastrzębia)

Fig. 15b. Specification of summary energy E_{sum} and average energy E_{sr} in mines according to mined seams (Jejkowice syncline and Jastrzębie foldings)

PODSUMOWANIE

Poziom aktywności sejsmicznej w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym w analizowanych latach 1997–2006 charakteryzował się zróżnicowaniem w czasie i regionalnym. Zależał zarówno od intensywności eksploatacji, jak i od zmienności budowy litologicznej i tektonicznej. W okresie intensywnej eksploatacji w latach 70. i 80.

ubiegłego stulecia, kiedy osiągnięto maksymalną wielkość wydobycia był największy. Od końca lat 80., gdy rozpoczęto proces restrukturyzacji przemysłu węglowego wystąpiło bardzo wyraźne zmniejszenie liczby wysokoenergetycznych wstrząsów związanych z nimi. Proces ten trwał do 1999 roku. Od 2000 roku w kopalniach, w których zaprzestano wydobycia aktywność sejsmiczna nie występowała, natomiast w pozostałych nasilała się w miarę pogorszenia się warunków eksploatacji (zwiększanie głębokości eksploatacji, eksploatacja w strefach uskokowych, filarach ochronnych, resztkach).

Najaktywniejszym sejsmicznie (największa liczba wstrząsów wysokoenergetycznych, największa ich energia sumaryczna i energia średnia) był rejon uskoku kłodnickiego w siodle głównym. Aktywność sejsmiczna tego rejonu była związana głównie z eksploatacją prowadzoną w warstwach siodłowych i rudzkich. Największa energia sumaryczna i energia średnia wstrząsów oraz wstrząsy o największych energiach rzędu 10^8 i 10^9 J występowały podczas eksploatacji pokładów 502, 510 i 418.

Drugim rejonem była niecka bytomska do momentu prowadzenia tam wzmożonej eksploatacji górniczej, czyli do 2000 roku. Wstrząsogenne pokłady to 507, 509, 510 w warstwach siodłowych i pokład 620 warstw porębskich. Najsilniejsze wstrząsy o energii rzędu 10^8 J występowały w osi niecki bytomskiej.

W niecce głównej aktywność sejsmiczna była związana z eksploatacją pokładów warstw łaziskich, w których najaktywniejszymi sejsmicznie były pokłady 207 i 209. Najsilniejszy wstrząs o energii $2 \cdot 10^9$ J wystąpił w czasie eksploatacji w pokładzie 207.

W niecce jejkowickiej eksploatacja w pokładach warstw jejkowieckich, głównie pokładu 703 i 713 spowodowała powstanie największej liczby wstrząsów.

Literatura

1. Budryk W. (1955): *Skutki wstrząsów w kopalniach górnośląskich*. Arch. Górn. i Hutn. nr 2, s. 227–290.
2. Buła Z., Kotas A. (1994): *Atlas geologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Część III: *Mapy geologiczno-strukturalne*.
3. Drzęzła B., Mendecki A. Marcela E. (1984): *Wpływ warunków górniczych na kształtowanie się aktywności sejsmicznej na przykładzie KWK Miechowice*. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. M-6 (176), s. 377–383.
4. Dubiel R. (1996): *The mechanisms of Mining Tremors from Śląsk Coal Mine Area*. Acta Montana no. 9, A (100), s. 27–34.
5. Dubiński J., Stec K. (1995): *Określenie zagrożenia sejsmicznego w oparciu o mechanizmy ognisk wstrząsów górniczych*. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. 1995 M-19 (281), s. 57–71.
6. Dubiński J., Stec K. (2000): *Modalność sejsmiczności górniczej w świetle badań mechanizmu ognisk wstrząsów*. Kraków, AGH, s. 331–334.
7. Dubiński J., Stec K. (2001): *Relationship between focal mechanism parameters of mine tremors and local strata tectonics*. [W]: *Dynamic rock mass response to mining*. Ed. G. Van Aswegen, R.J. Durrheim, W.D. Ortlepp. Johannesburg, The South African Institute of Mining and Metallurgy, s. 113–118.
8. Gibowicz S.J., Domański B., Wiejacz P. (1996): *The focal mechanism and source parameters of seismic events induced by mining*. Acta Montana no. 10 (102), s. 1–18.

