

Mirosława Bukowska, Stanisław Ćmiel***

CHARAKTERYSTYKA ZMIAN WŁAŚCIWOŚCI SKAŁ KARBOŃSKICH W STREFACH TEKTONIKI NIECIĄGŁEJ W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM

1. Wstęp

W obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) obserwuje się lokalne wystąpienia węgla i skał płonnych o wyższych lub obniżonych wartościach parametrów fizyczno-mechanicznych [1, 2] oraz technologicznych w stosunku do przeciętnych w danym rejonie zagłębia. Występują w postaci zwietrzelin na wychodniach osadów karbońskich — tzw. „utworów pstrych” oraz w strefach tektoniki dysjunktywnej. Wtórne zmiany niektórych właściwości skał formacji węglonośnej górnego karbonu w strefach nieciągłości w GZW są wynikiem różnych procesów, w tym epigenetycznych jako wynik wietrzenia skał i przeobrażeń termicznych [12] i sięgają nawet głębokości kilkuset metrów od powierzchni terenu. Znajomość zmian właściwości skał w strefach uskokowych jest istotna z uwagi na występowanie zagrożeń naturalnych w górotworze spowodowanych eksploatacją górnictwem [3, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 17], w tym zagrożeń geomechanicznych, gazodynamicznych, wodnych, pożarami endogenicznymi i zagrożeń skojarzonych oraz z powodu trudności w utrzymaniu wyrobisk górniczych w tych strefach [20], nie tylko z powodu wzrostu koncentracji naprężeń.

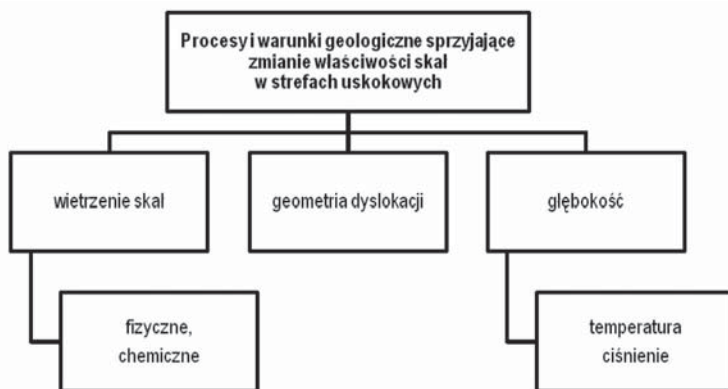
2. Przyczyny zmian właściwości skał w strefach uskokowych

W wyniku prowadzonej w GZW eksploatacji górniczej często uaktywniają się strefy uskokowe, które są źródłem wzrostu zagrożenia wystąpienia zjawisk geodynamicznych (w tym tąpnięć) w wyniku dodatkowych naprężeń dynamicznych, resztkowych naprężeń

* Zakład Tapań i Mechaniki Górotworu, Główny Instytut Górnictwa, Katowice

** Zakład Geologii Żłóż, Katedra Geologii Stosowanej, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, Katowice

tektonicznych (brak przemawiających dowodów, które wykluczają ich obecność w GZW) i lokalnych zmian właściwości fizyczno-mechanicznych i chemiczno-technologicznych górotworu w tych strefach. Przyczyny zmian właściwości środowiska skalnego przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Niektóre czynniki wpływające na zmianę właściwości skał w sąsiedztwie uskoku

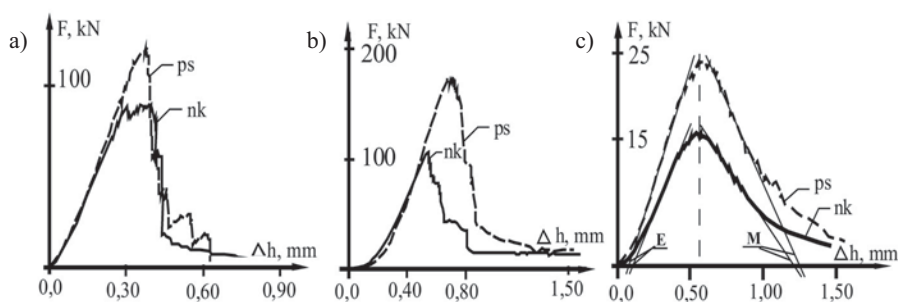
Proces wietrzenia skał, w tym węgla kamiennych zachodzi głównie w wyniku reakcji tlenu atmosferycznego ze skałami. Reakcje te w środowisku geologicznym zachodzą w warunkach zróżnicowanych temperatur wynikających z głębokości zalegania, w rejonach gdzie dochodzi do udrożnienia górotworu w wyniku prowadzonej eksploatacji górniczej. Strefy dyslokacji tektonicznych stają się wówczas drogą migracji wód i gazów, w składzie których dominuje tlen i azot, które sprzyjają procesom wietrzenia.

