

## OBSUNIĘCIE SKARPY ZWAŁU WEWNĘTRZNEGO W JEDNEJ Z KOPALNÍ ODKRYWKOWYCH WĘGLA BRUNATNEGO

UKD 624.131.537:553.96:622.271.3(438.26-14)

Jednym z najpoważniejszych zagadnień bezpieczeństwa pracy w górnictwie odkrywkowym jest zapewnienie stateczności ścian wyrobisk, które polega na zabezpieczeniu ich przed możliwością powstania zsuwów i to ze stopniem bezpieczeństwa, który w danych warunkach uznano za wystarczający. Szczególnie niebezpieczeństwo w kopalniach odkrywkowych stwarza zachwianie równowagi skarp zwałowisk, ponieważ może doprowadzić do okresowego lub całkowitego przerwania pracy kopalni. Podając opis obsuwu i omówienie przyczyn (ryc. 1), które prawdopodobnie go wywołały, autor podkreśla doniosłość problemu stateczności skarp zwałowisk.

### WPROWADZENIE

Ilość zwałowanego nadkładu w omawianej odkrywkowej kopalni węgla brunatnego jest przedsięwzięciem nie spotykanym dotychczas w Polsce i na taką skalę jednym z największych w Europie. Wystarczy nadmienić, że obszar przewidziany na zwałowisko zewnętrzne wyniesie 16 km<sup>2</sup>, a wysokość bezwzględna zależy od konfiguracji istniejącego terenu do 180 m.

Zwałowisko wewnętrzne rozciąga się na N od frontów eksploatacyjnych, a długość jego wynosi 3000 m, osiągając w omawianym okresie różnicę poziomów 100 m na obszarze 200 ha. W środku wykopu odkrywkowy pokład węgla brunatnego tworzy wypiętrzenie, dzielące zwałowisko wewnętrzne na część zachodnią z maksymalnym zagłębieniem (160 m npm), w którym zlokalizowano zbiornik spływowy (rzapie) oraz stację pomp dla wód tej części wykopu, i na część wschodnią z najniższym poziomem 160 m npm, również ze stacją pomp. Zachodnia część odwadnianiana jest w kierunku Nysy, wschodnia część zwałowiska natomiast w kierunku rzeki Miedzianki.

Intensywnie (tab. I) zwałowanie wewnętrzne, w ostatnich 3 latach poprzedzających obsuw prowadzone było w zachodniej części zwałowiska dwoma po-

ziomami, z wachlarzowym postępem frontu zwałowania na długości 500—600 m. Zwałowanie nadkładu na zwałowisku prowadzono na poziomie 210 m npm za pomocą zwałowarki As-800 — rok produkcji 1937/38 (ciężar 460 t), która zwałowała podpoziomowo 60 m oraz na poziomie 250 m npm, przy zastosowaniu zwałowarki As-1120 — ciężar 1050 t, która sypała materiał skalny nadpoziomowo, na wysokości 18 m i podpoziomowo 40 m. W wyniku takiego sposobu zwałowania przeciętna wysokość zwału wewnętrznego wynosiła 118 m (ryc. 2).

### SZKIC GEOLOGICZNY ORAZ WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE I MECHANICZNE ZWAŁOWANEGO NADKŁADU I PODŁOŻA ZWAŁOWISKA

Na podstawie uśrednionych wyników badań geotechnicznych i profiliw geologiczno-inżynierskich wykonanych przez P.G.I. — Kraków oraz pomiarów geodezyjnych sporządzono roboczy przekrój geologiczno-inżynierski I—I (ryc. 2), pozwalający stwierdzić, że:

1. Podłoże zwałowiska wewnętrznego, wykształcone w postaci trzeciorzędowych łów od ciemnoszarych do ciemnobrunatnych, jest nachylone w kierunku zgodnym z nachyleniem skarp roboczych i wynosi 3° 30'. Właściwości fizyczne i mechaniczne podłoża przedstawia tabl. II.