9. Idziak A.F., Teper L., Zuberek W.M. (1999): *Sejsmiczność a tektonika Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Katowice, Wydaw. Uniw. Śląskiego.
10. Janczewski E. (1955): *Trzęsienia ziemi na Górnym Śląsku*. Arch. Górn. i Hutn. nr 2, 205–225.
11. Kijko A. (1986): *Bimodalny charakter ekstremalnych rozkładów zjawisk sejsmicznych w kopalniach*. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. M-8 (191), s. 91–101.
12. Mutke G., Stec K. (1997): *Seismicity in the Upper Silesian Coal Basin, Poland: Strong regional seismic events*. [W:] *Rockbursts and Seismicity in the Mines*. Ed. S.J. Gibowicz, S. Lasocki. Rotterdam/Brookfield, Balkema, s. 213–219.
13. Paszta E., Udziela B., Wierchowska Z. (1950–1970): *Najsilniejsze wstrząsy górotworu na Górnym Śląsku*. Katowice, Główny Instytut Górnictwa no. 1–14.
14. Pilecka E. (red). (2006): *Związek lineamentów z sejsmicznością indukowaną na terenach górniczych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Kraków, IGSMiE PAN.
15. Stec K. (2005): *Charakterystyka mechanizmu ognisk wstrząsów górniczych z obszaru GZW*. Wiadomości Górnicze nr 4, s. 168–174.
16. Stec K. (1999): *Analiza mechanizmów ognisk wstrząsów górniczych występujących w GZW*. [W:] *Geomechaniczne i sejsmologiczne modele ognisk wstrząsów górniczych*. Kraków, Akademia Górniczo-Hutnicza, s. 53–73.
17. Stec K., Drzewiecki J. (2000): *Relationship between mine tremor focal mechanism and local mining and geological conditions*. Acta Montana, no. 16 (118), s. 189–202.
18. Teisseyre R. (1972): *Badania sejsmologiczne w rejonach eksploatacji górniczej*. Mat. Symp. „Problemy geodynamiki i tąpnięć” nr 1. Kraków, PAN, s. 56–74.
19. Wiejacz P. (1995): *Moment tensor for seismic events from Upper Silesian coal mines, Poland*. [W:] *Mechanism of Jointed and Faulted Rocks* Ed. H.P. Rossmanith. Rotterdam/Brookfield, Balkema, s. 667–672.
20. Wiejacz P., Ługowski A. (1997): *Effects of geological and mining structures upon mechanism of seismic events at Wujek coal mine, Katowice, Poland*. [W:] *Rockbursts and Seismicity in Mines*, Ed. S.J. Gibowicz, S. Lasocki. Rotterdam/Brookfield, Balkema, s. 27–30.
21. Wierchowska Z. (1961): *Przyczyny wstrząsów na Górnym Śląsku*. Główny Instytut Górnictwa Komunikat nr 268.
22. Wierchowska Z. (1962): *Nowe poglądy na pochodzenie wstrząsów ziemi na Górnym Śląsku*. Przegląd Górniczy nr 7–8, s. 418–422.
23. Wierchowska Z. (1968): *Zagraniczne metody sejsmiczne do badania tąpnięć*. Przegląd Górniczy nr 9, s. 458–463.
24. Wierchowska Z. (1981): *Regionalna Sieć Mikrosejsmologiczna na Górnym Śląsku*. Przegląd Górniczy nr 5, s. 222–228.
25. Zuberek W.M., Teper L., Idziak A.F., Sagan G. (1997): *Seismicity and tectonics in the Upper Silesian Coal Basin, Poland*. Proc. XIII Int. Congress of Carboniferous – Permian. Prace Państw. Inst. Geol. nr 157, s. 199–207.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Dubiński

Małgorzata Wysocka

RADON W JASKINIACH JURY KRAKOWSKO-CZĘSTOCHOWSKIEJ

Streszczenie

Radon (^{222}Rn) należy do uranowego szeregu promieniotwórczego. Jako gaz szlachetny jest mało toksyczny, szkodliwe są natomiast produkty jego rozpadu. Źródłem radonu w naszym otoczeniu są głównie skały budujące podłoże, rzadziej materiały budowlane, woda wodociągowa i gaz ziemny. Narażenie radiacyjne, powodowane przez radon, jest związane przede wszystkim z zamkniętymi przestrzeniami o słabej wentylacji, jakimi są: wyrobiska podziemnych zakładów górniczych, jaskinie, tunele, a także domy mieszkalne.

Od kilkunastu lat w świecie prowadzone są badania naturalnej promieniotwórczości w jaskiniach. W Polsce szczególna uwaga specjalistów dotyczy obszaru Sudetów, charakteryzującego się podwyższonym naturalnym tłem promieniowania gamma i występowaniem naturalnych wód o podwyższonej zawartości radonu. Zagadnienia związane z występowaniem promieniotwórczości naturalnej Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej oraz ryzykiem radonowym w jaskiniach tego obszaru, nie są dotychczas dostatecznie rozpoznane. W artykule przedstawiono wyniki pomiarów stężenia radonu w 11 jaskiniach. Badaniami objęto zarówno jaskinie łatwo dostępne, jak i te, do których wejście wymagało przygotowania speleologicznego. Wyniki badań wykazały, że stężenia radonu w jaskiniach jurajskich są znacznie mniejsze od rekordowych wartości podawanych w doniesieniach literaturowych. W kilku jaskiniach stężenia radonu przekraczały 1000 Bq/m^3 . Oszacowano dawki, na jakie są narażeni turyści oraz speleolodzy i przewodnicy w jaskiniach turystycznych. Stwierdzono, że dawki, wynikające z ekspozycji na radon i produkty jego rozpadu, otrzymują osoby przebywające przez kilkaset godzin rocznie w jaskiniach. Mogą one być większe od tych, na jakie są narażeni górnicy kopalń węgla kamiennego. W celu wyliczenia rzeczywistych dawek należy zaopatrzyć przewodników w dawkomierze indywidualne.

Radon in caves of the Kraków-Częstochowa Upland

Abstract

Radon (^{222}Rn) is naturally occurring noble gas, the member of uranium series. The main source of radon is bedrock, sometimes building materials, drinking water and gas. The potential risk that stems from radon and its progeny in underground mines and dwellings is well documented. In caves in different countries radon concentrations have been identified as elevated. In Poland radon measurements have been performed in the region of Sudety Mountains where the elevated background of natural radiation occurs.

In the paper results of measurements of radon concentrations in 11 caves of the Kraków-Częstochowa Upland are presented. Radon concentrations in these caves are not high by world standards. However the annual doses calculated to long-term users of caves and tourists guides are in some caves higher than 13 mSv. It means that doses to cave users might be higher than to miners of underground coal mines. For detailed calculations of doses from radon and its progeny to tourists guides the data from personal dose-meters are necessary.

WPROWADZENIE

Wśród około 50 naturalnych izotopów promieniotwórczych występujących w naturze znajdują się również izotopy w postaci gazowej, czyli izotopy radonu. Radon, jako gaz szlachetny, jest mało toksyczny, szkodliwe są natomiast produkty jego rozpadu. O ujemnym wpływie dużych stężeń radonu i produktów jego rozpadu pisano już w XVI wieku. Górnicy kopalń rud metali na Rudawach zapadali na chorobę niewystępującą nigdzie indziej. Dzisiaj wiadomo, że bezpośrednią przyczyną zachorowań i zgonów średniowiecznych górników były krótkożyciowe produkty rozpadu radonu, a tajemnicza choroba to nowotwór płuca i górnych dróg oddechowych. Źródłem radonu w naszym otoczeniu są głównie skały budujące podłoże, rzadziej materiały budowlane, woda wodociągowa i gaz ziemny. Narażenie radiacyjne, powodowane przez radon jest związane przede wszystkim z zamkniętymi przestrzeniami o słabej wentylacji, jakimi są: wyrobiska podziemnych zakładów górniczych, jaskinie, tunele, a także domy mieszkalne.