Procesy wietrzeniowe prowadzą do degradacji jakości węgla i skał otaczających polegającej na obniżeniu wytrzymałości skał płonnych i węgla oraz na obniżeniu parametrów użytkowych węgla. Przy czym, o właściwościach fizycznych skał płonnych i węgla kamiennych, w tym wytrzymałości, decydują właściwości poszczególnych składników, które je budują.

Badania wykazują, że zasięg głębokościowy zmian wietrzeniowych skał płonnych zależy od litologii serii stratygraficznych. W warstwach iłowcowych wietrzenie sięga płytko, natomiast w seriach z przewagą piaskowców przekracza 400 m [19] i więcej [12, 15]. Nośnikiem tlenu w górotworze są strefy uskokowe, które równocześnie są drogami drenażu wód podziemnych. Wykazano [22], że strefa aktywnej wymiany wód w górotworze karbońskim sięga głębokości ponad 800 m. Ich migracja wpływa na migrację tlenu a zatem wpływa również na procesy utleniania nawet na dużych głębokościach. Ma to niewątpliwie wpływ na zmianę właściwości skał na głębokościach aktualnie prowadzonej eksploatacji wynoszącej w GZW średnio 700 m.

Jednym z czynników obniżających wytrzymałość skał w strefach uskokowych jest zawodnienie górotworu. W wyniku oddziaływania wody skały tracą na wytrzymałości (rys. 2). Wykazano, że piaskowce karbońskie w GZW wyniku nasączenia wodą tracą

przeciętnie na wytrzymałości 20–40%, piaskowce warstwowane mułowcami 16–53%, iłowce zmniejszają wytrzymałość o około 50%, a węgle o 10–15%. Najmniejszy spadek wytrzymałości (1,5–5,5%) odnotowano dla mułowców [7]. Jest to zgodne z ich małą zdolnością do wchłaniania wody, która wynika ze struktury i tekstury skały. Spadek wytrzymałości na ściskanie w wyniku obecności spękań i innych powierzchni osłabienia ustalony został na poziomie 23–66% dla piaskowców drobnoziarnistych i 41–61% dla iłowców karbońskich [5]. Spadek wartości wytrzymałości na ściskanie piaskowców karbońskich w wyniku spękania ustalony na poziomie 55% [15] i 54–67% [12] mieści się w przedziale wartości spadku wytrzymałości piaskowców podanych w pracy [5]. Badania wykazano również spadek wytrzymałości piaskowców w wyniku ich zwietrzenia o 20% [21].



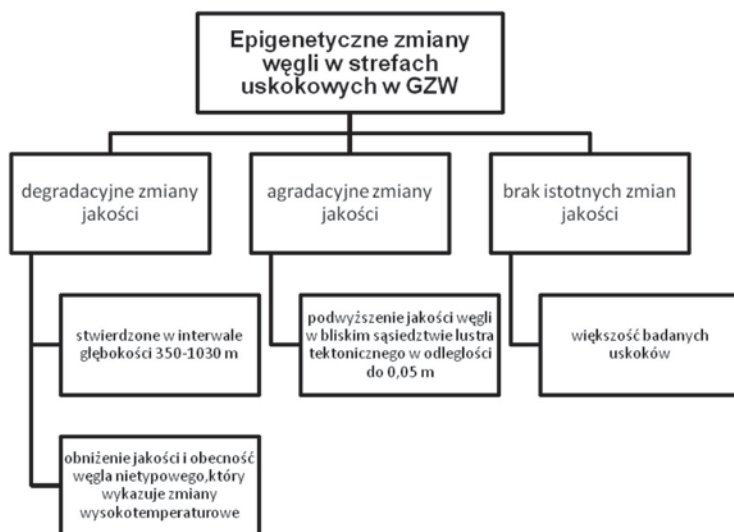
Rys. 2. Krzywe niszczenia próbek średnioziarnistego piaskowca karbońskiego [7]
a) z górnośląskiej serii piaskowcowej, b) z serii mułowcowej, c) z krakowskiej serii piaskowcowej,
gdzie: ps — stan powietrzno-suchy, nk — stan nasycenia kapilarnego,
E — moduł sprężystości podłużnej, M — moduł pokrytyczny

