

*Aleksandra Sędor\*, Leopold Czarnecki\**

## ZAGROŻENIA OSUWISKOWE W ZAKŁADZIE GÓRNICZYM KWB BEŁCHATÓW W TRAKCIE PROWADZENIA EKSPLOATACJI W NAJGŁĘBSZEJ CZĘŚCI ZŁOŻA, W ROWIE II RZĘDU

---

### 1. Wstęp

Rów II-rzędu, to podrzędna jednostka tektoniczna w granicach Rowu Kleszczowa, zlokalizowana pomiędzy południowo-zachodnim skrzydłem antykliny Łękińska a wysadem solnym Dębina. Jest to wąska struktura o szerokości od 700 do 300 m zawężająca się w kierunku zachodnim, zgodnie z postępem eksploatacji. Spąg serii węglowej obniża się na kierunku E-W od rzędnej około 0,0 m n.p.m. do rzędnej -160 m n.p.m. w centralnej części struktury. Zgodnie z obowiązującym aktualnie dodatkiem nr 1 do projektu zagospodarowania złoża eksploatacja węgla będzie prowadzona do rzędnej -110 m n.p.m. Część zasobów, zalegająca poniżej rzędnej -110 m n.p.m., została zaliczona do zasobów nieprzemysłowych, z uwagi na znaczną głębokość zalegania oraz wzrastające zagrożenie geotechniczne. Podjęcie eksploatacji w najgłębszej części Rowu Kleszczowa, gdzie panują skrajnie trudne górniczo-geologiczne warunki eksploatacji jest dużym wyzwaniem zarówno pod względem technologicznym jak i zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji.

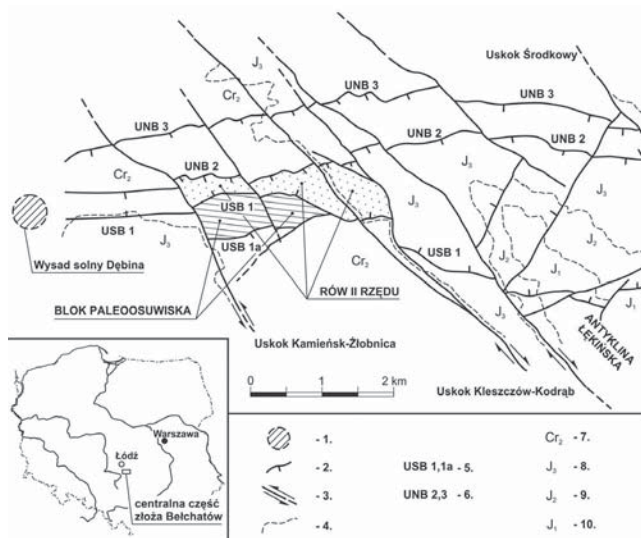
### 2. Granice rowu II rzędu

Granice południową rowu wyznaczają w przybliżeniu dwa równoległe uskoki o różnym zrzucie. Uskoki te są uskokami ramowymi rowu i oznaczone są symbolami USB nr 1 i USB nr 1a. Uskok USB nr 1, to południowy uskok brzeżny Rowu Kleszczowa, występujący na całym obszarze złoża. Uskok USB nr 1a jest uskokiem o zmiennej wielkości zrzutu. Jego obecność w rejonie rowu II rzędu sprawia, że południowy brzeg rowu ma

---

\* PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A., Oddział KWB Bełchatów, Bełchatów

charakter „schodowy”, tzn. strop podłoża obniża się stopniowo z rzędnych +100 m n.p.m. na południowym brzegu do -400 m n.p.m. w rowie II rzędu. Rzędne zalegania stropu podłoża pomiędzy uskokami zmieniają się od -50 m n.p.m., do +50 m n.p.m. Uskok nr 1a jest generalnie równoległy do uskoku nr 1. Jest to uskok listryczny, wielkość zrzutu na tym uskoku mieści się w przedziale 20–120 m. Północną granicę rowu II rzędu wyznacza uskok UNB nr 2, jednoznacznie identyfikowalny na całej przestrzeni rowu II rzędu. Zrzut stropu podłoża mezozoicznego na tym uskoku jest mniejszy niż na uskoku południowym i wynosi ok. 200 m w centrum rowu a ok. 60–100 m w strefach brzeżnych. Granicę wschodnią wyznacza uskok zrzutowo–przesuwczy w południowo–zachodnim skrzydle antykliny Łękińska tzw. uskok Kleszczów–Kodrań. Za zachodnią granicę rowu II rzędu przyjmuje się uskoku zrzutowo–przesuwczy Kamień–Żłobnica. Granice jednostki oraz jej usytuowanie w obrębie Rowu Kleszczowa prezentuje rysunek nr 1.