Problem występowania narażenia radiacyjnego w kopalniach uranu interesuje uczonych już od ponad pięćdziesięciu lat (Tsivoglou 1953; Evans 1969). Od pół wieku była prowadzona również kontrola narażenia radiacyjnego górników kopalń uranowych, a od ponad dwudziestu, w kopalniach węgla kamiennego (Lebecka 1985; Wysocka 2005). Istnieje wiele publikacji poświęconych promieniotwórczości naturalnej w jaskiniach (Solomon 1996; Szerbin 1996; Lario 2005; Gillmore 2005). W Polsce szczególna uwaga specjalistów jest skupiona na obszarze Sudetów, charakteryzującym się podwyższonym naturalnym tłem promieniowania gamma i występowaniem naturalnych wód radonośnych (Przylibski 1999). Zagadnienia związane z występowaniem promieniotwórczości naturalnej Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej oraz ryzykiem radonowym w jaskiniach tego obszaru, nie zostały dotychczas dostatecznie rozpoznane.

W związku z powyższym było celowe oszacowanie dawek powodowanych ekspozycją na radon, na jakie mogą być narażeni turyści i przewodnicy w jaskiniach Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Dawki oszacowano na podstawie wyników pomiarów stężenia radonu w wybranych jaskiniach. Wyniki porównano z dawkami skutecznymi, na jakie narażeni są górnicy górnośląskich kopalń węgla kamiennego.

1. CHARAKTERYSTYKA MIEJSCA BADAŃ

W okresie od czerwca do listopada 2003 roku prowadzono badania stężenia radonu w jaskiniach Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Do pomiarów wytypowano 11 jaskiń popularnych zarówno wśród bardziej, jak i mniej doświadczonych turystów (tabl. 1). Pięć spośród badanych jaskiń jest łatwo dostępna. Wejście do pozostałych sześciu wymagało doświadczenia speleologicznego i zastosowania specjalistycznego sprzętu do ich eksploracji. Jedna z jaskiń – Nietoperzowa – ma charakter turystyczny i jest zwiedzana z przewodnikiem.

Utwory dominujące w budowie geologicznej obszaru Wyżyny Śląsko-Krakowskiej, to skały mezozoiku spoczywające na sfałdowanych skałach paleozoiku.

Mezozoik jest reprezentowany przez utwory jurajskie. Najstarsze utwory tworzące wychodnie na powierzchni to osady górnej jury, reprezentowane przez wapienie ławicowe gąbkowo-tuberolitowe oksfordu środkowego. Znaczne nagromadzenia gąbek i tuberolitów nadają jasnokremowym, ziarnistym wapieniom plamisty wygląd. Charakterystyczne dla Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej ostańce skalne są zbudowane z odpornych na wietrzenie wapieni skalistych oksfordu środkowego i górnego. Są to utwory nieławicowe, zwarte, masywne i twarde. Miejscami bywają porowate, a nawet kawerniste. Zawierają pozostałości gąbek, skupienia ramienionogów szkarłupni, liliowców i amonitów. Powyżej wapieni skalistych leżą wapienie pylaste i płytowe oksfordu górnego, miększe i porowate, a więc mniej odporne na procesy wietrzenia. Tworzą wzgórza o charakterystycznych płaskich wierzchołkach (Szalerewicz 1986). Wybrane obszary występowania wapieni górnej jury z malowniczymi ostańcami i zjawiskami krasowymi zostały wpisane na listę polskich geostanowisk w ramach europejskiego projektu ochrony dziedzictwa geologicznego (Alexandrowicz 2003).

Tablica 1. Wyniki pomiarów radonu w wybranych jaskiniach jurajskich

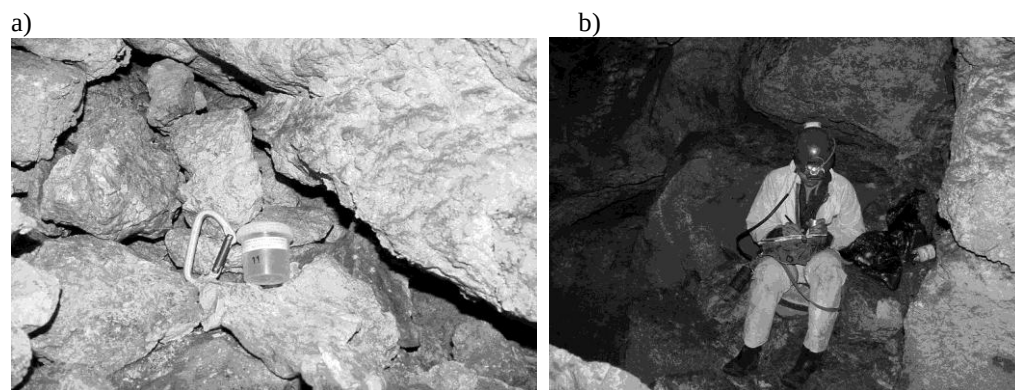
Jaskinia	Dostępność jaskini	Pomiar chwilowy stężenia radonu			Pomiar długoterminowy stężenia radonu		
		wartość średnia Bq/m ³	zakres Bq/m ³	liczba pomiarów	wartość średnia Bq/m ³	zakres Bq/m ³	liczba pomiarów
Głęboka	łatwo dostępna	516	90–1470	5	427	40–920	4
Żabia	trudno dostępna	120	140–200	4	55	10–80	3
Mąciwody	trudno dostępna	1935	10–5865	3	1430	1190–620	3
W Strazykowej Górze	łatwo dostępna	7312	2250–10145	3	2310	2010–410	3
Sucha	trudno dostępna	788	20–1620	4	–		
Piętrowa Szczelina	trudno dostępna	202	30–660	7	333	140–00	3
Pod Sokolą Górą	łatwo dostępna	380	350–410	2	280		1
Koralowa	trudno dostępna	755	670–1240	2	1310	120–290	3
W Zielonej Górze	łatwo dostępna	–	–		1125	120–300	7
Raławicka	trudno dostępna	388	310–465	2	895	280–930	4
Nietoperzowa	łatwo dostępna – turystyczna, zwiedzanie z przewodnikiem	1380	350–2420	2	587	100–070	7

