

INSTYTUT GEOGRAFII  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

ZESZYT 4

PROCESY OSUWISKOWE  
W ŚRODOWISKU  
SZTUCZNYM I NATURALNYM

Opracowała:  
MARIA Z. PULINOWA



W A R S Z A W A 1 9 7 2

**WYKAZ ZESZYTÓW  
PRZEGLĄDU ZAGRANICZNEJ LITERATURY GEOGRAFICZNEJ  
za ostatnie lata**

1968

- 1 **Problemy krajów rozwijających się (Zagadnienia ogólne) — Część II**, s. 184, zł 27,—
- 2/3 **Studia nad paleogeografią holocenu**, s. 180 + nlb., zł 30,—
- 4 **Ogólne zagadnienia kartografii tematycznej**, s. 121, zł 24,—
- Aa **Spis rzeczy zawartych w „Przeglądzie Zagranicznej Literatury Geograficznej” za lata 1950—1968**, s. 89, zł 21,—

1969

- 1 **Zagadnienia bilansu wodnego**, s. 156 + nlb., zł 27,—
- 2 **Postępy metodyczne geografii brytyjskiej**, s. 167 + nlb., zł 30,—
- 3/4 **Modele w geografii**, s. 184 + nlb., zł 36,—

1970

- 1 **Geografia stosowana — cz. IV**, s. 128, zł 24,—
- 2 **Prace z terminologii i metodyki badań osadnictwa wiejskiego**, s. 110 + nlb., zł 24,—
- 3 **Metody ilościowe w radzieckiej geografii ekonomicznej**, s. 127 + nlb., zł 18,—
- 4 **Współczesne procesy geomorfologiczne. Metody badań**, s. 149, zł 27,—

1971

- 1/2 **Teoretyczne problemy współczesnej kartografii**, s. 227 + nlb., zł 30,—
- 3/4 **Problemy regionalizacji w krajach trzeciego świata**, s. 232, zł 30,—

1972

- 1 **Procesy urbanizacji w ZSRR**, s. 132 + nlb., zł 30,—
- 2 **Metody fotointerpretacyjne w badaniach geograficznych**, s. 173 + nlb., zł 30,—
- 3/4 **Modele migracji (w druku)**

INSTYTUT GEOGRAFII  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

ZESZYT 4

PROCESY OSUWISKOWE  
W ŚRODOWISKU  
SZTUCZNYM I NATURALNYM

Opracowała:  
MARIA Z. PULINOWA



## KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: H. Szulc  
Z-ca Red. Nacz.: K. Klimek  
Sekretarz Redakcji: Z. Siemek  
Członkowie Redakcji: B. Rogalewska,  
A. Żeromski

Redaktor techniczny: W. Spryszyńska

---

Adres Redakcji: Instytut Geografii PAN, Warszawa  
Krakowskie Przedmieście 30

---

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa, ul. Śniadeckich 8.  
Zam. 763/72. Nakład Obj. ark. wyd. 8,5, ark. druk. 7 + 21 wklejek.  
Druk ukończono w grudniu 1972 r. A-108.

## SPIS TREŚCI

Wstęp . . . . .	5
Metoda pracy . . . . .	9
Przegląd literatury . . . . .	11

### Część I — Analityczna

DOŚWIADCZENIE TERENOWE . . . . .	17
OSUWISKA W ŚRODOWISKU SZTUCZNYM NA PRZYKŁADZIE ZAGŁĘBIA TUROSZOWSKIEGO . . . . .	25
Krótka charakterystyka zwałowisk . . . . .	25
Przegląd ważniejszych typów osuwisk . . . . .	28
OSUWISKA W ŚRODOWISKU CZĘŚCIOWO NATURALNYM W CZWARTORZĘDOWYCH IŁACH ZASTOISKOWYCH W SU- DETACH . . . . .	39
OSUWISKA W ŚRODOWISKU NATURALNYM . . . . .	46
Osuwiska w utworach trzeciorzędowych na Przedgórzu Su- detów Środkowych i w Kotlinie Raciborskiej . . . . .	46
Osuwiska w wulkanicznym paśmie Gór Kamiennych . . . . .	49
Osuwiska w metamorficznych skałach prekambryjskich na przykładzie Masywu Śnieżnika Kłodzkiego . . . . .	54
Ruchy masowe w obrębie krawędzi Gór Stołowych na przy- kładzie północnego stoku Szczelińca Wielkiego . . . . .	59
Badania porównawcze w Karpatach . . . . .	63
Badania w innych regionach osuwiskowych . . . . .	68

### Część II — Syntetyczna

KLASYFIKACJA OSUWISK . . . . .	77
MORFOLOGICZNA SYSTEMATYKA OSUWISK W OPARCIU O TYPY RUCHU . . . . .	83
ANALIZA DEFORMACJI I STRUKTUR W GŁÓWNYCH TYPACH OSUWISK . . . . .	85
ANALIZA POWIERZCHNI POŚLIZGU . . . . .	91
MECHANIZM RUCHU OSUWISK A MECHANIZM RUCHU LO- DOWCÓW . . . . .	94
UWAGI KOŃCOWE . . . . .	101
SPIS TABEL . . . . .	103
LITERATURA . . . . .	104
SUMMARY . . . . .	110



## W S T Ę P

Pojęcie ruchów masowych początkowo było związane z regionami górskimi. Stale wzrastająca ingerencja człowieka w naturalne środowisko powoduje nie tylko duże zmiany w krajobrazie, ale stwarza warunki dla rozwoju procesów kształtowania rzeźby w sztucznie wytworzonym środowisku. Spośród tych procesów duży udział mają ruchy masowe gruntu na terenach wydobywczych górnictwa odkrywkowego.

Biorąc pod uwagę stopień udziału czynnika antropogenicznego, ruchy masowe można podzielić na:

- 1 — powstałe w warunkach sztucznych (na zwałowiskach)
- 2 — częściowo naturalnych
- 3 — naturalnych.

Ruchy masowe na zwałowiskach tworzą się w środowisku sztucznie wytworzonym. Ruchy powstałe w ścianach eksploatacyjnych są częściowo naturalne; proces przebiega w środowisku naturalnym, a zostaje wywołany działalnością człowieka.

Celem pracy jest uchwycenie prawidłowości rozwoju ruchów osuwiskowych w tych trzech grupach. Wychodząc z założenia, że zjawiska ruchów masowych są pewnym wycinkiem tektoniki, starano się uchwycić i genetycznie sklasyfikować deformacje i struktury powstałe w czasie ruchu osuwiska na powierzchni i w jego wnętrzu. Analiza ta pozwoliła na ustalenie prawideł rozwoju osuwiska w czasie. Ostatecznym efektem jest proponowana klasyfikacja osuwisk.

Przyjęty w pracy termin „osuwisko” odnosi się do wszystkich przemieszczeń gruntu od stanów płynnych, plastycznych po zwarte w skałach miękkich, pelitycznych i fli-szowych, przy stałym kontakcie z podłożem w momencie utworzenia się powierzchni nieciągłości (poślizgu).