Badania zmian wytrzymałości na ściskanie skał płonnych w sąsiedztwie uskoku wykazały 3 sposoby ich zmian z odległością od uskoku [12]:

- monotoniczny wzrost wytrzymałości na ściskanie w miarę oddalania się od powierzchni uskoku w rejonach uskoku o zrzutach powyżej 80 m (dużych),
- załamanie wykresu w odległości 3–4 m w rejonach uskoku średnich o zrzutach 5–20 m,
- brak zmian wytrzymałości na ściskanie do 11 m od powierzchni uskoku a dalej monotoniczny wzrost wytrzymałości w rejonie uskoku średniego o zrzucie do 20 m.

Powyższe wskazuje, że wytrzymałość na ściskanie w wielu przypadkach znacznie się obniża, generalnie w odległości poniżej kilku metrów od płaszczyzny uskoku. W wyniku procesów wietrzenia węgla w strefach przyuskokowych Autor ten ustalił trzy grupy ich jakościowych zmian, których główne cechy przedstawiono na rysunku 3.

Ważnym czynnikiem wpływającym na stopień przeobrażenia węgla w strefach płaszczyzn uskoku jest głębokość, geometria uskoku, w szczególności wielkość zrzutu oraz odległość od powierzchni uskoku. Z badań węgla występujących w GZW na głębokości 300–1030 m wynika, że najsilniej utlenione węgle występują najpłycej i związane są z uskokami o zrzutach powyżej 20 m [12].



Rys. 3. Charakter zmian jakości węgla w strefach dyslokacji nieciąglanych w GZW

3. Wyniki badań niektórych właściwości węgla i skał płonnych w strefach uskokowych na przykładzie uskoku kłodnickiego i bytomskiego

Obszar obserwacji zmian degradacyjnych właściwości węgla i skał płonnych dotyczy rejonu uskoku bytomskiego w OG KWK Bobrek Centrum) i uskoku kłodnickiego w OG KWK Wujek.

W rejonach stref uskokowych zwykle nie ma możliwości wykonania badań wytrzymałości węgla metodą ściskania w maszynie wytrzymałościowej z uwagi na ich stopień destrukcji — węgiel jest silnie spękany i dochodzi nawet do utraty jego spójności. W związku z tym przeprowadza się badania mikroskopowe umożliwiające określenie stopnia spękania i mikrotwardości poszczególnych ziaren węgla za pomocą twardościomierza Vikersa. Badania wytrzymałości na ściskanie skał płonnych przeprowadzono w warunkach *in situ* metodą penetrometryczną w skrzydłach zrzucanych i wiszących uskoku bytomskiego i kłodnickiego. Pomiarów wykonywano bezpośrednio na powierzchniach uskoku i maksymalnie w odległości do 10 m od nich.

W strefie uskoku bytomskiego w OG Bobrek–Centrum w węglu wzrasta wartość takich parametrów jak: zawartość popiołu, części lotnych, tlenu, siarki siarczanowej, gęstość i liczba spękań, natomiast maleje: ciepło spalania, refleksyjność, spiekalność, twardość, oraz zawartość pierwiastka węgla i siarki całkowitej. Istotne zmiany parametrów obserwuje się na odcinku 0,8 m od płaszczyzny uskoku. Zmienność wybranych parametrów w rejonie uskoku przedstawiono w tabeli 1.