Badane jaskinie są fragmentem wielkich systemów próżni i kanałów podziemnych, kształtowanych przez ponad 60 milionów lat, które odegrały podstawową rolę w cyrkulacji wód podziemnych. Większość jaskiń Wyżyny to obiekty niezbyt duże, rozwinięte przede wszystkim horyzontalnie. Główne kierunki korytarzy pokrywają się z dominującymi kierunkami spękań masywu jurajskiego. Morfologię jaskiń kształtowała meandrująca woda, będąca głównym czynnikiem procesów krasowych. Badane obiekty reprezentują różne etapy rozwoju jaskiń, od szczelin i rurowych korytarzy (Koralowa), poprzez meandry charakterystyczne dla warunków cyrkulacji grawitacyjnej (jaskinia w Strazykowej Górze), aż po wypełnione osadami zawaliska (Raławicka, Piętrowa Szczelina). Większość jaskiń znajduje się powyżej zwierciadła wód podziemnych. Wyjątek stanowi Jaskinia Mąciwody będąca w strefie freatycznej (stałego zatopienia), nad systemem źródeł (Tyc 1994).

2. ZASTOSOWANE METODY POMIAROWE

Zastosowano dwie metody pomiaru stężenia radonu: chwilową i długoterminową.

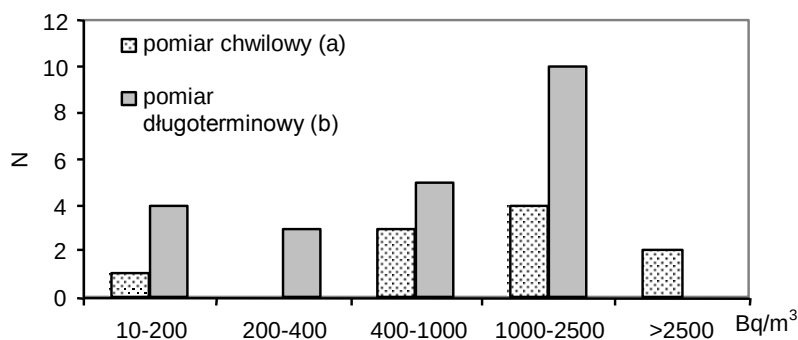
Chwilowe pomiary stężenia radonu w powietrzu wykonano za pomocą komór Lucasa. Komory Lucasa to metalowe cylindry pokryte od wewnątrz scyntylatorem ZnS(Ag) i zamknięte z jednej strony płytką pleksiglasową umożliwiającą kontakt optyczny z fotopowielaczem. Działanie komór polega na tym, że cząstki alfa, emitowane przez radon i jego pochodne uderzają w scyntylator, w wyniku czego są emitowane kwanty świetlne. Ich emisja jest rejestrowana przez układ elektroniczny sprzężony z fotopowielaczem zamieniającym kwanty światła na impulsy elektryczne. Pomiar polega na przepompowaniu przez komory określonej objętości powietrza za pomocą pompki ręcznej (fot. 1). Po około 3 godzinach, kiedy ustala się równowaga promieniotwórcza między radonem a jego pochodnymi wykonuje się odczyt liczby impulsów. Stężenie radonu określa się, porównując uzyskany wynik z wynikiem pomiarów kalibracyjnych wykonanych w komorze radonowej.



Fot. 1. Detektory stosowane do pomiarów stężeń radonu w jaskiniach: a – detektor śladowy – pomiar długoterminowy; b – komora Lucasa – pomiar chwilowy

Phot. 1. Radon detectors used for measurements in caves: a – track detector – long-term measurements; b – Lucas cell – grab sampling

Pomiary długoterminowe wykonano natomiast przy zastosowaniu detektorów śladowych. Zastosowany do badań detektor składa się z komory dyfuzyjnej, którą stanowi kubek plastikowy o pojemności 150 cm³ z umieszczonym w niej detektorem śladowym (rys. 1). Jako detektory śladowe są używane folie typu LR-115/2 produkcji firmy Kodak, o zakresie detekcji cząstek alfa od około 2 do około 4 MeV (Abu-Jarad 1991; Bonetti 1991). Detektory ekspozowano przez 2 miesiące (czerwiec/lipiec) w warunkach laboratoryjnych, następnie odczytywano liczby śladów pozostawionych przez cząstki alfa emitowane w czasie rozpadu radonu i obliczano jego stężenie. Metoda detektorów śladowych jest metodą całkującą. W wyniku pomiarów długoterminowych uzyskuje się średnią wartość stężenia radonu dla okresu, w którym detektor był ekspozowany.



Rys. 1. Rozkład zmierzonych stężeń radonu: N – liczba jaskiń; a – pomiar chwilowy, b – pomiar długoterminowy

Fig. 1. Radon concentrations, N – grab samplings, b – long-term measurements

Pomiary wykonywano w najciekawszych miejscach jaskiń, w których z pewnością zatrzymują się osoby je odwiedzające. W przypadku Jaskini Nietoperzowej były to miejsca postojów przewodników z wycieczkami.

3. WYNIKI POMIARÓW

Wykonano 38 chwilowych pomiarów stężenia radonu za pomocą komór Lucasa, oraz 41 pomiarów długoterminowych z zastosowaniem detektorów śladowych. W większości przypadków detektory śladowe umieszczano w tych samych miejscach, w których wykonywano pomiary krótkoterminowe. Po 2-miesięcznej ekspozycji nie odzyskano czterech detektorów śladowych. W tabelicy 1 zamieszczono spis badanych jaskiń, zakresy i wartości średnich stężeń radonu zmierzone komorami Lucasa i detektorami śladowymi oraz liczbę wykonanych pomiarów.