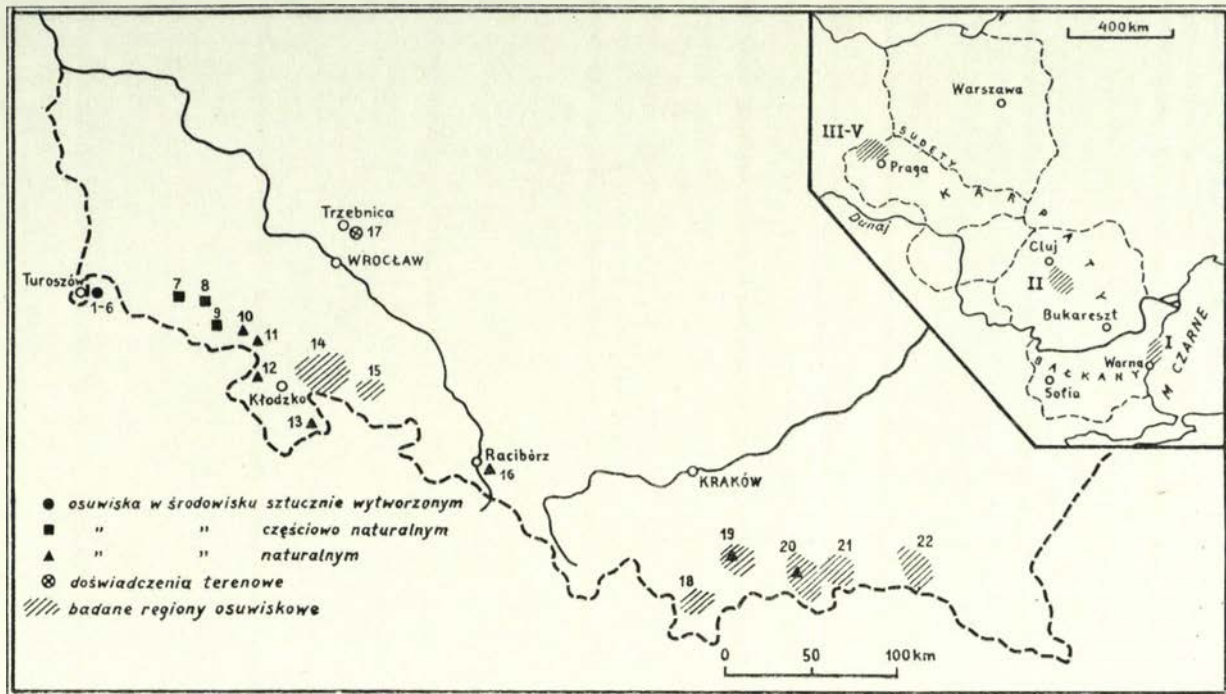
Z punktu widzenia fizyki, rozpatrywane zagadnienia mają głównie charakter kinematyczny, dynamiczna analiza natomiast spełnia rolę podrzędną. Z pomiarów spękań, szczelin i obserwowanych struktur próbuje się rekonstruować ruch — wskazywać „rotacje, przemieszczenia i inne, które mają miejsce wewnątrz masy podczas deformacji” (92). Nie rozpatruje się przyczyn ruchu, co wchodzi już w zakres dynamiki. Używany termin „dynamika ruchu osuwisk” ma charakter geomorfologiczny, a nie fizyczny.

Praca opiera się na materiale zebrany w latach 1967—1969 z terenu Dolnego Śląska, Karpat oraz innych obszarów osuwiskowych Bułgarii, Rumunii i Czechosłowacji (ryc. 1). Z wcześniejszego okresu (od 1962 r.) pochodzą obserwacje osuwisk na zwałowiskach w Zagłębiu Turosszowskim.

Osuwiska w Bułgarii nad Morzem Czarnym, na krawędzi wyżyny Dobrudzy, badane były pod kątem określenia charakterystycznych cech osuwisk nadmorskich. W Rumunii, na osuwiskach w dorzeczu rzeki Aries starano się śledzić etapy ich rozwoju na krawędziach oraz mechanizm ruchu wtórnie przemieszczanych osuwisk. Porównawcze obserwacje prowadzono na krawędziach płyty kredowej w północnych Czechach. Miały one na celu zapoznanie się z głównymi typami ruchu i współczesnymi tendencjami rozwoju krawędzi kredowych. W północnych Czechach udało się przeprowadzić wiele obserwacji nad deformacjami w strefie poślizgu. Z problematyką osuwisk w środowisku sztucznym autorka zapoznała się w północnoczeskim zagłębiu węgla brunatnego (Kadań — Tušimice).

Temat został opracowany i zrealizowany dzięki otrzymaniu stypendium doktoranckiego w Instytucie Geografii PAN w Warszawie.





Ryc. 1. Lokalizacja badanych osuwisk i regionów osuwiskowych.

Location of landslides and landslide areas investigated.

1—6 — Zagłębie Turoszowskie, 7 — Jelenia Góra, 8 — Marciszów, 9 — Kamienna Góra, 10 — Rybnica, 11 — Grzmiąca, 12 — Szczeliniac Wielki, 13 — masyw Śnieżnika Kłodzkiego, 14 — okolice Ziębic, 15 — okolice Otmuchowa, 16 — Kotlina Raciborska, 17 — Trzebnica, 18 — Pogórze Gubałowskie, 19 — Lubogosz, 20 — Piwniczna, 21 — zbocza doliny Ropy, 22 — zbocza doliny Jasiołki.

I — wybrzeże Morza Czarnego w Bułgarii na północ od Warny, II — dorzecze rzeki Aries na Wyżynie Transylwańskiej w Rumunii, III — krawędzie płyty kredowej w północnych Czechach, IV — Średniogórze Czeskie, V — północnoczeska niecka węgla brunatnego.

1—6 — Turoszów Basin, 7 — Jelenia Góra, 8 — Marciszów, 9 — Kamienna Góra, 10 — Rybnica, 11 — Grzmiąca, 12 — Szczeliniac Wielki, 13 — Śnieżnik Kłodzki massif, 14 — vicinities of Ziębice, 15 — vicinities of Otmuchów, 16 — Racibórz Basin, 17 — Trzebnica, 18 — Gubałów Hills, 19 — Lubogosz, 20 — Piwniczna, 21 — slopes of the Ropa river bank, 22 — slopes of the Jasiołka valley.

I — Black Sea shore in Bulgaria, north of Varna, II — basin of the river Aries in the Transylvanian Upland, Rumania, III — edges of Cretaceous Plateau in northern Bohemia, IV — Bohemian Středihohí, V — North-Bohemian brown coal basin.

Roli promotora pracy podjął się Profesor dr Alfred Jahn, któremu składam serdeczne podziękowania. Panowie Profesorzy Jan Flis, Stanisław Szczepankiewicz oraz Leszek Starkel jako recenzenci, wnieśli do pracy cenne uwagi, za które dziękuję.



## METODA PRACY

Dążenie do wyjaśnienia ruchu osuwisk w różnych środowiskach skłania do podporządkowania temu celowi metod badawczych. Duża rozpiętość rozpatrywanych osuwisk zwróciła w początkowym okresie uwagę autorki na formy najmniejsze, łatwo dostępne, które były traktowane jak naturalne modele. Na nich wypracowano metody, które z kolei stosowane były przy badaniu wielkich form. Obserwacje przeprowadzone na osuwiskach w różnych warunkach, opierają się o ujednoczone metody, zaczerpnięte z geomorfologii, geologii strukturalnej i geologii inżynierskiej.

Prace podstawowe obejmowały rozpoznanie geologiczne jak i określenie warunków wodnych, wykonanie zdjęcia geomorfologicznego oraz przekrojów podłużnych i poprzecznych przez osuwiska. Na plan wykonany przy pomocy teodolitu, teletopu, lub kompasu typu „Meridian”, były nanoszone formy osuwiskowe w oparciu o przyjętą sygnaturę. Przy planach teodolitowych nawiązywano do wysokości bezwzględnych (Marciszów, Kamienna Góra, Trzebnica), przy planach wykonanych teletopem i kompasem typu „Meridian”, podawano wysokości względne.

Do badań szczegółowych, mających na celu odtworzenie typu przemieszczeń w poszczególnych osuwiskach, należało:

- 1 — analiza drobnej tektoniki
- 2 — analiza struktur osuwiskowych
- 3 — analizy laboratoryjne.

Analiza drobnej tektoniki polegała na nanoszeniu spękań, szczelin, stopni i rozpadlin na plany osuwisk. Mierzone były azymuty i wartości upadów płaszczyzn poszczególnych szczelin. Następnie konstruowano diagramy punktowe lub konturowe w oparciu o siatkę wiernopowierzchniową Schmidta (35, 62). Diagramy te pozwoliły uchwycić główne systemy spękań panujące w różnych strefach osuwiskowych, co z kolei było wskaźnikiem przeważających tu kierunków działania sił. W wykopach i odsłonięciach rejestrowano struktury osuwiskowe, starając się odtworzyć warunki, w jakich powstawały.

Rodzaj gruntu został określony w laboratorium metodą analizy sitowej oraz analizy Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego. Wilgotnościowe analizy zmierzały do ustalenia aktualnych warunków wodnych w osuwającym się gruncie oraz wrażliwości danego utworu na wodę. Były to: bezpośredni pomiar wilgotności przy pomocy cylindereków, szybkość rozmakania, granica plastyczności i granica płynności w aparacie Cassagrande'a. Ta ostatnia pozwalała na odtworzenie warunków wilgotnościowych panujących w spływach błotnych przed ich ustabilizowaniem. Objętościowe analizy gruntu zmierzały do wskazania, jak dalece udział części stałych, wody i powietrza ulega zmianie pod wpływem przemieszczenia (osuwiska na zwałowiskach w Turosszowie). W miarę potrzeby wykonywane były jeszcze inne analizy gruntoznawcze.