W rejonie oddziaływania uskoku bytomskiego w OG Bobrek–Centrum, w badanych piaskowcach wytrzymałość na ściskanie na podstawie pomiarów *in situ* zawiera się w prze-

TABELA 1

Degradacyjna zmienność mikrotwardości węgla i stopnia jego spękania w funkcji odległości od płaszczyzny uskoku bytomskiego

Odległość [m]	0	0,2	0,4	0,8	1	2	5	10	A
Gęstość objętościowa [Mg/m ³]	1,79	1,64	1,68	1,51	1,51	1,40	1,39	1,42	15,7
Mikrotwardość [107Pa]	0	0	10	32	36	38	42	41	-73,2
Spękania [%]	93	91	92	62	52	33	19	5	210,1

A – zmienność wartości parametru w strefie uskokowej w porównaniu z wartością w strefie niezmienionej

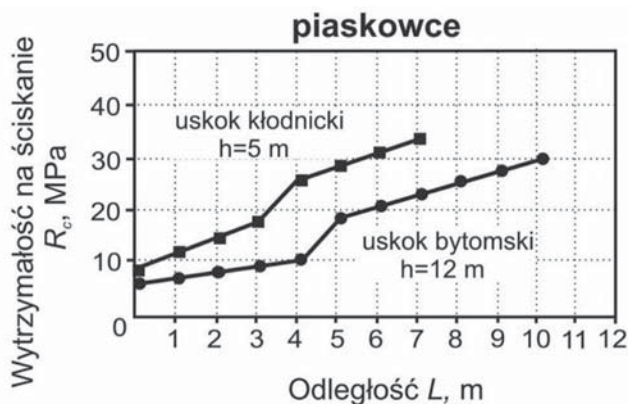
dziale wartości 6,0–29,2 MPa. Zależność wytrzymałości na ściskanie w funkcji odległości od powierzchni uskoku bytomskiego opisuje zależność liniowa wyrażona równaniem (1) i (2) (rys. 4)

— dla warunku, gdy odległość od powierzchni uskoku jest mniejsza od 4,0 m

$$R_c = 0,95L + 6,0 \quad (1)$$

— dla warunku, gdy odległość od powierzchni uskoku jest większa od 4,0 m

$$R_c = 2,18L + 7,4 \quad (2)$$



Rys. 4. Zależność wytrzymałości na ściskanie *in situ* od odległości od powierzchni uskoku

Wyniki badań niektórych parametrów węgla przeprowadzone w rejonie uskoku kłodnickiego w KWK Wujek przedstawia tabela 2.

Podobnie jak w rejonie bytomskim, strefa oddziaływania jak i kierunek zmian wartości parametrów węgla w strefie uskoku kłodnickiego jest identyczny, różni się jedynie w niewielkim stopniu wartościami. W rejonie oddziaływania uskoku kłodnickiego w OG Wujek, w badanych piaskowcach wytrzymałość na ściskanie na podstawie pomiarów *in situ* zawiera się w przedziale wartości 8,7–33,4 MPa. Zależność wytrzymałości na ściskanie w funkcji odległości od powierzchni uskoku bytomskiego opisuje zależność liniowa wyrażona równaniem (3) i (4)

TABELA 2

Degradacyjna zmienność mikrotwardości węgla i stopnia jego spękania w funkcji odległości od płaszczyzny uskoku kłodnickiego

Odległość [m]	0	0,2	0,4	0,8	1	2	5	10	A
Gęstość objętościowa [Mg/m ³]	2,35	2,06	1,83	1,35	1,34	1,36	1,34	1,34	41,1
Mikrotwardość [107Pa]	15	20	24	39	45	41	39	43	-41,7
Spękania [%]	57	47	39	27	17	13	18	11	188,1

A – zmienność wartości parametru w strefie uskokowej w porównaniu z wartością w strefie niezmienionej

— dla warunku, gdy odległość od powierzchni uskoku jest mniejsza od 3,0 m

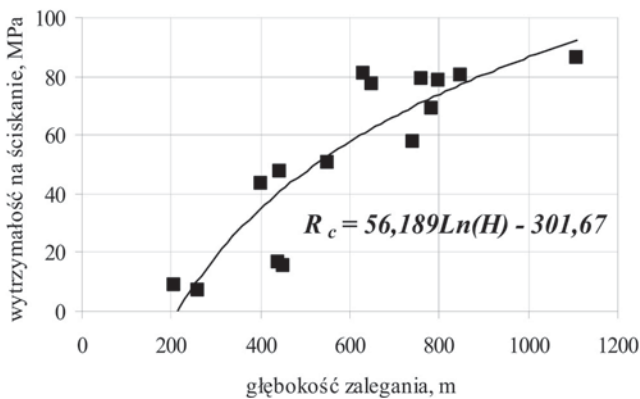
$$R_c = 2,99L + 8,72 \quad (3)$$

— dla warunku, gdy odległość od powierzchni uskoku jest większa od 3,0 m

$$R_c = 2,54L + 11,1 \quad (4)$$

W analizowanych lokalizacjach sieci pomiarowych, wytrzymałość na ściskanie piaskowców znacznie obniża się w odległości około 4 m od powierzchni uskoku kłodnickiego i około 3 m od powierzchni uskoku bytomskiego.