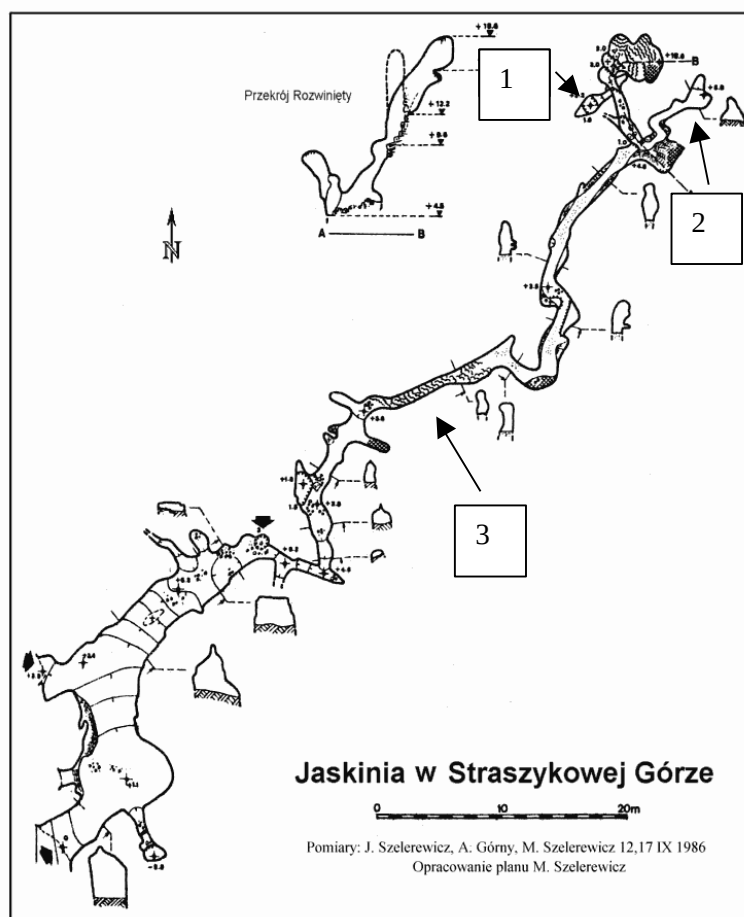
Pomiary chwilowe wykazały, że najwięcej (12) mierzonych wartości mieściło się w zakresie małych stężeń, nieprzekraczających 200 Bq/m^3 . Równocześnie aż w pięciu przypadkach stwierdzono duże stężenia, przekraczające 2500 Bq/m^3 . Największa zmierzona w czasie badań wartość wynosiła 10145 Bq/m^3 .

Największa liczba (16) wyników pomiarów długoterminowych mieściła się w zakresie od 1000 do 2500 Bq/m^3 . Największe stężenie określone metodą detektorów śladowych wynosiło 2410 Bq/m^3 . W 13 przypadkach stężenie radonu nie przekraczało 200 Bq/m^3 . Różnice między rozkładami stężeń zmierzonych metodą chwilową i długoterminową-całkującą wskazały na znaczne wahania koncentracji radonu w poszczególnych jaskiniach.

Na podstawie zarówno pomiarów chwilowych, jak i długoterminowych stwierdzono, że w większości jaskiń stężenie radonu przekracza wartość 1000 Bq/m^3 (rys. 1). Tylko w jednej jaskini – Jaskini Żabiej – stężenie radonu w czasie badań było stabilne i nie przekraczało 200 Bq/m^3 .

Największe stężenia radonu stwierdzono w Jaskini w Straszycowej Górze. Jest to typowa pozioma jaskinia krasowa. Długość jaskini wynosi 150 m , głębokość 21 m , a otwór wejściowy jest usytuowany na wysokości 445 m . Skruszone i popękane fragmenty wapieni są scalone spoiwem kalcytowym. Na rysunku 2 przedstawiono szkic

Jaskini w Straszycowej Górze (<http://www.panda.bg.univ.gda.pl>) z zaznaczonymi miejscami, w których wykonywano pomiary. Pozostałe dwie jaskinie, w których stężenia radonu były również duże – Jaskinia Koralowa i Nietoperzowa to również jaskinie krasowe, o niewielkim zaangażowaniu tektonicznym. Obie jaskinie mają długość około 350 m, głębokość około 30 m, a wysokość otworów wejściowych to 440 i 380 m. Wszystkie trzy jaskinie są suche, w żadnym z korytarzy nie obserwuje się stagnującej wody.



Rys. 2. Szkic Jaskini w Straszycowej Górze z zaznaczonymi miejscami rozmieszczenia detektorów śladowych oraz pomiarów chwilowych

Fig. 2. Sketch plan of Cave in Straszycowa Mountain indicating location of detectors and grab sampling

Jaskinie, w których zmierzono najmniejsze stężenia radonu to Jaskinia Żabia i Piętrowa Szczelina. Jaskinia Żabia ma charakter krasowy, bez cech zaangażowania tektonicznego. W porównaniu z pozostałymi badanymi jaskiniami jest stosunkowo płytka, bo jej głębokość nie przekracza 20 m i krótka, jej długość wynosi niecałe 60 m. Jaskinia Piętrowa Szczelina powstała w szczelinie uskokowej i występują tu za-

również liczne spękania, obrywy, zawaliska, jak i cechy jaskini krasowej. Długość jaskini wynosi 400 m, głębokość 45 m, otwór wejściowy, jest usytuowany na wysokości 400 m. Wspólną cechą obu jaskiń, w których stężenia radonu były najmniejsze i względnie stabilne, jest obecność wody na dnie niektórych korytarzy. Oznacza to, że w przypadku badanych jaskiń woda nie jest źródłem radonu. Zawodnienie korytarzy jest czynnikiem ograniczającym migrację i emanację radonu z części skał, w których są wyżłobione jaskinie.