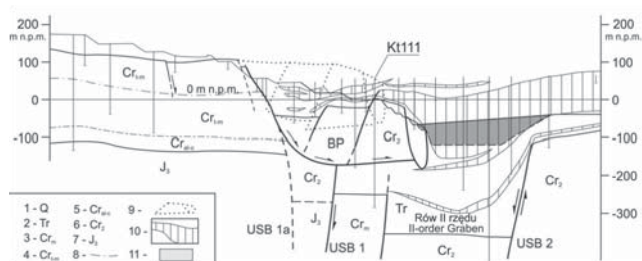
**Rys. 1.** Lokalizacja rowu II rzędu oraz głównych uskoków ramowych: 1 — wysad, 2 — uskoki zrzutowe, 3 — uskoki zrzutowo–przesuwcze, 4 — przybliżone granice warstw, 5 — uskoku Południowy Brzeżny 1 i 1a, 6 — uskoku Północny Brzeżny 2 i 3, 7 — Kreda górna, 8 — Jura górna, 9 — Jura środkowa, 10 — Jura dolna

### 3. Charakterystyka strukturalna oraz zagrożenia osuwiskowe związane z uskokami

#### 3.1. Uskok USB nr 1 i nr 1a oraz masyw skalny zbocza południowego

Głównym elementem strukturalnym wpływającym na warunki geologiczno–inżynierskie w zboczu południowym profilowanym w strefie rowu II rzędu, jest tzw. blok paleosuwisowy (BP) skał kredowych. Ciągnie się on na długości 1700 m, ma szerokość

650 m i wysokość 260 m. Jego ogólny kształt ilustruje rysunek nr 2, tj. przekrój wzdłuż linii 62SN. Maksymalna amplituda nasunięcia wynosi 140 m a objętość jest szacowana na ok. 118 mln m<sup>3</sup>. Proces osuwiskowy rozpoczął się po osadzeniu części osadów kompleksu podwęglowego i rozwijał się przez cały okres tworzenia pokładu węgla, powodując na tym odcinku silne zwężenie rowu II rzędu [2]. Jak pokazuje rysunek nr 2, zbocze stałe południowe w zakresie rzędnych 0,0/–80 m n.p.m. będzie profilowane na całej długości czoła BP w gruntach skalistych. W dotychczasowej praktyce w KWB „Bełchatów” nie doszło do rozwoju procesu osuwiskowego w obrębie utworów skalistych. Jednakże w rejonie BP sytuacja geologiczna ulega zmianie. Dotychczasowe obserwacje terenowe wskazują, że struktura BP nie stanowi monolitu. Obserwacje terenowe pozwoliły na wydzielenie 11 mniejszych bloków zlokalizowanych w czołowej partii BP. Granice pomiędzy blokami mają charakter natury tektonicznej. Dominują 2 zespoły subrównoleżnikowych uskoku normalno–grawitacyjnych, przeciwstawnych do siebie, o biegu średnio 100° i upadzie 60°, tworzących szereg ekstensyjnych rowów.



**Rys. 2.** Schematyczny przekrój wzdłuż linii przekrojowej 62SN:

1. Q — czwartorzęd, 2. Tr — trzeciorzęd, 3. Cr<sub>m</sub> — Kreda, mastrycht,
4. Cr<sub>t-m</sub> — Kreda, turon–mastrycht, 5. Cr<sub>al-c</sub> — Kreda, alb–cenoman,
6. Cr<sub>2</sub> — Kreda górna, 7. J<sub>3</sub> — Jura górna, 8 — orientacyjne nachylenie warstw,
- 9 — rekonstrukcja stanu sprzed ześlizgu, 10 — pokład węgla,
- 11 — zarys projektowanego wyrobiska, BP — Blok Paleosuwiskowy

Odzwierciedlają one generalne zarysy bloków podłoża i są generalnie podłużne do czoła bloku paleosuwiskowego. Ponadto obserwacje występujących w BP szczelin z nalotem pirytowym wskazują, że blok był poddany wielokierunkowemu oddziaływaniu sił tensji, rozpadając się na szereg bloków drugorzędnych o typie zrębów i rowów, nie tylko na kierunku N–S ale i W–E [1]. Wiedza o wewnętrznej strukturze BP jest potrzebna dla celów projektowania robót górniczych. Szczególnie istotna jest głębokość zakorzenienia poszczególnych bloków oraz charakter ich kontaktu z utworami trzeciorzędu podwęglowego. Aktualnie obszar BP można podzielić na dwie części:

- wschodnią, gdzie z dotychczasowego rozpoznania wynika, że bloki są zakorzenione poniżej rzędnej –110 m n.p.m., a ułożenie powierzchni warstwowania jest korzystne dla formowania skarp (udokumentowane w odkrywcę sedymentacyjne nachylenia warstw — zarówno lamin marglistych, jak i oddzielności ławicowej — wynoszą

w obrębie odsłanianych bloków podłoża mezozoicznego przeciętnie 20° na kierunku od 145° do 270°, tj. od SE do W.

- zachodnią (rejon zagrożenia X/S i XV/S), gdzie bloki są zakorzenione płycej a z dotychczasowych pomiarów wynika, że zarówno warstwy kredowe jak i jurajskie zapadają ku N pod kątem do 30°. W tej części obserwuje się też płytsze występowanie brekcji oraz widoczne są liczne odwrócone następstwa warstw.

Obserwowana rotacja warstwowania wskazuje na rotacje poszczególnych bloków w kierunku do południa i potwierdza grawitacyjny charakter BP. Drugim istotnym elementem decydującym o powodzeniu eksploatacji w tej części złoża jest charakter przebiegu powierzchni uskokowej rozdzielającej BP od osadów kenozoicznych wnętrza rowu. Charakter tej powierzchni oraz ułożenie w stosunku do skarp zbocza w rowie II rzędu może mieć decydujący wpływ na możliwość osiągnięcia planowanej głębokości eksploatacji. Z dotychczasowych prac terenowych wynika, że odcinkowo ma ona charakter uskoku inwersyjnego nachylonego „pod zbocze”. Powyższe może skutkować koniecznością pozostawienia filarów ochronnych, mających zapewniać osiągnięcie planowanej głębokości eksploatacji. Oprócz wymienionych powyżej dwóch elementów stricte strukturalnych, powodzenie i bezpieczeństwo przedsięwzięcia zależeć będzie od cech litologicznych skał budujących wewnątrz BP. Aktualnie można wydzielić dwa litypy skał:

- masywne margle i opoki margliste, charakteryzujące się obecnością spękań ciosowych, układających się subrównoleżnikowo na kierunku ENE z odchyleniem ku NE w porównaniu do południowego skrzydła wiszącego rowu oraz subpołudnikowo NNE. Ponadto intensywnie zaznacza się kierunek „laramijski” NW–SE. Występuje w nich też cios pokładowy, podkreślający warstwowanie.
- brekcje, występujące w zewnętrznych partiach BP. Są to mega brekcje zbudowane z wielkich bloków margli o wymiarach od kilku do kilkunastu metrów, o zaokrąglonych kształtach, tkwiących w matrix, utworzonym z mniejszych bloków margla, obtoczonych miazgą mineralną oraz brekcje drobnookruchowe, złożone z drobnych obtoczonych lub kanciastych bloczków margli i opok, tkwiących w piaszczystym matrix lub spojonych pyłem marglistym. Ten typ brekcji jest szczególnie bardzo rozsypliwą.

W oparciu o obserwacje terenowe i zgodnie z klasyfikacją RMR Bieniawskiego wartość wskaźnika RMR wynosi 25. Skała budująca południowy brzeg rowu II rzędu mieści się w klasie IV — masyw słaby ( $c = 125$  kPa i  $\phi = 18^\circ$ ) [3].

### **Analiza pomiarów powierzchniowej sieci obserwacyjnej**

Zbocze południowe w rejonie rowu II rzędu monitorowane jest przez 33 repery powierzchniowej sieci obserwacyjnej. Część wschodnia objęta jest obserwacjami w zakresie rzędnych 0/–30 m n.p.m. przez 14 reperów, część zachodnia (rejon zagrożenia X/S i XV/S) — przez 12 reperów w zakresie rzędnych +80/+40 m n.p.m., a część środkowa przez 8 reperów

usytuowanych wzdłuż półki –30 m n.p.m. Wyniki przemieszczeń wybranych reperów na zboczu południowym wskazują, że w części wschodniej zbocza zauważalny jest wzrost przemieszczeń poziomych i pionowych po osiągnięciu robotami górniczymi na przełomie 2009 i 2010 roku rzędnej –80 m n.p.m. Rejon centralny charakteryzuje zmiana kierunku przemieszczeń w stosunku do rejonu wschodniego z azymutu 0° ( $\pm 10^\circ$ ) na 330°–340°. W części zachodniej, w przedziale rzędnych +80/+20 m n.p.m., w rejonie zagrożeń X/S, dochodzi do rozwoju procesu osuwiskowego.