Wiek starych, naturalnych osuwisk odtworzono przy pomocy następujących badań:

- 1 — stosunku do pokryw zwietrzelinowych,
- 2 — stosunku do teras rzecznych,
- 3 — analizy osadów w zagłębieniach bezodpływowych (43, 53).

## PRZEGLĄD LITERATURY

Dotychczasowe badania nad ruchami masowymi przebiegały w dwóch kierunkach: przyrodniczym i geologiczno-inżynierskim.

Kierunek przyrodniczy, wyrosły na gruncie geologii i geomorfologii dąży do wyjaśnienia roli osuwisk w całym systemie procesów geomorfologicznych, zachodzących na powierzchni ziemi. Spośród licznych publikacji zostaną tu omówione prace dotyczące sposobu przemieszczania mas gruntowych, poczynając od spływów błotnych, spływów ziemnych po zerwy i zsuwy strukturalne.

Spływy błotne<sup>1</sup>, będące na pograniczu procesów fluwialnych, licznie występują w wysokogórskich strefach klimatu umiarkowanego i półsuchego (73) oraz w klimacie peryglacjalnym (3, 19, 55). Zjawiska te znane są również z wybrzeży morskich, gdzie tworzą się w czołach wielkich osuwisk (59, 61).

A. Rapp (65, 66) na podstawie badań na Półwyspie Skandynawskim widzi spływy błotne jako jeden z etapów procesów stokowych, stawiając je jako pośrednie ogniwo pomiędzy zerwami, a erozyjnym uprzątaniem koluwium przez wodę. Wielu autorów podkreśla rytmiczny charakter spływów błotnych (89), w zależności od dostarczanej wody. Badania D. B. Priora (59) na wybrzeżu północnej Irlandii zmierzały do ustalenia związku prędkości ruchu z opadami. Ostatnio w Anglii

---

<sup>1</sup> Spływem błotnym nazywam formę o konsystencji płynnej i półpłynnej, w której brak jest deformacji nieciągłych (spękań, szczelin).

rozwinęły się precyzyjne metody pomiaru prędkości wewnątrz płynącej masy (15). Badania nad strukturą spływów błotnych pozwoliły ustalić, że może ona być: luźna, porowata (55), beżładna (73), lub posiadać elementy ukierunkowane (3, 65).

Klasycznym przykładem spływu ziemnego<sup>2</sup> w literaturze polskiej jest osuwisko w Szymbarku (71). Szczegółowa analiza mechanizmu ruchu, oparta na wnikliwych obserwacjach budujących utworów, drobnej tektoniki osuwiskowej i warunków wodnych, pozwalają w pełni zrozumieć przebieg procesu.

Spływy ziemne z terenu Podhala były tematem opracowań K. Jakubowskiego (20, 21, 22), który m.in. zajmuje się ukierunkowaniem grubszych elementów w masie osuwiskowej. L. Sawicki (71), H. Teisseyre (86), T. Ziętara (103) podkreślają, że rozwój spływów ziemnych postępuje ku górze przez cofanie się niszy.

Na szczególną uwagę zasługują prace H. Teisseyre'a (82, 83, 84, 85, 86), który ustala wiele prawideł dla osuwisk karpacckich. Przyjmuje on, że ruch odbywa się po „powierzchni wklęsłej (cykloidalnej, logoidalnej), wskutek obrotu około pewnej ruchomej osi”. Uważa, że spływy ziemne posiadają strukturę beżładną, a ruch przypomina „płynięcie lodowców, lub płynów skrzepłych nagle”. H. Teisseyre zwraca uwagę na miniaturowe formy „zerw<sup>3</sup> zboczowych”, które uważa za powtórzenie wielkich osuwisk we fliszu karpacckim.

Sposób przemieszczania mas skalnych w zsuwach<sup>4</sup> strukturalnych opracował J. Flis (9) na przykładach zaczerpniętych z Beskidu Sądeckiego. Na rotacyjny charakter ruchu zerw w skałach osadowych zwracają uwagę B. Świdorski (80), V. Tufescu (90), oraz autorka we wcześniejszych pracach (61). Cie-

---

<sup>2</sup> Spływem ziemnym nazywam formę o przewadze konsystencji plastycznej i półzwartej, w której występują deformacje nieciągłe na powierzchni.

<sup>3</sup> W zerwie ruch odbywa się wzdłuż cylindrycznej, względnie zbliżonej do cylindrycznej powierzchni poślizgu.

<sup>4</sup> W zsuwie materiał ulega przemieszczeniu równoległe do powierzchni poślizgu.

kawą interpretację rytmicznego ruchu osuwiska w skałach pelitycznych zaproponował G. Reichelt (67). Mechanizmem ruchu osuwisk w skałach wulkanicznych zajmowali się liczni badacze czescy, a wśród nich J. N. Woldřich (100), J. Pašek i J. Demek (51). Krawędziowe ruchy masowe były przedmiotem opracowań J. Fencla (7) oraz R. A. Watsona i H. E. Wrighta (96). Syntetyczne prace L. Snopko (75) i G. J. Ter-Stepaniana (87) traktują o zagadnieniach odkształceń nieciągłych na powierzchni osuwiska.

M. Klimaszewski (30) w podręczniku geomorfologii podając szereg klasyfikacji ruchów masowych, opartych na kryteriach geologicznych, omawia przebieg ruchu osuwiskowego i jego odbicie w morfologii. Przytoczony podział szczelin ma charakter geometryczny.

Kierunek geologiczno-inżynierski w badaniu osuwisk rozwinął się w latach 20-tych naszego stulecia w związku ze wzrastającymi potrzebami budownictwa. Analiza osuwisk w warunkach naturalnych i sztucznych oparta jest tu na teoretycznych podstawach mechaniki gruntu (31, 88).

P. Śliwa i Z. Wilk (77, 78) określają warunki stabilności dwóch osuwisk podhalańskich przy pomocy badań laboratoryjnych. Dla nas interesujące są wnioski odnośnie kształtu powierzchni poślizgu oraz przykłady deformacji fałdowych w czole osuwiska na Bachleckim Wierchu. S. Novosad (46) wyróżnia na podstawie kilku profili stokowych z terenu Beskidów w Czechosłowacji, dwa rodzaje zaburzeń grawitacyjnych w skałach fliszowych, powstałych wskutek osłabienia wytrzymałości skał w miarę pogłębiania się dolin, oraz przez przesunięcia mas skalnych wzdłuż powierzchni uwarstwienia. J. Fencel i A. Svatoš (8) przyjmują badania laboratoryjne za podstawę do odtworzenia warunków panujących w plejstoceńskim spływie soliflukcyjnym w wulkanicznych utworach koło Žlutice. J. N. Hutchinson (13, 14, 15) analizując poszczególne profile w osuwiskach przy pomocy metod geofizycznych, odtwarzał z dużą dokładnością obraz warunków panujących wewnątrz osuwiska.



Dużą grupę stanowią prace, które mają na celu zapobieganie osuwiskom na terenach kopalni odkrywkowych zarówno w skarpach wyrobisk, jak i na zwałowiskach. Wiele powierzchni poślizgu osuwisk w zagłębiu konińskim, według K. Meissnera (39), jest uwarunkowane zaburzeniami glacictektonicznymi. R. Krajewski (33) uważa, że kształt powierzchni poślizgu w ścianach roboczych tego zagłębia nie jest cylindryczny. Piśze on, że jest to „z zasady stroma strefa oderwania i lekko nachylona powierzchnia poślizgu”. J. Rybań i J. Dobr (70), badając ściany eksploatacyjne kopalń odkrywkowych w północnych Czechach, stwierdzają istnienie licznych deformacji zmarszczkowych, które wiążą z grawitacyjnymi przemieszczeniami w plejstocenie.