2. Materiałem skalnym zwałowanym na zwałowisku wewnętrznym były utwory trzeciorzędowe — iły, piaski, żwiry oraz wkładki węgla brunatnego występujące w nadkładzie kopalni. Niezależnie od wyżej wymienionych gruntów zwałowano tu popiół i elektrowni, spalającej węgiel brunatny. Procentowy skład zwałowanego gruntu był następujący:

grunty spoiste — iły, gliny	70%
grunty sypkie — piaski, żwiry, wkładki węgla brunatnego	20%
popiół	10%

Tabela I

## ILOŚCIOWE ZESTAWIENIE ZWAŁOWANEGO NADKŁADU

Rok	Długość frontu (m)		Poziom 210 m n.p.m.		Poziom 240 m n.p.m.		Razem		Udział popiołu na zwałowisku %
	Poziom 210 m	Poziom 240 m	Nadkład m <sup>3</sup>	Popiół m <sup>3</sup>	Nadkład m <sup>3</sup>	Popiół m <sup>3</sup>	Nadkład m <sup>3</sup>	Popiół m <sup>3</sup>	
A	600	500	2 458 182	74 528	3 317 038	546 222	5 775 220	620 750	9,7
B	600	500	3 861 903	53 126	1 707 440	723 490	5 569 343	776 616	12,2
C	600	500	730 538	—	748 447	—	1 478 985	—	—
Razem	—	—	—	—	—	—	12 820 548	1 397 366	—

Tabela II

## WŁASNOŚCI FIZYKO-MECHANICZNE PODŁOŻA ZWAŁÓW WEWNĘTRZNYCH

Rodzaj gruntu	Wilgotn. natural. Wn %	Ciężar objęt. T/m <sup>3</sup>	Kąt tarcia wewnętrz. stopnie	Spojność T/m <sup>2</sup>	Grupa plast. lp	Grupa płyn. ly	Wskaźnik plastycz. Wp	Zawartość %	
								frakcji żwirowej piaskowej	Pozostałe frakcje
il	33,6	1,76	26	4,6	36	52	16	15	85

Tabela III

## WŁASNOŚCI FIZYKO-MECHANICZNE ZWAŁOWANYCH GRUNTÓW

Rodzaj gruntu	Wilgotn. natural. Wn %	Ciężar objęt. T/m <sup>3</sup>	Kąt tarcia wewnętrz. stopnie	Spojność T/m <sup>2</sup>	Grupa plast. lp	Grupa płyn. ly	Zawartość %	
							frakcji żwirowej piaskowej	Pozostałe frakcje
il + węgiel + żwir	52,51	1,51	14°	3,1	30,47	61,35	19,2	80,8

Tabela IV

## WYSOKOŚCI I KĄTY NACHYLENIA SKARP ZWAŁÓW WEWNĘTRZNYCH W REJONIE OBSUWU

Nr poziomu	Przed obsuwem		Po obsuwie		Generalny kąt nachylenia skarpy (stopnie)	
	Wysokość poziomu m	Kąt nachylenia (stopnie)	Wysokość poziomu m	Kąt nachylenia (stopnie)	Przed obsuwem	Po obsuwie
240	45	26°34'	40	14°	9°50'	7°10'
	40	26°34'				
	35	18°				
210	63	10°	66,5	7°10'	9°50'	7°10'
	62	9°				
	33	12°				

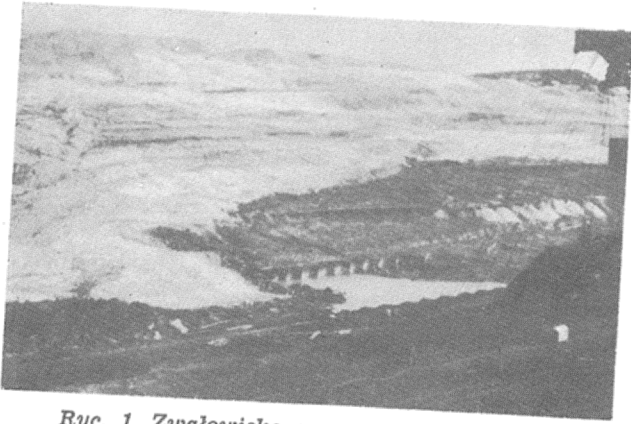
Właściwości fizyczne i mechaniczne utworów budujących zwały wewnętrzne przedstawia tab. III.