TABELA 1

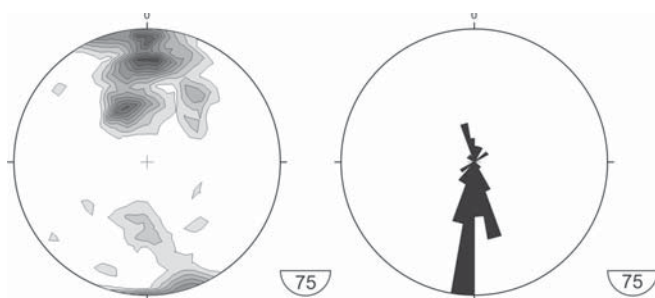
**Reakcje wybranych reperów powierzchniowej sieci obserwacyjnej w poszczególnych rejonach zbocza S w strefie rowu II rzędu na postęp robót górniczych (przemieszczenia w cm, azymut w stopniach)**

Nr reperu/ data pomiaru	801		+13,3	805		–9,145	813		–26,781
	Delta Z	Delta XY	Azymut	Delta Z	Delta XY	Azymut	Delta Z	Delta XY	Azymut
rejon wschodni — spąg wyrobiska –75/–80 m n.p.m.									
2007-11-06	0	0	0	0	0	0	—	—	—
2007-12-28	–0,80	0,90	36,00	1,40	2,30	103,00	—	—	
2008-12-29	4,70	10,80	354,00	9,10	5,70	17,00	0	0	0
2009-12-23	–3,20	19,70	2,00	–1,20	13,50	17,00	–10,20	8,90	18,00
2010-12-13	–30,70	33,50	2,00	–26,00	23,60	5,00	–14,90	21,10	2,00
	812		–2,153	818		–1,918	821		–29,261
rejon centralny — spąg wyrobiska –31/–65 m n.p.m.									
2010-08-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010-12-13	17,40	7,90	338,00	19,30	7,70	342,00	8,30	7,90	340,00
	1008		+78,796	1007		+56,581	1014		+40,299
rejon zachodni — spąg wyrobiska +30/+20 m n.p.m.									
2009-01-28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009-12-28	–12,70	13,70	343,00	–1,90	5,30	350,00	–8,70	5,50	2,00
2010-12-20	–1025	1415,8	335	–127,6	126,6	343	–12,90	29,2	354

### 3.2. Uskok UNB nr 2

Uskok UNB nr 2 można generalnie opisać, jako strefę w głównym pokładzie węgla, w której obserwowane są liczne zaburzenia pokładu, takie jak uskoki, spękania oraz niewielkie nasunięcia. Na najwyższych piętrach w zakresie rzędnych +80/+45 m n.p.m. strefa ta manifestuje się fleksuralnym gięciem warstw węglowych, w ramach której można zauważyć zmianę kąta upadu. Warstwy leżące na północ od tej strefy zalegają prawie poziomo, natomiast w strefie uskoku warstwy zapadają pod kątem około 40–55° w kierunku południowym, tworząc jedno ze skrzydeł synkliny znajdującej się nad rowem II rzędu. Uskok zaczyna się manifestować dopiero od VIII piętra górniczego.