Przy badaniu zwałowisk dąży się do wyznaczania takich parametrów geometrycznych skarp, które gwarantują bezpieczeństwo. J. Kisiel (28) o jednym ze zwałów piśze: „Obserwowano tutaj charakterystyczne toczenie się stopy zwału po terenie”, co, zdaniem autora, wskazuje, że powierzchnia poślizgu nie ma kształtu cylindrycznego, lecz „przebiega najprawdopodobniej według krzywej wykładniczej”. J. Chwastek (4) analizując zaburzenia w strefie krawędziowej zwału, wyróżnia deformacje osuwiskowe i deformacje związane z powolnymi odkształceniami reologicznymi.

W geologii inżynierskiej dużą rolę przypisuje się badaniom laboratoryjnym (31, 79, 88). Jednakże rozbieżności pomiędzy wynikami otrzymanymi w laboratorium a sytuacją w terenie skłaniają badaczy do przywiązywania większej wagi do prac terenowych. Dobrym przykładem takiego poglądu są prace Q. Zaruby i V. Mencla (101), łączące w sobie elementy geologii inżynierskiej, oparte o rzetelne studia geologiczne, hydrogeologiczne i pokrewne. Praca A. Kleczkowskiego (29) jest próbą usystematyzowania dotychczasowych wiadomości z zakresu wiedzy o osuwiskach.

Interpretację deformacji osuwiskowych oparto o teoretyczne zasady geologii strukturalnej (2, 92). Rozważania z zakresu mechanizmu przemieszczeń różnych typów skał (64, 99), uła-

twiły zrozumienie sposobów ruchu osuwisk i odnalezienie ich miejsca w całości zjawisk tektonicznych.

W trakcie studiów sięgnięto również do glacjologii (10, 12, 48, 94), widząc pewne zbieżności w grawitacyjnych spływach lodowców górskich i mas ziemnych. Studia te miały charakter metodyczny.

<http://rcin.org.pl>

# Część I — Analityczna

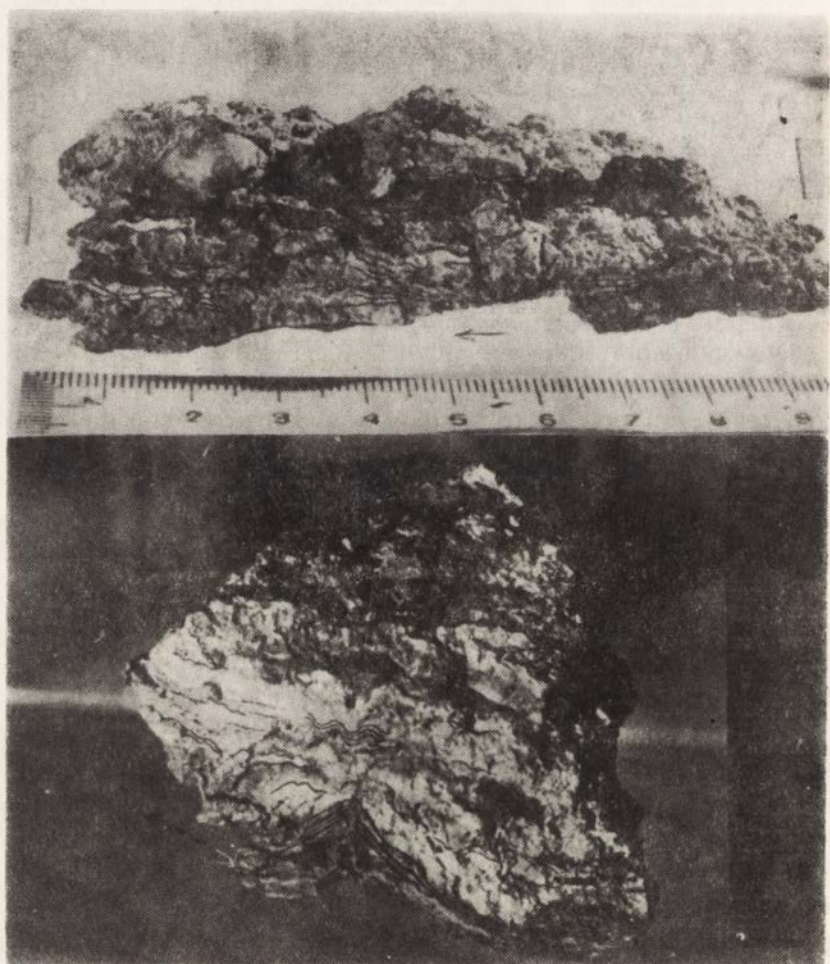
## DOŚWIADCZENIE TERENOWE

Doświadczenie terenowe miało na celu prześledzenie jednego elementu w osuwiskach — rozkładu deformacji. Warunkom tego typu pracy odpowiadały ściany wyrobisk cegielnianych Kamiennej Góry, Marciszowa i Trzebnicy, w których tworzyły się naturalne modele osuwisk. Modele te powstawały samoistnie w okresach zwiększonych opadów, lub przez sztuczne naruszenie skarpy.

Śledzenie rozkładu deformacji w modelach naturalnych w znacznym stopniu ułatwiło zrozumienie sposobu przemieszczania dużych osuwisk. Metody zastosowane tu stały się przydatne do badań tych zjawisk w warunkach naturalnych.

Spyw ziemny w cegielni w Kamiennej Górze został zarejestrowany w kwietniu 1969 r. w południowej części cegielni. Podłużny przekop pozwolił na obserwacje w strefie płynięcia (ryc. 2). Na il zwarty, przechodzący ku dółowi w warwowy, nasunął się jęczor o miąższości 70 cm, zbudowany z gliny zwałowej ze żwirem. Przekrój przez jęczor wyglądał następująco: 0—20 cm — szczeliny tensyjne powierzchniowe, przechodzące w spękania; 20—60 cm zwarta masa, nie wykazująca deformacji; 60—70 cm płynne i plastyczne rozwleczenia, smugowania i fałdki o grzbietach prostopadłych do kierunku ruchu. Znalaziono tu kawałki zdeformowanych lignitów.

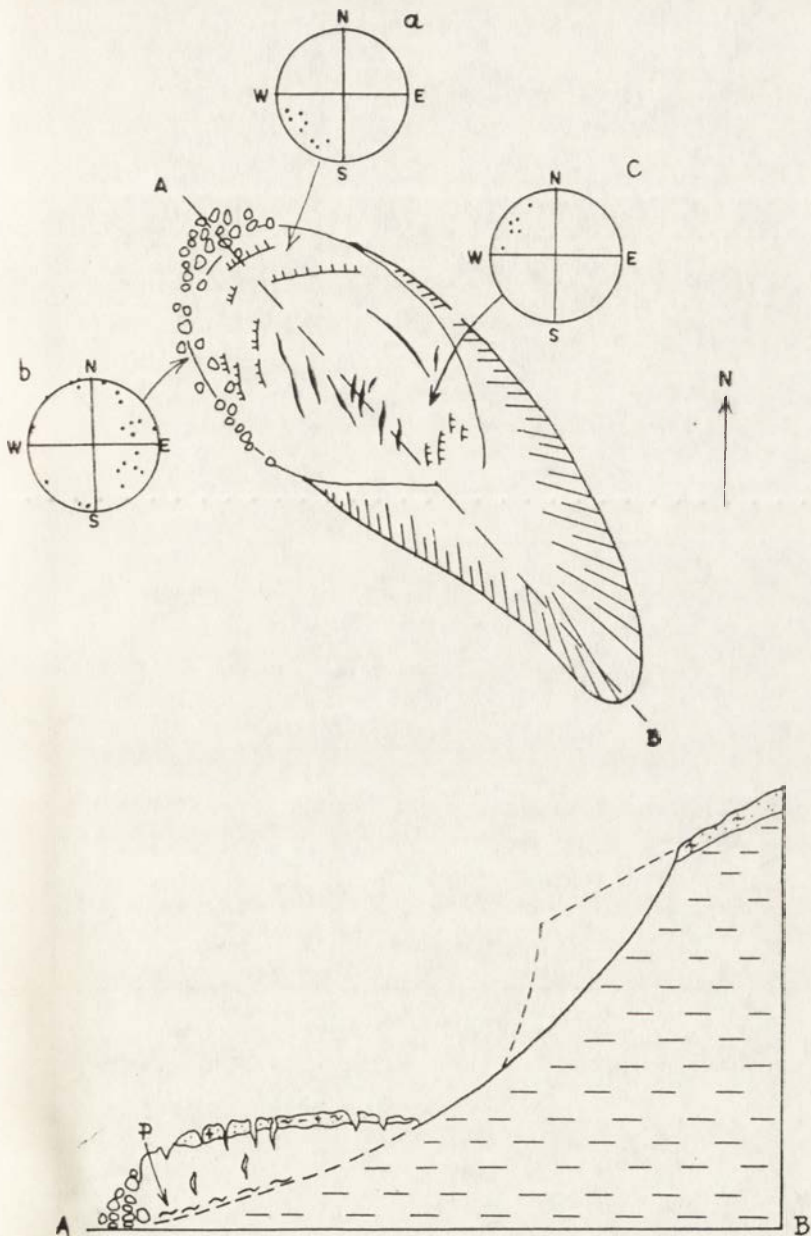
Powierzchnia poślizgu miała przebieg lekko falisty z zaznaczonymi rysami ślizgowymi. Poniżej tej powierzchni nie znalaziono żadnych śladów deformacji.