Wartości wytrzymałości na ściskanie wyznaczone w warunkach *in situ* różnią się od wartości wyznaczonych w warunkach laboratoryjnych w próbie jednoosiowego ściskania [6]. Przyjmując 45% spadek wytrzymałości na ściskanie piaskowców spowodowany ich spękaniami w strefie oddziaływania naprężeń tektonicznych można przyjąć wartości wytrzymałości dla obu przypadków na poziomie odpowiednio około 9,0–42,3 MPa i 12,6–48,4 MPa. Wartości te są w ten sposób odniesione do wartości wytrzymałości na ściskanie określonych metodą laboratoryjną, zgodnie z którą piaskowce warstw siódolowych wykazują wytrzymałość na ściskanie 41,7–94,9 MPa, średnio 66,8 MPa a piaskowce warstw rudzkich 44,6–114,9 MPa, średnio



Rys. 5. Zależność wytrzymałości na ściskanie piaskowców GZW z głębokością zalegania w kompleksie warstw od libiąskich do gruszowskich:

H — głębokość zalegania, R_c — wytrzymałość na ściskanie [4]

75,2 MPa [4]. W związku z powyższym wartości wytrzymałości na ściskanie po uwzględnieniu wpływu spękań w strefie ich zalegania są obniżone a ich maksymalne wartości mieszczą się w dolnym przedziale zmienności wytrzymałości na ściskanie ustalonej dla piaskowców GZW. Jednocześnie wartości wytrzymałości na ściskanie określone w warunkach *in situ* wskazują, że pomiary prawdopodobnie nie sięgnęły poza strefę oddziaływania uskoku kłodnickiego i bytomskiego w przedmiotowych rejonach. Wykorzystując ustaloną zależność wytrzymałości na ściskanie od głębokości zalegania dla piaskowców karbońskich w GZW (rys. 5) w analizowanych rejonach wartość wytrzymałości na ściskanie kształtuje się na poziomie około 66,4 MPa dla piaskowców warstw rudzkich i głębokości około 700 m oraz 65,6 MPa dla piaskowców warstw siodłowych występujących na głębokości około 690 m (tab. 3).

TABELA 3

Zmiany wartości wytrzymałości na ściskanie piaskowców w strefach oddziaływania uskoku i poza nimi

Charakterystyka rejonu badań	Wartości wytrzymałości na ściskanie w strefach oddziaływania uskoku przeliczone na wytrzymałość laboratoryjną	Wartości wytrzymałości na ściskanie określone teoretycznie na podstawie rysunku 5 dla strefy poza wpływami uskoku	Szacowany spadek wytrzymałości na ściskanie w strefie oddziaływania uskoku w porównaniu ze strefą zlokalizowaną poza wpływami uskoku
KWK Bobrek–Centrum, dowierzchnia 2, p. 507, skrzydło zrzucone uskoku bytomskiego o rzucie 12 m, głębokość 690 m, 0–10m od uskoku	9,0–42,3 MPa	65,6 MPa	Spadek wytrzymałości na ściskanie o 628%
KWK Wujek (ruch Śląsk), dowierzchnia 1, p. 416, skrzydło wiszące uskoku kłodnickiego o rzucie 5 m, głębokość 700 m, 0–7 m od uskoku	12,6–48,4 MPa	66,4 MPa	Spadek wytrzymałości na ściskanie o 427%

Badania gęstości objętościowej wykazały wyraźny wzrost jej wartości zbliżając się do uskoku, mimo iż wcześniejsze badania dotyczące gęstości objętościowej i porowatości efektywnej w rejonie uskoku kłodnickiego i bytomskiego nie wykazały zmian w miarę oddalania się od powierzchni uskokowej w przeciwieństwie do wytrzymałości na ściskanie, której wartości wzrastają z odległością od uskoku, zarówno w skrzydle wiszącym jak i zrzuconym [10].