Od rzędnych +20 m n.p.m. i -5 m n.p.m. fleksura przybiera postać 3 uskoków, oddalonych od siebie o około 10 metrów. Azymuty kierunków upadu mierzone na tych uskokach wskazują na dominację dwu kierunków 180° i 160°, rzadziej 190° i 170°. Zdecydowana większość mierzonych kątów upadu oscyluje w granicach 70°–90° na południe. W piętrach X i XI (-30 m n.p.m. i -55 m n.p.m. do -66 m n.p.m.) — strefa wykształcona jest jako pojedynczy uskok, któremu towarzyszą uskoki dopełniające o przeciwnym zrzucie (350°–340°). Azymuty kierunku upadu pokrywają się z obserwowanymi wyżej (od 190° do 160°), natomiast częściej występuje również kierunek 200° i 205°. Mierzone na tych powierzchniach kąty są bardziej połogie w granicach 80°–70° i 60°–50°. Strefa UNB nr 2 od poziomu XI jest łatwa do wyznaczenia ze względu na odsłonięcie wychodni spągu węgla i piasków powęglowych oraz podkreślenie powierzchni uskokowej plastycznym item. Często w piaskach podwęglowych występują uskoki towarzyszące również podkreślone substancja ilastą. Uskok UNB nr 2 jest przeważnie stromy, lokalnie przewieszony. Azymuty kierunków upadu w tym rejonie są bardzo zmienne 180°, 20°, 55°, 10°, 350°, 190°. Kąty upadu głównych powierzchni są w granicach 85°, 70°, 75° ale również obserwowane są powierzchnie o nachyleniu 55°, 45°, 40°. Ciągła zmienność kąta upadu uskoku UNB nr 2 (od powierzchni prawie pionowych do powierzchni o nachyleniu około 50°), którą przedstawiono na diagramie konturowym normalnych do mierzonych powierzchni wskazuje na listryczny charakter UNB nr 2. Diagram rozetowy azymutów kierunków upadu wskazuje, że główny kierunek przebiegu strefy uskokowej jest zgodny z azymutem 180°–190°, który może się nieznacznie zmieniać w granicach od 160° do 210°, tworząc niewielki łuk. Głównym kierunkom towarzyszą uskoki o przeciwnym kierunku zrzutu lub o azymutach kierunków upadu 150° lub 220°.



**Rys. 3.** Diagram konturowy normalnych do powierzchni mierzonych uskoków oraz diagram rozetowy

Ciekawą rzeczą obserwowaną w terenie jest obecność powierzchni nasunięć o połączonych kątach upadu (20°–40°) i azymutach kątów upadu 190°–210°. Pojawiają się one mniej więcej od linii przekroju geologicznego 61,5 SN na poziomach eksploatacyjnych X, XI i XII. Tworzyły się one prawdopodobnie w trakcie sedymentacji pokładu węgla. Nie obserwuje się kontynuacji tych nasunięć w wyższych piętrach górniczych.

## 4. Sposoby ograniczania zagrożeń

### 4.1. Uskok USB nr 1

Kontur zbocza południowego w rowie II rzędu został zaprojektowany dla udostępnienia poziomu  $-80$  m n.p.m. na szerokości umożliwiającej prowadzenie eksploatacji do rzędnych  $-110$  m n.p.m. Dla realizacji powyższego zadania zaprojektowany kontur charakteryzuje się następującymi parametrami:

- zmienne nachylenie generalne zbocza w części wschodniej w zakresie rzędnych  $-80/-5$  m n.p.m. od 1:1,45 do 1:1,77; w części zachodniej w zakresie rzędnych  $+8/-80$  m n.p.m. ok. 1:1,8 oraz w zakresie rzędnych  $+40/-80$  m n.p.m. ok. 1:1,9;
- wysokość skarp: 20 metrów oraz 15 metrów dla dwóch najniższych skarp rozdzielonych półką pośrednią o szerokości około 5 metrów;
- nachylenie pojedynczych skarp 1:0,7;
- półka na rzędnej  $-2/-5$  m n.p.m. o szerokości 50–60 metrów — półka ta ma na celu zgromadzić koluwia osuwiska powstałego ewentualnie w prognozowanym rejonie zagrożeń nr VII/S; minimalną szerokość półki szacuje się w oparciu o podobne osuwiska (15S,16S,19S) na ok. 50–60 m.
- szerokość półki na rzędnej  $-30$  m n.p.m. 25–30 metrów w części wschodniej;
- skarpy w przedziale  $-50/-65$  i  $-65/-80$  m n.p.m. rozdzielone zostaną półką pośrednią o szerokości 6 metrów;
- skarpy odcinkowo formowane będą po powierzchni stropowej podłoża mezozoicznego;
- skarpa w zakresie rzędnych  $-80/-110$  m n.p.m., w nachyleniu 1:1,5.