Ryc. 2. Spływ ziemny w Kamiennej Górze — zaburzenia powierzchni poślizgu. Strzałki wskazują kierunek ruchu.

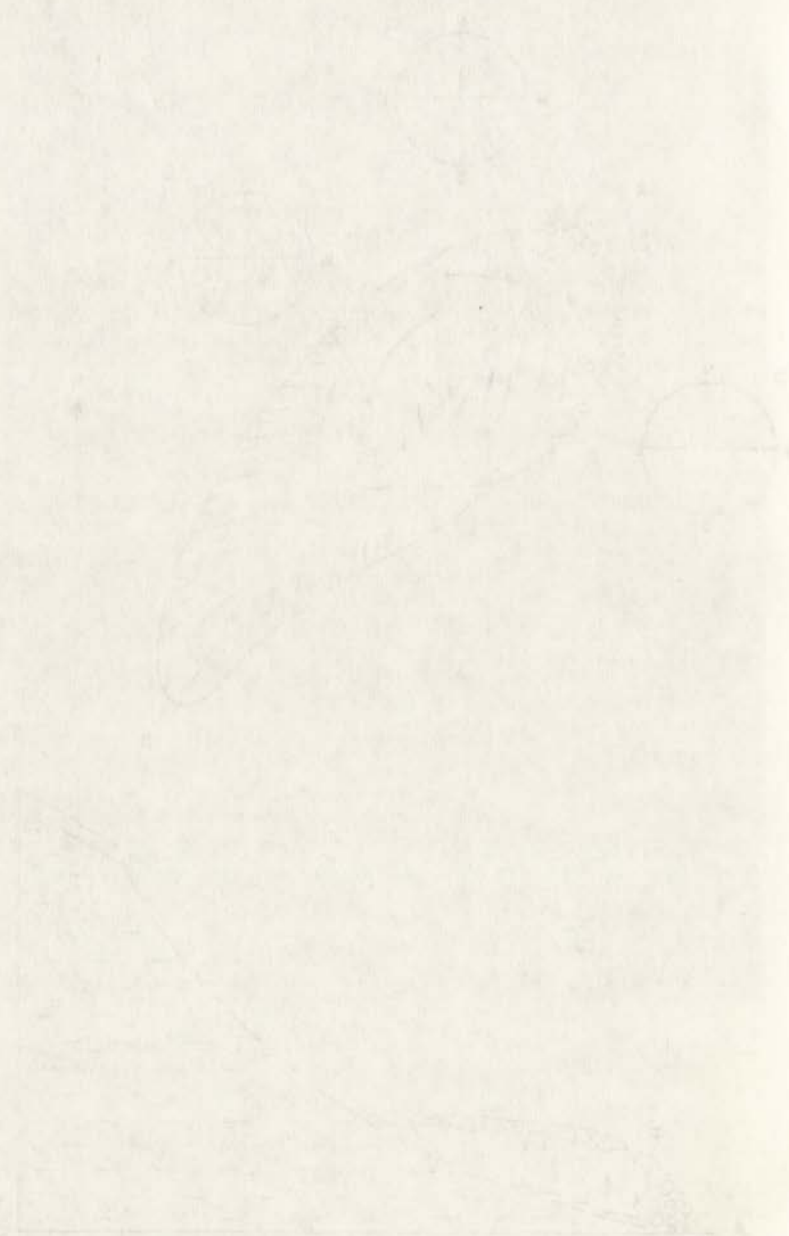
Kamienna Góra earthflow — slip surface-disturbances accompanying the slip surface. Arrows show the direction of movement.

W kwietniu 1969 r. w północnej ścianie cegielni w Marciszowie obserwowano ześlizg pakietu darni z gliną zboczową o miąższości 40 cm. Pakiet transportowany był



Ryc. 3. Osuwisko I w Trzebnicy. Sferyczne diagramy deformacji nieciągłych (a — 9, b — 23, c — 6 pomiarów), P — deformacje plastyczne.

Landslide I at Trzebnica. Spherical diagrams of discontinuous deformations (a — 9, b — 23, c — 6 measurements), P — plastic deformations.



na odległość 8 m po stoku o nachyleniu  $30^\circ$ . Pod powierzchnią poślizgu w plastycznym i le warwowym znajdowały się deformacje o charakterze złupkowaceni ciągłych, obejmujące warstwę grubości 2 cm. Szybkie zejście pakietu po plastycznej powierzchni doprowadziło do powstania tego typu deformacji.

Wschodnia ściana cegielni w Trzebnicy była przedmiotem szczegółowych studiów w jesieni 1968 r. (ryc. 1). Na uprzednio przygotowanym obszarze powstało kilka osuwisk, w których śledzono powstanie i rozwój deformacji.

Profil geologiczny ściany przedstawia się następująco: 4-metrowa pokrywa glinki lessowej spoczywa na przemytej morenie (0,2 m) i wkładce piasków pylastych, smugowanych (0,3 m), które w spągu graniczą z ilami plioceńskimi (49). W ścianie tej ily zapadają pod kątem  $20^\circ/E$ . Przebadano tu trzy formy, będące w różnym stadium rozwoju.

Osuwisko I zbudowane było z ilów plioceńskich, przykrytych warstwą glinki lessowej. Nisza dobrze rozwinięta, z zaznaczonymi rysami ślizgowymi, nachylona była pod kątem  $50^\circ$  (ryc. 3). Pakiet złożony w dolnej części miał kształt owalny, był wewnątrz rozluźniony.

Próby łu pobrane z głębokości 15, 20 i 28 cm miały małe ciężary objętościowe od 1,14 do 1,29 g/cm<sup>3</sup>. Ił był twardoplastyczny i plastyczny, na granicy poślizgu posiadał wilgotność 30%.

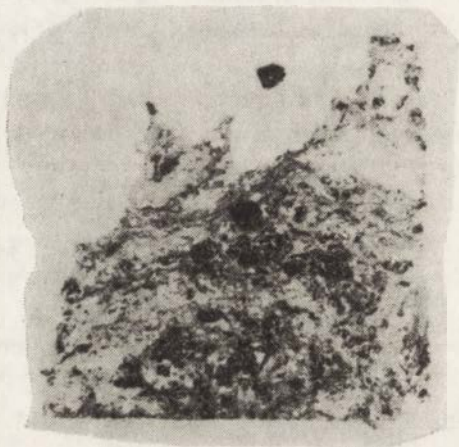
Na osuwisku I zanotowano dwa rodzaje deformacji:

- a) nieciągłe — spękania, szczeliny,
- b) ciągłe — plastyczne rozwleczenia, złupkowacenia ciągłe.

Spękania i szczeliny w obrębie czoła układają się koncentrycznie z upadami prostopadłymi do kierunku ruchu (ryc. 3, diagram a, b). W górnej części pakietu deformacje są skośnie ustawione do kierunku ruchu, upady skierowane w stronę niszy (diagram c). Wewnątrz przemieszczonej masy wystąpiły spękania równoległe do osi podłużnej osuwiska.



Na plastyczne rozwleczenia natrafiono w pobliżu powierzchni poślizgu, w masie osuwiskowej (ryc. 4). Złupkowacenia ciągle wystąpiły pod powierzchnią poślizgu.