Właściwości (2) fizyczne i mechaniczne zwałowanego popiołu, nie podlegającego procesowi mieszania z materiałem skalnym w czasie zwałowania i transportu, są następujące:

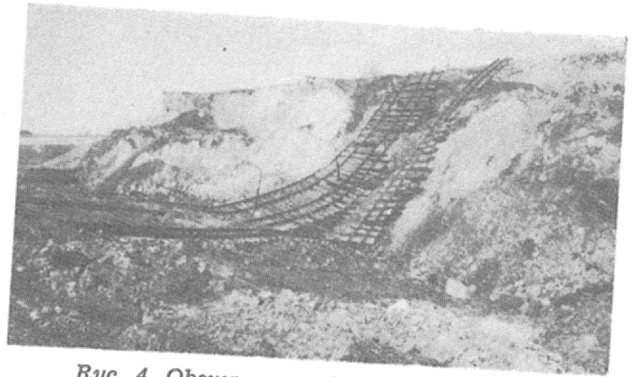
wilgotność, w wagonach nakładowych średnio 30%  
ciężar właściwy, średnio 1,24 t/m<sup>3</sup>  
ciężar objętościowy przy naturalnym zagęszczeniu, średnio 0,54 t/m<sup>3</sup>

kąt tarcia wewnętrzny, średnio 34°  
porowatość w stanie luźnym, średnio 79°  
moduł ściśliwości próbki nie poddanej sztuczemu zagęszczeniu, średnio 27 kG/cm<sup>2</sup>

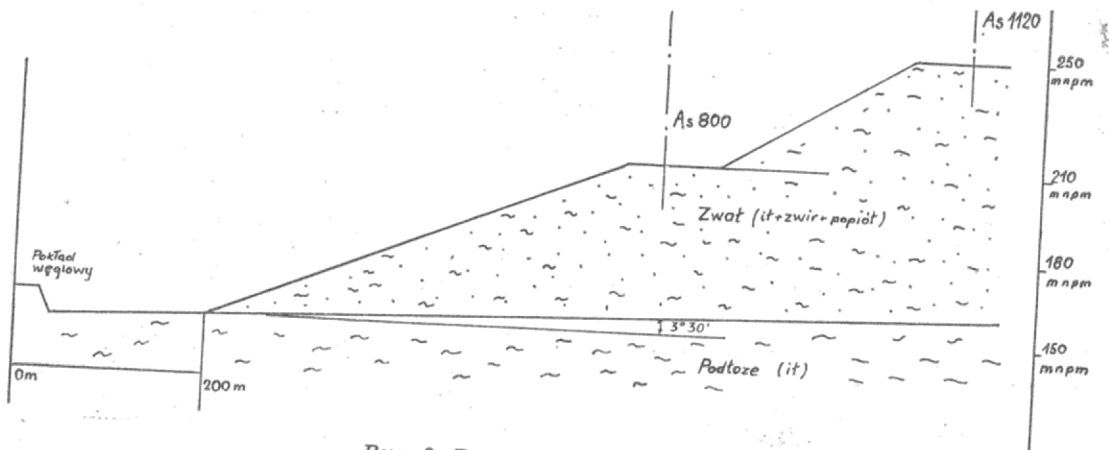
3. Miąższość partii zwałowanej waha się w granicach od 80 do 120 m. Wysokość skarp i kąty nachylenia na zwałowisku w rejonie obsuwu zamieszczono w tab. IV.