Do obliczeń stateczności przyjęto parametry dla IV klasy masywu skalnego ( $c = 125$  kPa;  $\phi = 18^\circ$ ). Przeprowadzono także obliczenia dla słabszych parametrów klasy V ( $c = 100$  kPa;  $\phi = 15^\circ$ ). Rezultaty kontrolnych obliczeń stateczności projektowanego zbocza południowego, dla wariantów zbocza ukształtowanego wyłącznie w utworach skalistych, tj. do rzędnej  $-80$  m n.p.m., wykazują wystarczający zapas stateczności — wskaźniki stateczności w większości przypadków są większe od 1,30. Niższe wartości współczynnika stateczności, uzyskane dla słabszych parametrów klasy V wskazują na lokalne zagrożenie stateczności. Wyniki analiz stateczności dla zbocza w wariantach zbocza uformowanego do docelowej głębokości eksploatacji tj. do rzędnej  $-110$  m n.p.m., wskazują na znacznie gorsze warunki stateczności — wartości wskaźnika stateczności są niższe a miejscami bliskie jedności. Wynika to ze zwiększonej o 30 metrów wysokości oraz z obecności w budowie podstawy zbocza zaburzonych utworów trzeciorzędowych (skarpa stała  $-110/-80$  m n.p.m.). Ponadto w konturze docelowym, wyraźnym niedoborem stateczności będzie charakteryzował się odcinek zbocza pomiędzy liniami 56–57SN (część zachodnia).

### 4.2. Uskok UNB nr 2

Zagrożenie osuwiskowe w piętrach powyżej rzędnej  $-50$  m n.p.m. związane jest ze zmianą nachylenia warstw w urabianym piętrze oraz obecnością przewarstwień ilastych

w węgłu. W wyniku podcinania skarpy o niekorzystnym nachyleniu warstw może dochodzić do oderwania się dużych brył węgla od calizny urabianej skarpy i ich przemieszczania się po powierzchniach przewarstwień ilastych. Aby ograniczyć powstawanie tego typu zjawisk, kierunek urabiania pietra dobiera się w taki sposób, aby w przypadku nachylenia warstw na południe eksploatację prowadzić zgodnie z kierunkiem upadu. W zakresie rzędnych –50/–80 m n.p.m. skarpa stała zbocza północnego profilowana jest w utworach powęglowych, w nachyleniu 1:1,5 z półką pośrednią na rzędnej około –74 m n.p.m. Górna krawędź skarpy lokalizowana jest poza krawędzią uskoku tak aby dolna krawędź skarpy na rzędnej –80 m n.p.m. znalazła się w bezpośrednim kontakcie z powierzchnią uskoku UNB nr 2. Skarpa poniżej formowana jest generalnie po powierzchni odzwierciedlającej spąg węgla.

## 5. Podsumowanie

- W wyniku zmiany konturu dolnych partii zbocza, na całym odcinku zawartym pomiędzy liniami 63–56SN w zakresie rzędnych –30±–80 m n.p.m., na odcinku o długości ok.1300 metrów ograniczono zagrożenie osuwiskowe związane z pozostawianiem w korpusie zbocza poddartych i zaburzonych spągowych partii węgla z licznymi przewarstwieniami ilastymi. Zagrożenia tego typu występować będą w najniższym piętrze górniczym –80/–110 m n.p.m., na całej długości rowu II rzędu. Dla ich ograniczenia niezbędne będzie zsynchronizowanie postępu robót eksploatacyjnych z postępowaniem robót zwałowych.
- Uskok północny UNB nr 2 wymusza odpowiedni dobór kierunku eksploatacji oraz konieczność wybierania piasków podwęglowych w zakresie rzędnych –50/–80 m n.p.m., w celu zminimalizowania ilości zbrekcionowanych gruntów strefy uskokowej pozostawionych w konturze zbocza.

## LITERATURA

- [1] *Czarnecki L., Felisiak I.*: Ruchy masowe generowane uskokami zrzutowymi w rejonie Rowu II-rzędu w KWB Bełchatów. V Ogólnopolska Konferencja „Neotektonika Polski”: Neotektonika a morfo tektonika: Metody Badań, Witold Zuchiewicz [red.], Kraków, wrzesień 2003, s. 38–42
- [2] *Kossowski L., Olszewski B., Sowiński L., Wojturska M., Sowa J.*: Reinterpretacja budowy geologicznej złoża Bełchatów w rejonie linii przekrojowych 42–70NS. Zakład Geologii Stosowanej Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, 1992
- [3] *Sowiński L., Wcisło A., Kurpiewska I.*: Pole Bełchatów. Ocena stopnia zagrożenia oraz wytyczne do prowadzenia skarpi stałych zbocza południowego 0/–110 m n.p.m. pomiędzy liniami 63SN–55SN, etap VI. Biuro Projektów Górniczych i Geologicznych PROGIG Sp. z o.o., Wrocław, 2010