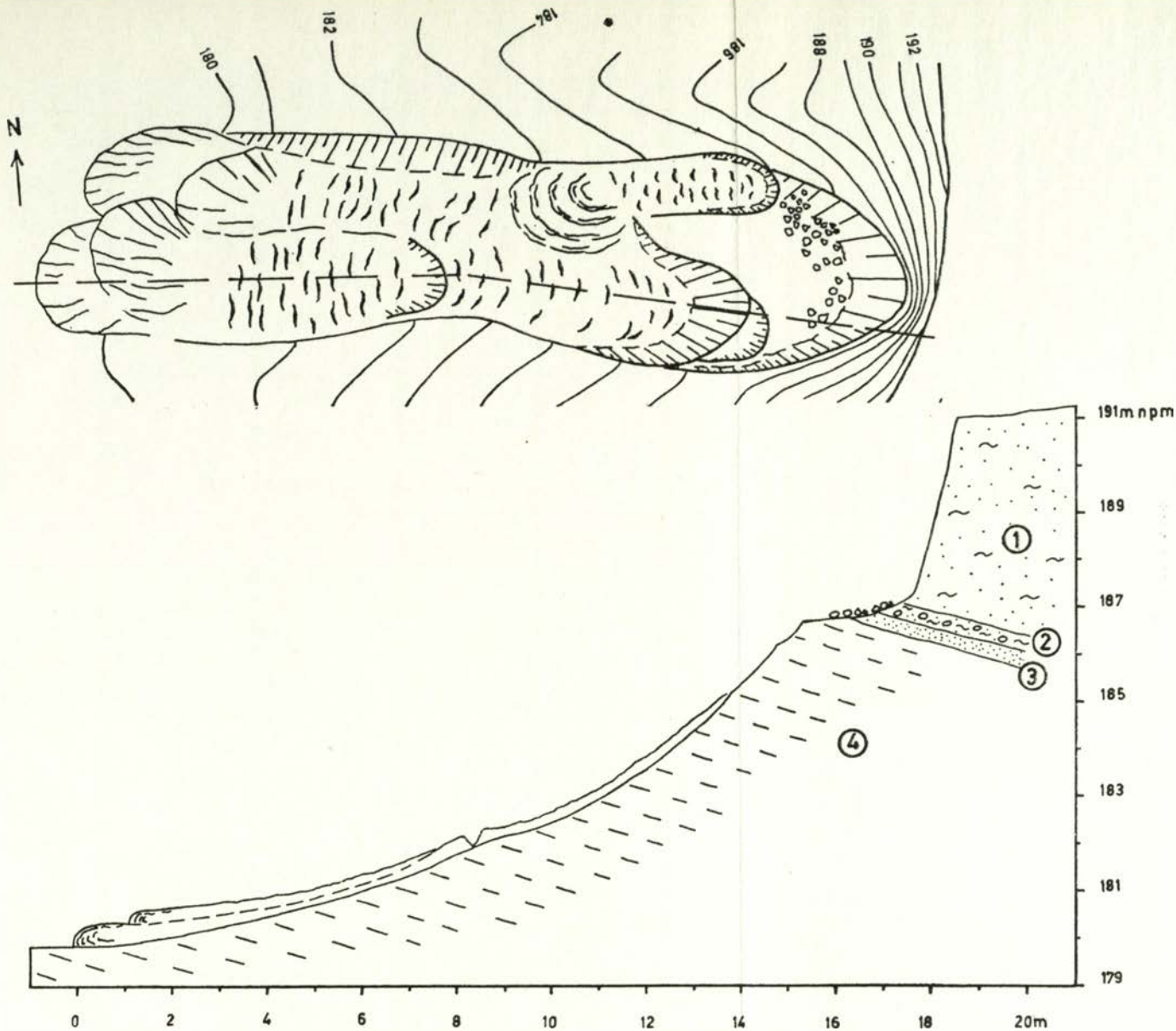


Ryc. 4. Osuwisko I w Trzebnicy — plastyczne deformacje (przekrój podłużny, powiększenie szlifu 3×).

Landslide I at Trzebnica — plastic deformations (longitudinal section, microsection magnified 3×).

Przytoczone dane wskazują, że ruch był szybki, jednorazowy. Spękania i szczeliny, będące odbiciem wewnętrznych naprężeń, ujawniły się w momencie złożenia pakietu. W tylnej części następowało rozciąganie, czoło dochodziło do równowagi przez schodowe osiadanie. Wskutek braku podparcia część materiału rozsypała się na bryły. Strefa poślizgu, w której wystąpiły deformacje plastyczne, objęła około 50% miąższości całej masy. Ruchem objęte zostały też partie poniżej powierzchni poślizgu.

Osuwisko I było formą przejściową pomiędzy zerwą a plastycznym spływem. Stanowiło ono początkową fazę rozwoju osuwiska II.



Ryc. 5. Osuwisko II w Trzebnicy — szkic morfologiczny i profil podłużny. 1 — glina lessowa, 2 — morena przemyta, 3 — piasek, 4 — il plioceni.

Landslide II at Trzebnica — morphological sketch and longitudinal profile. 1 — loess clay, 2 — washed moraine, 3 — sand, 4 — Pliocene clay.

Osuwisko II jest zespołem pięciu nakładających się potoków błotnych o konsystencji plastycznej (30—36% wilgotności), utworzonych w osadach lessowych i pstrych ilach plioceńskich (ryc. 5). Miniaturowy potok położony najwyżej różni się od pozostałych. Posiada niszę oraz jęzor, w którego dolnej części poniżej 0,5-metrowego progu utworzyły się fale, podobne do „ogiwów” na lodowcu. Fale te powstawały kolejno, w miarę dopływu miękkoplastycznych ilów z progu.

W pozostałych spływach szczeliny wystąpiły w materiale wypełniającym rynnę (w jęzorze) i w obrębie czoła. W rynnie były one krótkie, prostopadłe do kierunku ruchu, sięgały do głębokości 10 cm i miały różnie skierowane upady (zależne od rozkładu stref tensji i kompresji)<sup>5</sup>. W czołach szczeliny były równoległe do kierunku ruchu. Odzwierciedlały napięcia panujące w masie w momencie złożenia. Spękania i szczeliny są zjawiskiem wtórnym, związanym z etapem względnej stabilizacji osuwiska, po głównej fazie ruchu.

Deformacje ciągle znaleziono w czole osuwiska (ryc. 6). Była to niewyraźna strefa rozwleczonych, miękkoplastycznych ilów przy powierzchni poślizgu. Rozwój osuwiska odbywał się w dwóch fazach:

1. Szybki spływ miękkoplastycznej masy ilastej (w ciągu kilkunastu minut). Powstawały wówczas deformacje typu „ogiwów”. Formę taką nazywam spływem błotnym.

2. Powolny ruch rzędu kilku centymetrów na tydzień nałożonych na siebie jęzorów, częściowo osuszonych, po jednej powierzchni poślizgu. Przesunięciom towarzyszyły deformacje nieciągle na powierzchni. W tej fazie przechodziło ono w spływ ziemny.

Osuwisko III ma formę rynny wypełnionej mieszaniną glinki lessowej z ilem plioceńskim. Poniżej rynny utworzyło się nabrzmiąle, wachlarzowate czoło osuwiskowe (ryc. 7). Rynnę od czoła oddzielał próg wysoki około 1 m.

Materiał wypełniający rynnę w przekroju pionowym po-

<sup>5</sup> Tensja i kompresja — przyjęto za M. Książkiewiczem (35, s. 576).