Na kształtowanie się rozkładu stężeń radonu wpływa wiele czynników, takich jak prędkość przepływu powietrza w różnych partiach jaskiń, wentylacja, ograniczenia ruchu powietrza w odciętych salach i komorach itp. Badacze podkreślają, że na poziom radonu w jaskiniach mogą mieć również wpływ między innymi porowatość, przepuszczalność i mineralizacja skał budujących poszczególne partie jaskiń, zawartość uranu, charakter materiału wypełniającego dno, tektonika, spękania towarzyszące uskokom, warunki hydrogeologiczne i wiele innych (Smith, Drew 1997; Ball 1991; Gilommore 2000).

W rozległych jaskiniach jurajskich, zbudowanych z wielu korytarzy i komór meandrujących w skałach wapiennych mierzono zarówno duże, jak i małe stężenia radonu. Szczególnie intensywne wahania stężeń radonu obrazują wyniki pomiarów chwilowych wykonywanych na przykład w:

- Jaskini Głębokiej: od 50 do 1470 Bq/m³,
- Jaskini w Strazykowej Górze: od 620 do 10145 Bq/m³,
- Jaskini Nietoperzowej: od 50 do 2420 Bq/m³.

Należy przypuszczać, że głównym czynnikiem kształtującym poziom stężenia radonu jest intensywność wietrzenia poszczególnych komór jaskiń.

4. NARAŻENIE RADIACYJNE W JASKINIACH JURAJSKICH

W kilku spośród badanych jaskiń stężenie radonu znacznie przekraczało wartości mierzone nie tylko w budynkach mieszkalnych (Wysocka 2002), ale i w wyrobiskach większości podziemnych zakładów górniczych (Wysocka 2007). W celu określenia narażenia radiacyjnego osób przebywających w jaskiniach obliczono dawki, na jakie mogą być narażeni. Przed przystąpieniem do obliczeń konieczne było oszacowanie czasu spędzanego pod ziemią przez turystów i przewodników. Przyjęto czasy przebywania w jaskiniach zaproponowane przez Frienda, Gilmoora i Sperrina (Friend 1996; Gilommore 2000; Sperrin 2000). Założyli oni, że osoby wchodzące do jaskiń turystycznie, spędzają jednorazowo pod ziemią około 4 godziny 6 razy w roku. Daje to 24 godzin na rok. Druga grupa, to osoby bardziej systematycznie, sportowo odwiedzające jaskinie. Przyjęto, że mogą one spędzać w jaskiniach do 120 godzin rocznie, wchodząc pod ziemię około 30 razy. Ostatnia grupa, to przewodnicy oraz osoby profesjonalnie zajmujące się speleologią i prowadzący badania naukowe. Tę grupę podzielono na dwie podgrupy. Spędzający w jaskiniach 600 godzin na rok przebywają pod ziemią 4 godziny przez 150 dni. Grupa najintensywniej zaangażowana spędza pod ziemią 800 godzin na rok, czyli przez 200 dni przebywa w jaskini po 4 godziny.

Dawki, jakie mogą otrzymać przedstawiciele poszczególnych grup obliczono wykorzystując sposób zaproponowany przez Denmana i Parkinsona (1996):

$$\text{dawka (mSv)} = (\text{stężenie radonu, Bq m}^{-3}) \cdot (\text{czas przebywania, godz.}) / 126\,000.$$

Taki sposób obliczania dawki był stosowany w czasie badań prowadzonych w jaskiniach i opuszczonych kopalniach (Gilmoore 2000, 2001, 2002; Sperrin 2000). W przyjętej metodzie obliczeń założono, że współczynnik równowagi między radonem i produktami rozpadu (F) wynosi 0,5. Według Lario (2005), w rzeczywistości współczynnik równowagi w różnych typach jaskiń może wahać się od 0,5 do 1,0. Dla badanych jaskiń nie były obliczane współczynniki równowagi, przyjęto więc założenie Denmana i Parkinsona.

Do obliczeń brano pod uwagę wyniki pomiarów długoterminowych wykonanych z zastosowaniem metody całkującej.

Wyliczone według powyższego wzoru dawki wahały się od 0,002 do 15,3 mSv na rok. W tablicy 2 przedstawiono rozkład dawek, na jakie są narażone osoby wchodzące do jaskiń, w zależności od czasu, jaki spędzają pod ziemią.

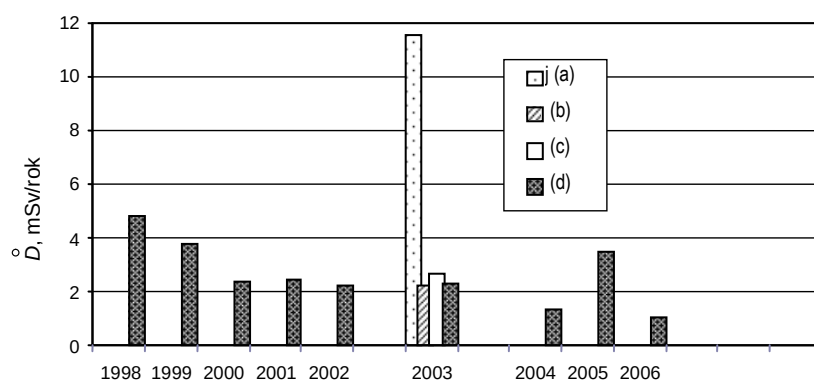
Tablica 2. Dawki, na jakie mogą być narażone osoby zwiedzające jaskinie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, w zależności od czasu przebywania

Klasyfikacja osób wg częstotliwości wchodzenia do jaskiń	Czas przebywania w jaskini, godz.	Dawka obliczona na podstawie pomiaru długoterminowego (zakres), mSv/rok
Sporadycznie	24	0,002–0,46
Systematycznie – sportowo	120	0,010–2,3
Zawodowo I grupa (np. przewodnicy turystyczni)	600	0,02–11,5
Zawodowo II grupa (hipotetycznie)	800	0,06–15,3