Ryc. 1. Zwałowisko wewnętrzne — obsuw.  
Fig. 1. Internal heaps — landslide.



Ryc. 4. Obsuw na poziomie 210 m n.p.m.  
Fig. 4. Landslide at a level of 210 m a.s.l.



Ryc. 2. Przekrój roboczy I—I.  
Fig. 2. Cross section I—I.



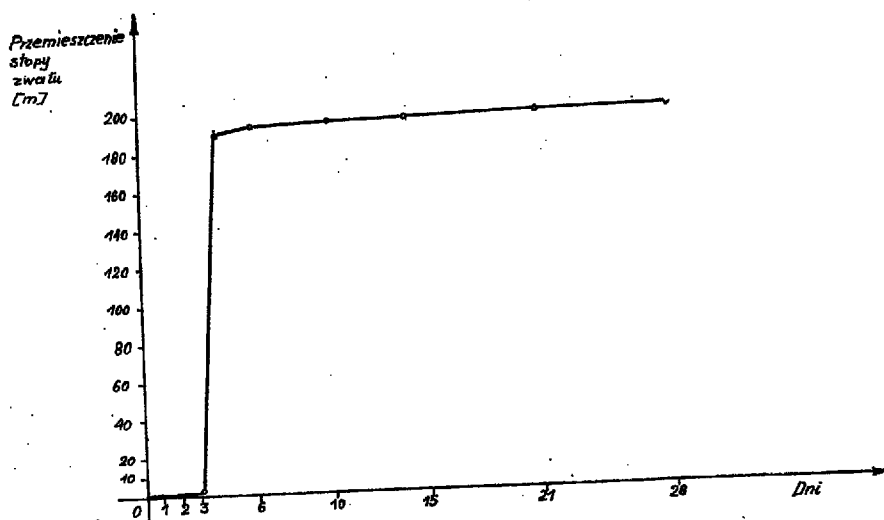
Ryc. 3. Obsuw na poziomie 240 m n.p.m.  
Fig. 3. Landslide at a level of 240 m a.s.l.

4. Materiał skalny dość silnie zawodniony, uzyskanie pomiarów zwierciadła wody w tej partii zwałów było utrudnione z powodu niszczenia punktów pomiarowych w procesie zwałowania. Należy przypuszczać na podstawie analogii z innymi partiami zwałów wewnętrznych, że nie występowały poziomy wodonośne o większym rozprzestrzenieniu, lecz były to wody o małym zasięgu, odizolowane od siebie.

#### MORFOLOGIA OSUWISKA I HIPOTEZA PRZEBIEGU OSUWISKA

W latach (nazwijmy je B i C) prowadzono zwałowanie wewnętrzne na dwóch poziomach 250 i 210 m n.p.m, gdzie pracowały zwałowarki As-1120 i As-800, zwałując nadkład na frontach o długości 500 i 600 m. Krótkie fronty pracy powodowały pracę zwałowarek prawie jedna nad drugą. Ilość zwałowanych mas nadkładu (tab. I), przy dużej wysokości skarp (tab. IV) naruszyły warunki stateczności zwałowiska, powodując powstanie obsuwu, który doprowadził do przemieszczenia 3,5 mln m<sup>3</sup> zwałowanego nadkładu.

Według klasyfikacji podanej przez M. Klimaszewskiego osuwisko o powierzchni powyżej 1 ha należy zaliczyć do dużych, a omawiane objęło swym zasięgiem bezpośrednim 35 ha; doliczając do tego poruszone powyżej obszary, należałoby powiększyć tę liczbę do 48 ha.



Ryc. 5. Wykres przemieszczania uruchomionych mas ziemnych.

Fig. 5. Diagram of displacement of earth masses.