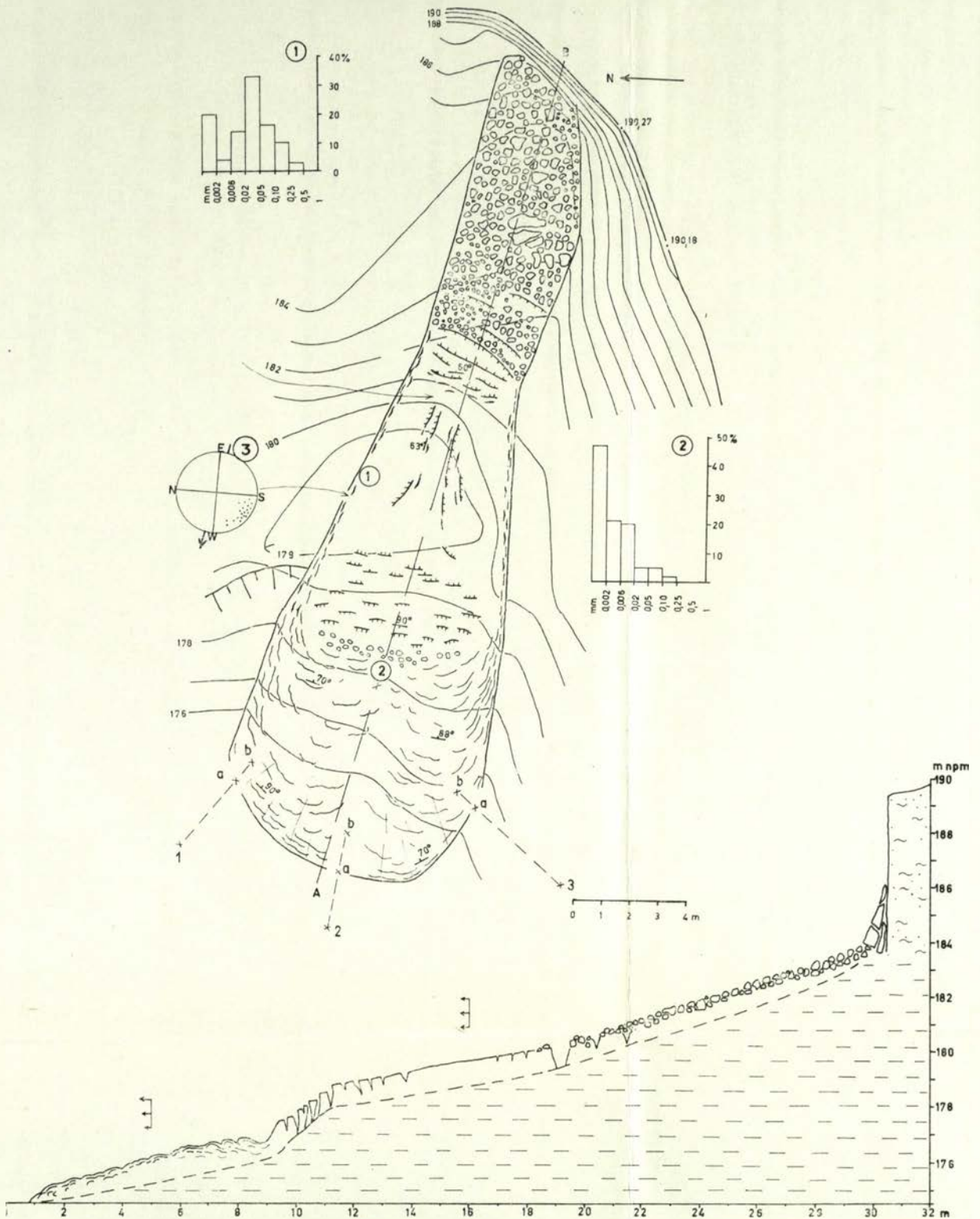
Ryc. 6. Osuwisko II w Trzebnicy — plastyczne deformacje (przekrój podłużny, powiększenie szlifu 3 ×)  
Landslide II at Trzebnica — plastic deformations (longitudinal section, microsection magnified 3 ×).

siadał wilgotność 22%. II plioceniński, znaleziony poniżej powierzchni posłizgu, był twaroplastyczny (15% wilgotności).

Na powierzchni osuwiska istniały duże różnice w rozkładzie wilgotności — od stanów zwartych w górnej części niszy do plastycznych i płynnych w czole. Zarejestrowano tu następujące deformacje: szczeliny i spękania tensyjne, szczeliny i spękania powstałe wskutek ścinania oraz zafaldowania typu „ogiwów”.

Tensyjne spękania w górnej części rynny związane były z systemem rozpadliny. Poniżej, w miejscu rozszerzenia rynny, nastąpił rozpad masy od centrum ku brzegom. Na progu tensyjne rozciąganie doprowadziło do utworzenia „seraków”, przypominających zupełnie seraki w obrębie progu lodowcowego (ryc. 8).

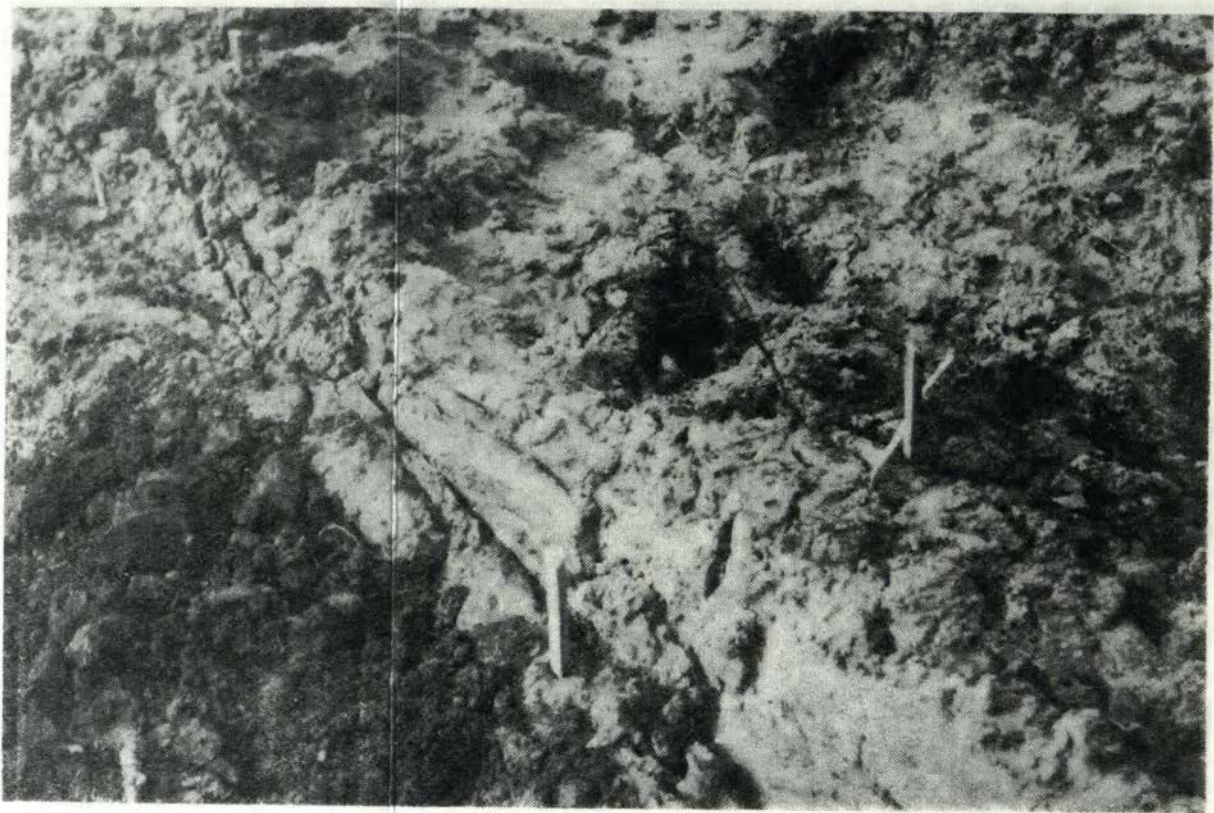
Szczeliny ze ścinania wystąpiły w brzeżnych partiach rynny wskutek zróżnicowań w prędkości (ryc. 9). Układały się równoległe do kierunku ruchu, ścianki z rysami ślizgowymi miały wysokie upady, skierowane ku centrum osuwiska (ryc. 7, diagram).



Ryc. 7. Osuwisko III w Trzebnicy — morfologia i przekrój podłużny. 1, 2 — histogramy składu ziarnowego gliny ciężkiej piaszczystej i ilu plioceńskiego, 3 — diagram sferyczny szczelin w strefie ścinania (20 pomiarów).  
 Landslide III at Trzebnica — morphology and longitudinal profile. 1, 2 — histograms of granulometric composition of heavy sandy loam and Pliocene clay 3 — spherical diagram of fissures in the shearing zone (20 measurements).



Ryc. 8. Osuwisko III w Trzebnicy — „seraki” w obrębie progu (strefa tensji).  
Landslide III at Trzebnica — „seracs” near the scarp (tension zone).



Ryc. 9. Osuwisko III w Trzebnicy — szczeliny brzeżne ze ścinania.