Według danych literaturowych, na przykład w Wielkiej Brytanii (Gilmoore 2000) turyści sporadycznie wchodzący do jaskiń mogą otrzymać dawkę 4 mSv, a osoby zatrudnione w jaskiniach turystycznych – 120 mSv na rok. Należy podkreślić, że w przypadku zawodowych przewodników Gilmoore założył, że przebywają pod ziemią około 1200 godzin rocznie. Przewodnicy oprowadzający zwiedzających w Jaskini Nietoperzowej (jedynej badanej turystycznej jaskini jurajskiej) zadeklarowali, że spędzają pod ziemią nie więcej niż 600 godzin rocznie. Dawka, jaką mogą otrzymać obliczona przy założeniu, że przez cały czas przebywania w jaskini są narażeni na oddziaływanie największych zmierzonych stężeń radonu, wynosi 9,85 mSv/rok. Jest to założenie pesymistyczne, stanowiące najmniej korzystny dla ludzi wariant. W jaskini mierzono bowiem zarówno duże (2070 Bq/m^3), jak i małe (200 Bq/m^3) stężenia radonu. Przewodnicy i turyści, zwiedzając jaskinię przemieszczają się z miejsc o dużych stężeniach radonu do miejsc, w których stężenie tego gazu jest porównywalne z wartościami mierzonymi w budynkach mieszkalnych. Przyjmując do szacunków średnią wartość stężenia radonu obliczoną dla tej jaskini, to jest 587 Bq/m^3 , otrzymuje się dawkę 2,79 mSv/rok. Oznacza to, że wartości rocznych dawek skutecznych, na jakie narażeni mogą być przewodnicy Jaskini Nietoperzowej nie przekraczają wartości dawki granicznej dla pracowników, czyli 20 mSv w ciągu roku kalendarzowego. Pracownikami w rozumieniu regulacji prawnych są osoby, których działalność zawodowa jest związana z występowaniem wzmożonego promieniowania naturalnego (Ustawa 2000). Należy mieć na uwadze, że pomiary długoterminowe obejmowały okresy nie dłuższe, niż 2 miesiące.

Zgodnie z doniesieniami literaturowymi w jaskiniach są obserwowane istotne sezonowe wahania stężeń radonu (Przylibski 1999; Duenas 1999). Również zmiany warunków atmosferycznych takich, jak ciśnienie atmosferyczne, temperatura i opady, mogą wpływać na poziom radonu w jaskiniach (Garavaglia 1998). Tak więc rzeczywiste dawki, na jakie są narażeni zarówno przewodnicy, jak i turyści, mogą istotnie różnić się od oszacowanych na podstawie wyników pomiarów dwumiesięcznych.

W kopalniach węgla kamiennego na Górnym Śląsku są prowadzone systematyczne kontrole poziomu zagrożenia radiacyjnego, spowodowanego obecnością naturalnych izotopów promieniotwórczych w wyrobiskach podziemnych. Celem tych kontroli jest dokonanie kompleksowej analizy narażenia radiacyjnego górników. Na podstawie pomiarów szacuje się wartości dawek skutecznych, na jakie narażeni są górnicy w wyniku ekspozycji na poszczególne czynniki narażenia radiacyjnego, między innymi radon i jego pochodne. Na rysunku 3 porównano dawki skuteczne, jakie otrzymują górnicy w wyniku oddziaływania radonu i produktów jego rozpadu, z dawkami, na jakie mogą być narażeni przewodnicy oraz speleolodzy eksplorujący badane jaskinie. Przewodnicy Jaskini Nietoperzowej narażeni są na dawki porównywalne z tymi, jakie otrzymują górnicy kopalń górnośląskich. W jaskini, w której zmierzono największe stężenia radonu nie pracują przewodnicy. Dawka, jaką mogłyby otrzymać osoby przebywające w tej jaskini 600 godzin w ciągu roku (tyle, ile pracują przewodnicy w Jaskini Nietoperzowej) wynosi 11,5 mSv. Turyści odwiedzający Jaskinię w Straszycowej Górze systematycznie, tj. spędzający 120 godzin rocznie, narażeni są na dawkę 2,2 mSv. Porównując rezultaty badań prowadzonych w jaskiniach z danymi uzyskanymi w kopalniach, można stwierdzić, że w ekstremalnych warunkach przewodnicy jaskini turystycznej mogą otrzymać większe dawki niż górnicy kopalń węgla kamiennego. Speleolodzy eksplorujący niektóre z jaskiń jurajskich mogą otrzymać dawki porównywalne z tymi, na jakie narażeni są górnicy.



Rys. 3. Porównanie rocznej dawki skutecznej ($\dot{D}$) wynikającej z oddziaływania radonu i jego pochodnych w kopalniach węgla kamiennego i jaskiniach Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej: a – jaskinie, wartość maksymalna b – Jaskinia w Straszycowej Górze, turyści, c – Jaskinia Nietoperzowa, przewodnicy, d – kopalnie węgla kamiennego

Fig. 3. Comparison of annual effective doses ($\dot{D}$) due to radon and its progeny in underground coal-mines and in caves of Kraków-Częstochowa Upland

OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały, że średnie stężenia radonu w jaskiniach jurajskich wahają się w zakresie od kilkudziesięciu do kilku tysięcy bekereli. W porównaniu ze stężeniami mierzonymi w jaskiniach w różnych rejonach świata, nie są to wartości bardzo duże. Oszacowano dawki, na jakie mogą być narażeni zarówno turyści, jak i osoby profesjonalnie zajmujące się speleologią i obsługą turystyczną. W przypadku turystów sporadycznie odwiedzających jaskinie – wycieczki szkolne, jednorazowe wejścia w czasie kursów speleologicznych – dawki, jakie mogą otrzymać są do pominięcia. Stwierdzono natomiast, że dawki na jakie są narażeni speleolodzy są porównywalne lub większe od tych, jakie otrzymują górnicy podziemnych zakładów górniczych. Wydaje się zasadne poinformowanie speleologów, że spędzając kilkadziesiąt godzin rocznie w jaskiniach, mogą być narażeni na podwyższone dawki wynikające z oddziaływania radonu i jego pochodnych. Przewodnicy oprowadzający wycieczki powinni być zaopatrzeni w dawkomierze indywidualne. Pozwoliłoby to na zmierzenie rzeczywistych dawek, na jakie są narażeni. W przypadku, jeśli rzeczywiste dawki byłyby podwyższone, mogliby świadomie planować czas przebywania pod ziemią oraz wybierać miejsca zwiedzania jaskini w taki sposób, by minimalizować ryzyko radiacyjne wynikające ze specyficznych cech środowiska pracy.