W osi podłużnej osuwisko ma 800 m długości, największa szerokość wynosi 600 m, a przeciętna szerokość 410 m. W górnej części tzw. oderwania wystąpiła niska osuwiskowa (ryc. 3), w której uderza prawie pionowa skarpa wysokości 5–10 m, a niżej zalega obsunięty materiał. Obszar oberwania nie ogranicza zmian osuwiskowych od góry, bowiem w odległości 20–40 m widoczne są liczne pęknięcia i szczeliny. Schodząc w dół od niszy osuwiskowej dostrzega się powierzchnię pofalowaną, oznaczoną większymi lub mniejszymi szczelinami i uskokami. Postępując w dalszym ciągu ku dołowi dochodzi się do czoła obsuwu i zniszczonej ławy węgla wraz z pompownią (ryc. 6).

Na podstawie analizy sztygarskich i dyspozytorskich książek raportowych pierwsze sygnały groźącego niebezpieczeństwa pojawiły się w dniu (nazwijmy go zerowym) na zmianie pierwszej, kiedy w czasie zwałowania podpoziomowego zwałowarką As-1120 wystąpiły szczeliny i spękania na poziomie 250 m npm. Szczeliny i spękania w następnych dniach stałe się powiększały i w trzecim dniu różnica pionowa między poziomem przesuniętym i nieprzesuniętym wynosiła 50 cm. W trzecim dniu od chwili pojawienia się szczelin wystąpił wspomniany już obsuw.

Po wystąpieniu spękań, będących pierwszym sygnałem zachwiania równowagi skarp zwałowiska, nastąpił w nocy obsuw 100 000 m<sup>3</sup>, na kontakcie popiołu z wyżej leżącymi warstwami gruntu i uderzenie tej masy na poziom 210 m npm, wprowadzając w ruch 1,3 mln m<sup>3</sup> na poziomie 210 m npm. Napór tej masy powoduje pęknięcie ławy węgla brunatnego pozostawionej dla bezpieczeństwa i dalsze przemieszczenie mas obsuwu, co pociąga za sobą zarwanie poziomów wyżej leżących i wprowadza w ruch dalsze 2 mln m<sup>3</sup> nadkładu (ryc. 3 i 4).

Wykres (ryc. 5) przemieszczania uruchomionych mas, liczony od chwili pojawienia się spękań aż do zaniku (uspokojenia się) zjawiska, sporządzony na podstawie obserwacji mierniczych i analizy planów sytuacyjnych oraz raportów sztygarskich, pozwala wyróżnić trzy okresy:

- 1) okres początkowy — powstanie spękań, szczelin, czas trwania od 90 do 100 godz. Prędkość przemieszczenia 0,5 cm/godz.;
- 2) okres katastrofy — czas trwania ok. 2 godz.; średnia prędkość przemieszczania mas ziemi 95 m/godz.;
- 3) okres końcowy — zanikanie przemieszczeń mas ziemi, czas trwania 25 dni, po 29 dniach od chwili

powstania szczelin stopa obsuwu nie wykazała zmiany położenia.

Badania kontrolne po 2 latach również nie wykazują odchyżeń przy całkowitym wstrzymaniu zwałowania w tej części zwałów wewnętrznych.

#### WNIOSKI

Osuwisko powstaje w przypadku, kiedy naruszona zostaje równowaga między naprężeniami ścinającymi a oporem gruntu przeciw ścinaniu. Głównymi przyczynami naruszenia stateczności skarp są czynniki związane ze zmianą:

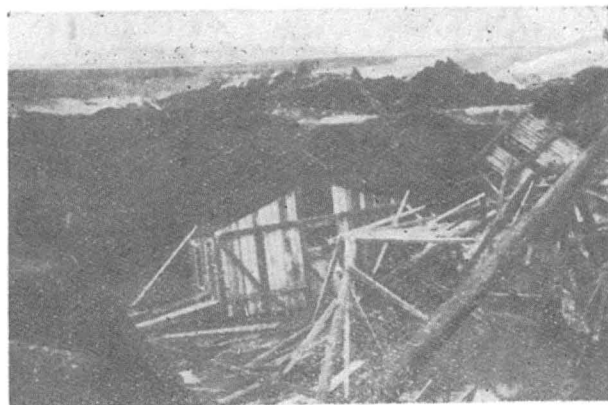
- 1) fizyczno-mechanicznych własności gruntu,
- 2) w obciążeniu gruntów.