4. Wnioski

Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie piaskowców w strefie uskoków średnich według [18] — kłodnickiego o rzucie 5 m i bytomskiego o rzucie 12 m uległa obniżeniu w bliskim sąsiedztwie płaszczyzn uskokowych o wartość:

- około 200% na odcinku 0–4 m w strefie uskoku kłodnickiego,
- około 219% na odcinku 0–5 m w strefie uskoku bytomskiego.

Tak duże spadki wytrzymałości na ściskanie w stosunku do stref położonych w dalszej odległości od płaszczyzn uskokowych wskazują na strefy intensywnej destrukcji skał. W dalszej odległości od płaszczyzn uskokowych obu uskoków w rejonach badań występują jedynie strefy osłabienia skał, przy czym pomiarami nie osiągnięto stref braku ich oddziaływania lub lokalna zmienność litologii wywołana na przykład zmianą uziarnienia lub spoiwa spowodowała dalszy wzrost wytrzymałości piaskowców. Należy mieć na względzie dużą zmienność litologiczną skał karbońskich w GZW, zarówno w profilu pionowym jak i po rozciągłości warstw.

Degradacyjne zmiany parametrów jakościowych węgla w pokładach występują na mniejszym odcinku od płaszczyzny uskoku niż skał otaczających, co wynika z mniejszej wytrzymałości i sprężystości węgla. W płaszczyźnie uskoku mikrotwardość maleje w znacznym stopniu, natomiast stopień spękania poszczególnych ziaren kilkakrotnie rośnie. Węgłe wykazują wyższy stopień hipergenicnych przemian przy uskokach o większym zrzucie.

Problem destrukcji skał w strefach uskokowych i wpływu na zagrożenia górnicze w aspekcie projektowania i prowadzenia bezpiecznej i jednocześnie racjonalnej eksploatacji nie jest uwzględniony wprost w przepisach wykonawczych do Prawa geologicznego i górniczego. W Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 roku (znowelizowane w 2006 r.) w odniesieniu do niektórych zagrożeń górniczych (metanowe, wyrzutami węgla i skał, tapaniami) przepisy powyższe uwzględniają wyrobiska lub ich odcinki jako strefy szczególnego zagrożenia w sąsiedztwie uskoków o odpowiednich zrzutach. W każdym przypadku sposób prowadzenia robót górniczych w wyznaczonych strefach szczególnego zagrożenia tapaniami, między innymi przy zbliżaniu się ściany do strefy uskokowej, ustala kierownik ruchu zakładu górniczego na podstawie opinii kopalnianych zespołów do spraw zagrożeń w podziemnych wyrobiskach górniczych, tych dla których oddziaływanie uskoku jest istotne na stan bezpieczeństwa robót górniczych. Jednakże należy zwrócić uwagę, że podejście do rozwiązywania złożonych problemów oddziaływania stref uskokowych na występowanie zagrożeń górniczych jest indywidualne dla każdego uskoku i opiera się głównie na doświadczeniach ruchowych kopalń.

LITERATURA

- [1] *Bukowska M.*: Geomechanical Properties of Rocks from the Rockburst Hazard Point View. Archives of Mining Sciences, Vol. 47, No 2, 2002, s. 111–138
- [2] *Bukowska M.*: Mechanical Properties of Carboniferous Rocks in the Upper Silesian Coal Basin under Uniaxial and Triaxial Compression Tests. Journal of Mining Science. No. 2, vol. 41, 2005, s. 129–133
- [3] *Bukowska M.*: The Probability of Rockburst Occurrence in the Upper Silesian Coal Basin Area Dependent on Natural Mining Conditions. Journal of Mining Science, Volume 42, No. 6, 2006, s. 570–577
- [4] *Bukowska M.*: Charakterystyka niektórych właściwości geomechanicznych skał karbonu produktywnego GZW. s. 54. [w:] Bukowska M. (red.), Kompleksowa metoda oceny skłonności do tapani górotworu w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Wydawnictwo GIG, Katowice, 2009