Podziękowanie

Autorka pragnie podziękować panom Robertowi Kołodziejowi i Michałowi Giebelowi za pomoc w wykonywaniu pomiarów w jaskiniach.

Literatura

1. Abu-Jarad Falah (1991): *Summary of indoor research results using nuclear track detectors*. Proc. of the Second Workshop on radon Monitoring in Radioprotection, Environmental and/or Earth Sciences, G. Gurlan, L. Tommasino (eds). World Scientific.
2. Alexandrowicz Z. (2003): *Ochrona dziedzictwa geologicznego Polski w koncepcji europejskiej sieci geostanowisk*. Przegląd Geologiczny t. 51, nr 3, s. 224–230.
3. Ball T.K., Cameron D.G., Colman T.B., Roberts P.D. (1991): *Behaviour of radon in the geological environment: a review*. Q. J. Eng. Geol. 24, s. 169–182.
4. Bonetti R., Capra L., Dezzuto C., Facchini U., Lainati D., Matheoud R., Trabucchi M.T. (1991): *Measurements of indoor radon concentration in high natural radiation areas of northern Italy*. Proc. of the Second Workshop on radon Monitoring in Radioprotection, Environmental and/or Earth Sciences, G. Gurlan, L. Tommasino (eds). World Scientific.
5. Denman A.R., Parkinson S. (1996): *Estimations of radiation dose to National Health Service workers in Northamptonshire from raised radon levels*. Br. J. Radiol. 69, s. 72–75.
6. Duenas C., Fernandez M.C., Canete S., Carretero J., Liger E. (1999): *²²²Rn concentrations, natural flow rate and radiation exposure levels in the Nerja Cave*. Atmos. Environ. 33, s. 501–510.
7. Evans R.D. (1969): *An engineer's guide to the elementary behaviour of radon daughters*. Health Physics 17, s. 229–242.
8. Friend C.L.R. (1996): *Radon exposure during underground trips: a set of guidelines for caving and exploration in Britain*. Cave Karst Sci. 23(2), s. 49–56.
9. Garavaglia M., Braitenberg C., Zadro M. (1998): *Radon Monitoring in Cave of North-Eastern Italy*. Phys. Chem. Earth. Vol. 23, No. 9–10, s. 949–952.

10. Gillmoore G.K., Philips F., Denman A. (2001): *Radon levels in abandoned metalliferous mines, Devon, Southwest England*. Ecotoxicol. Environ. Saf. 49, s. 281–292.
11. Gillmoore G.K., Sperrin M., Philips M., Denman A. (2000): *Radon Hazards, Geology, and Exposure of Cave Users: a Case Study and Some Theoretical Perspectives*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 46, s. 279–288.
12. Gilmoore G.K., Girbertson D., Hunt Ch., McLaren S., Pyatt B., Banda R., Barker G., Denman A., Philips A., Reynolds T. (2005): *The potential risk of ^{222}Rn radon posed to archeologists and earth scientists: reconnaissance study of radon concentrations, excavations, and archeological shelters in the Great Cave of Niah, Sarawak, Malaysia*. Ecotoxicology and Environmental Safety 60, s. 213–227.
13. ICRP (1993): *International Commission on Radiological Protection – Protection against Radon 222 at home and at work*. ICRP 65. Ann. ICRP, 17(1).
14. Lario J., Sanchez-Moral J.C., Canaveras J.C., Cuezva S., Soler V. (2005): *Radon continuous monitoring in Altamira Cave (northern Spain) to assess user's annual effective dose*. J. Environ. Radioactivity 80, s. 161–174.
15. Lebecka J., Skowronek J., Skubacz K., Tomza I., Michalik B., Chałupnik S. (1985): *Raport o stanie narażenia górników kopalń węgla kamiennego na działanie pochodnych radonu*. Dokumentacja wewnętrzna GIG nr 12.6.16.01/N15/83/B2/2. Katowice, GIG.
16. Przylibski T.A. (1999): *Radon concentration changes in the air of two caves in Poland*. J. Environ. Radioactivity 45, s. 81–94.
17. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego. Dz. U. nr 20, poz. 168.
18. Solomom S.B., Langroo R., Lyons R.G., James J.M. (1996): *Radon exposure to tour guides in Australian show caves*. Environ. Int. 22, s. 409–413.
19. Sperrin M., Denman T., Philips P. (2000): *Estimating the dose from radon to recreational cave users in Mendips, UK*. J. Environ. Radioactivity 49, s. 235–240.
20. Szalerewicz M., Górny A. (1986): *Jaskinie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej*. Kraków –Warszawa, PTTK „Kraj”.
21. Szerbin P. (1966): *Radon concentrations and exposure levels in Hungarian caves*. Health Physics 71, s. 362–369.
22. Tsivoglou E.C., Ayer H.E., Holady D.A. (1953): *Occurrence of non-equilibrium atmospheric mixtures of radon and its daughters*. Nucleonics 11(9), s. 40.
23. Tyc A. (1994): *Przyroda nieożywiona: wartości przyrodnicze i kulturowe zespołu Jurajskich Parków Krajobrazowych na terenie województwa katowickiego*. Dąbrowa Górnicza, Zarząd Zespołu Jurajskich Parków Krajobrazowych województwa katowickiego, s. 87.
24. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe. Dz. U. z 2001 r. nr 3, poz. 18 z późniejszymi zmianami.
25. Wysocka M. (2002): *Zależność stężeń radonu od warunków geologiczno-górnictwowych na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko nr 3, s. 25–38.
26. Wysocka M., Skubacz K., Michalik B., Mielnikow A., Chałupnik S. (2007): *Zagrożenia radiacyjne w podziemnych zakładach górniczych*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 5, s. 20–31.
27. <http://www.panda.bg.univ.gda.pl>

Recenzent: dr hab. inż. Marek Rogoż, prof. GIG