Zmiana fizyczno-mechanicznych własności gruntów, polegająca na zmniejszeniu spójności (kohezji) pomiędzy cząsteczkami gruntu powstała wskutek:

- a) zwiększenia zawartości wody w gruncie, ponieważ w dniu poprzedzającym obsuw wystąpiła intensywna burza, która trwała kilka godzin. Woda z tych opadów przez wytworzone szczeliny i spękania infiltrowała w głąb, zmniejszając wytrzymałość gruntu na ścinanie;
- b) wstrząsów wywołanych pracą zwałowarki i ruchem pociągów nadkładowych na poziomach roboczych. Według Strzodki (3) wytrzymałość na ścinanie gruntu ilastego zmniejsza się od 1,4 do 20%, przy ruchu pociągów nadkładowych i od 0,7 do 4%, w czasie pracy koparek i zwałowarek (zakres częstotliwości od 35 do 56 Hz).

Zmiana w obciążeniu gruntu:

- a) nadmierne obciążenie poziomów roboczych 210 i 250 przez sypanie dużych ilości mas ziemnych na bardzo krótkim froncie 500 i 600 m;
- b) duża wysokość sypanych podpoziomowo skarp — 40 i 60 m oraz niekorzystne nachylenie podłoża (zgodne z nachyleniem skarp). Wysokość zapewniająca stateczność skarp — 25 m przy kącie nachylenia 20° (obliczenia dokonane metodą Falleniusa);
- c) wzrost ciężaru gruntów ilastych przez nasycenie wodami opadowymi pochodzącymi z intensywnej ulewy, które infiltrowały szczelinami, spękaniem i uskokami w głąb gruntu. Pomimo że wymienione przyczyny powstały łącznie, to główny decydujący wpływ na zachwianie równowagi miało nieutrzymanie wymaganych wysokości i nachyleń skarp oraz szerokości poziomów, szczególnie w partii, gdzie nastąpił pierwszy obryw masy ziemnej. Niskie parametry fi-



Ryc. 6. Czoło obsuwu; zniszczona pompownia.

Fig. 6. Landslide front. Damaged pump station.

zyko-mechaniczne zwałowanych gruntów, obniżone dodatkowo działaniem wody opadowej i systemem zwałowania, umożliwiającym powstanie płaszczyzn poślizgowych na kontakcie między utworami o różnych właściwościach geotechnicznych (popiół i materiał skalny) tym bardziej nie mogły zapewnić stateczności zbyt intensywnie i wysoko sypanym skarpom.

## LITERATURA

1. Cytowicz N. A. Mechanika gruntów. Wyd. Geol., 1958.
2. Dmitruk S., Waluk J. — Popiół jako grunt zwałowy. Węgiel brun., 1962, nr 3.
3. Lisiecka, Żak — Sprawozdanie służbowe z osuwisk w kopalni Węgla Brunatnego „Turów”. K. W. B., Turów, 1963.
4. Sulima-Samujłło J. — Górnictwo odkrywkowe, cz. II, PWN, 1961.

## SUMMARY

The article deals with a landslide that has been responsible for a displacement of about 3.5 million cubic metres of soil dumped mechanically in a brown coal mine. A diagram showing the changes in position of landslide front in time is presented and factors influencing the landslide are given.

## РЕЗЮМЕ

Статья посвящена описанию оползня, возникшего внутри отвала на одном из бурогоугольных карьеров, который сместил 3,5 млн. м<sup>3</sup> массы грунта. Составлен график изменений фронта оползня во времени и рассматриваются причины возникновения оползня.