- [5] *Bukowska M.*: Wpływ defektów strukturalnych górotworu na właściwości wytrzymałościowe skał. s. 90–98. [w:] *Bukowska M.* (red.), *Kompleksowa metoda oceny skłonności do tąpnięć górotworu w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. Wydawnictwo GIG, Katowice, 2009
- [6] *Bukowska M., Kidybiński A.*: Wpływ czynników naturalnych masywu skalnego na jego wytrzymałość określoną metodami penetrometryczną i laboratoryjną. *Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko* nr 1, Katowice, 2002, s. 35–46
- [7] *Bukowska M., Bukowski P., Augustyniak I.*: Badania właściwości mechanicznych i hydrogeologicznych skał karbońskich. s. 101-108. [w:] *Bukowska M.* (red.), *Kompleksowa metoda oceny skłonności do tąpnięć górotworu w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. Wydawnictwo GIG, Katowice, 2009
- [8] *Bukowski P.*: Determining of Safety Pillars in the Vicinity of Water Reservoirs in Mine Workings within Abandoned Mines in the Upper Silesian Coal Basin (USCB). *Journal of Mining Science*, Vol. 46, No. 3, 2010, s. 298–310
- [9] *Bukowski P.*: Prognozowanie zagrożenia wodnego związanego z zatapianiem wyrobisk górniczych kopalni węgla kamiennego. *Prace Naukowe GIG Nr 882*, Katowice, 2010
- [10] *Čmiel S.R., Idziak A.F.*: Some Geomechanical Properties of Carboniferous Rocks Near the Fault. *Documenta Geonica. The 2nd Czech-Polish Geomechanical Symposium*. Praga:Academy of Sciences of Geonics Ostrava, DERES Publishers, 1999, s. 263–268
- [11] *Čmiel S.R., Jura D., Misz M.*: Petrografia i jakość węgla oraz metan pokładu 404/4–405/1 przy uskokach wKWK Pniówek (GZW). [w:] 6. Czesko-Polska Konferencja „Geologia Zagłębia Górnośląskiego”. Red. A. Kožušnikova. *Documenta Geonica*, Ostrava, 2006, s. 33–39
- [12] *Čmiel S.R.*: Charakterystyka epigenetycznych zmian węgla w pokładach w strefach uskawkowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 2009.
- [13] *Drzewiecki J.*: Mechanizm powstawania rozwarstwień mocnych skał stropowych w świetle pomiarów *in situ*. *Prace Naukowe GIG nr 804*, Katowice, 1995
- [14] *Dubiński J., Konopko W.*: Tąpnięcia — ocena, prognoza, zwalczanie. Wydawnictwo GIG, Katowice, 2000
- [15] *Jura D.*: Morfotektonika i ewolucja różnowiekowych niezgodności w stropie utworów karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 2001
- [16] *Kabiesz J.*: Charakterystyka skojarzonych zagrożeń górniczych w aspekcie ich oceny oraz doboru metod prewencji. *Prace Naukowe GIG nr 849*, Katowice, 2002
- [17] *Kidybiński A., Konopko W., Kabiesz J.*: Analiza ryzyka wystąpienia tąpnięcia w wyrobisku korytarzowym kopalni węgla. *Prace Naukowe GIG, Seria Konferencje nr 21*, Katowice, 1997, s. 109–118
- [18] *Nieć M.*: Geologia kopalniana. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, 1990
- [19] *Lipiarski I.*: Pstre utwory jako wynik fosylnego wietrzenia i termicznego przeobrażenia utworów górnego karbonu w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. [w:] *Materiały 24. Sympozjum „Geologia formacji węglonośnych Polski*. Red. I. Lipiarski. Wydawnictwo AGH, Kraków, 2001, s. 53–58
- [20] *Majcherczyk T., Małkowski P., Niedbalski Z.*: Ruchy górotworu i reakcje obudowy w procesie niszczenia skał wokół wyrobisk korytarzowych na podstawie badań *in situ*. Wyd. AGH, Kraków, 2006
- [21] *Müller K., Martinec P., Ptaček J., Konečný P., Fialova V., Kožušnikova A.*: Geofyzikalni a geomechanika charakteristika horskeho masivu. [w:] *Geologie česke části hornoslezské panve*. ed. M. Dopita, Min. Životního Prostředí ČR, Praha, 1997, s. 205–219
- [22] *Probiez K., Lewandowska M.*: Strefowość mineralizacji wód karbońskich w północno-zachodniej części GZW. [w:] *Mat. 8. Konferencji „Problemy geologii i ekologii i górnictwie podziemnym”*. *Prace Naukowe GIG*, Katowice, 2000, s. 173–182