Landslide III at Trzebnica — marginal shear fissures.

Zafałdowania typu „ogiwów” utworzyły się w czole, w półpłynnej i miękkoplastycznej masie, wyciskanej przez materiał znajdujący się w obrębie progów.

Pomiary przesunięcia reperów w rynnice wykazały, że pomiędzy 23.XI a 9.XII.1968 r. wynosiło ono 8 cm (około 5 mm dziennie). Masa w uformowanej rynnice przesuwała się z jednolitą prędkością w całym przekroju pionowym.

Z tabeli I wynika, że największe przesunięcie poziome istniało w centralnej części czoła (punkt 2b). Natomiast o ruchu w przekroju pionowym możemy wnioskować na podstawie przechylonych ku przodowi reperów, co świadczy o najszybszym ruchu w partiach powierzchniowych czoła.

Tabela I

Wielkość przesunięcia reperów w czole osuwiska III w Trzebnicy  
Displacement of bench marks at the toe of landslide III at Trzebnica

Data	Przesunięcie reperów (m)					
	1 <sup>a</sup>	1 <sup>b</sup>	2 <sup>a</sup>	2 <sup>b</sup>	3 <sup>a</sup>	3 <sup>b</sup>
23.XI.1968	—	—	4,77	—	—	—
27.XI „	4,00	7,27	7,20	8,32	4,06	6,34
2.XII „	3,90	7,17	4,17	7,65	4,02	6,20
9.XII „	3,84	7,16	4,16	7,61	4,02	6,20
Wartość przesunięcia	0,16	0,09	0,61	0,71	0,04	0,14

Osuwisko rozwijało się w dwóch etapach:

1. Szybkie uformowanie rynnicy osuwiskowej i jezora.
2. Powolne zmiany na osuwisku, związane z dochodzeniem mas do równowagi.

Osuwisko III w pierwszej fazie zachowywało się jak potok błotny. Przechodzenie w drugą fazę nastąpiło w miarę utraty wody. W tym stanie miało ono już cechy spływu ziemnego: w plastycznej i twardeplastycznej masie tworzyły się systemy spękań, związane z występowaniem stref tensji, kompresji i ścinania.



Badania przeprowadzone na modelach naturalnych pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Spływy błotne od spływów ziemnych różnią się konsystencją gruntu, która decyduje o powstawaniu i rozwoju deformacji na powierzchni i wewnątrz przemieszczanej masy.
2. Osuwisko o typie spływu często w pierwszej fazie ruchu jest spływem błotnym, w miarę utraty wody staje się spływem ziemnym, a nawet zsuwem.
3. Przy szybkich spływach kształtuje się powierzchnia poślizgu, której towarzyszy strefa uplastyczniona.
4. Badania na miniaturowych modelach naturalnych w skar-pach wyrobisk cegielnianych pozwalają na przeprowadzenie pełnych obserwacji z zakresu wybranych zagadnień.

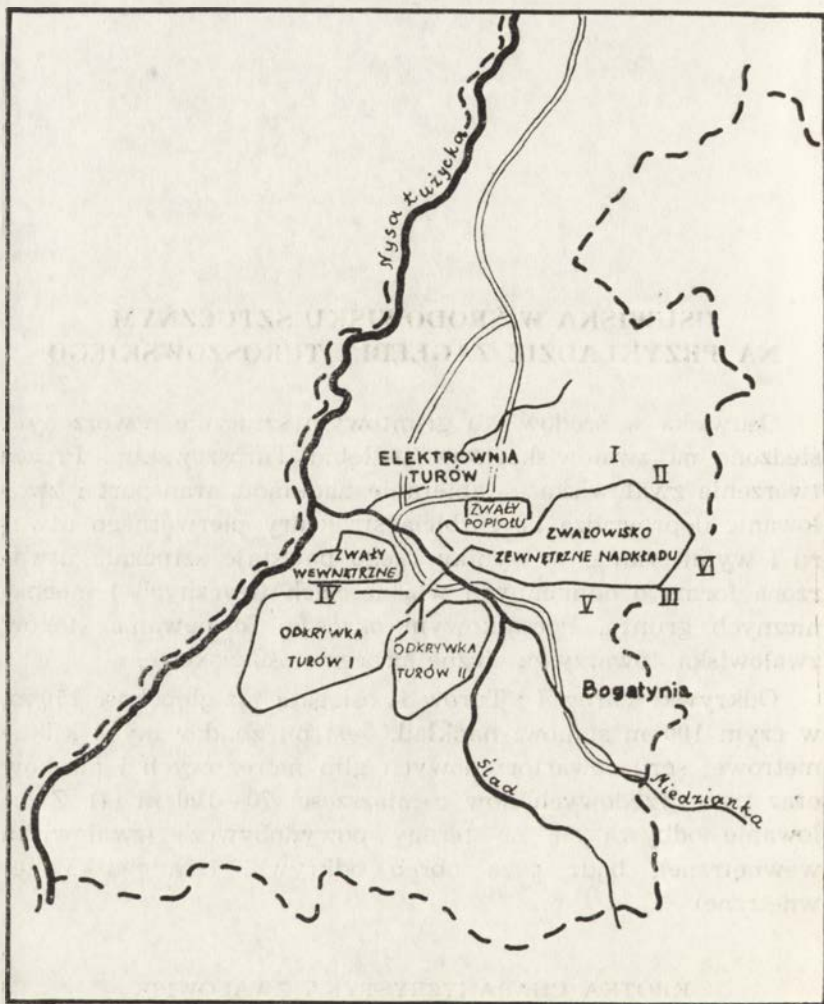
## **OSUWISKA W ŚRODOWISKU SZTUCZNYM NA PRZYKŁADZIE ZAGŁĘBIA TUROSZOWSKIEGO**

Osuwiska w środowisku gruntowym sztucznie utworzonym śledzono na zwałowiskach w Zagłębiu Turosszowskim. Proces tworzenia zwałowiska — zbieranie nadkładu, transport i zwałowanie doprowadza do rozbicia struktury pierwotnego utworu i wymieszania, w wyniku czego powstaje sztucznie utworzona forma o odmiennych własnościach fizycznych i mechanicznych gruntu. Początkowym okresom formowania stoków zwałowiska towarzyszą liczne procesy osuwiskowe.

Odkrywki Turów I i Turów II osiagają już głębokość 150 m, w czym 100 m stanowi nadkład. Jest on zbudowany z kilkunetrowej serii czwartorzędowych glin morenowych i piasków oraz trzeciorzędowych iłów o miąższości 70—100 m (4). Zwałowanie odbywa się na tereny powydobywcze (zwałowiska wewnętrzne), bądź poza obręb odkrywki (zwałowiska zewnętrzne).

### **KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA ZWAŁOWISK**

Zwałowisko wewnętrzne zajmuje północną część odkrywki Turów I pomiędzy korytem Nisy Łużyckiej i Miedzianki (ryc. 10). Długość sypanego frontu wynosi 3 km. Wysokość zwałów od dna odkrywki do powierzchni sypania sięga 150 m. Na zwały przedwojenne zsypuje się od 1956 r. nadkład, tworząc nieregularne poziomy.



Ryc. 10. Schematyczny szkic Zagłębia Turoszowskiego (wg J. Pilawskiej). I — miniaturowy spływ błotny, II — drobna zerwa, III — spływ ziemny, IV — zerwa, V — zerwa, VI — zerwa.

Schematic sketch of the Turoszów Basin (after J. Pilawska). I — miniature mudflow, II — small slump, III — earthflow, IV — slump, V — slump, VI — slump.

Zwałowisko wewnętrzne, wypełniające wyeksploatowaną północną część odkrywki, posiada kontakt z naturalnym podłożem. Kontakt ten jest niebezpieczny dla stabilności zwałów przez możliwość przedostawania się tu wód gruntowych. Pomimo prac zabezpieczających wytworzyły się tu dwie strefy przenikania wód z koryta Nysy i Miedzianki. Nawodnienie zwałów spowodowało powstawanie osuwisk, które były szczególnie niebezpieczne, gdyż zagrażały ścianom eksploatacyjnym i niszczyły sprzęt kopalniany.

Zwałowisko zewnętrzne zajmuje obszar położony na północny-wschód od kopalni. Umiejscowione jest na prawej krawędzi przedmioceńskiego rowu Nysy Łużyckiej. Rozrasta się ono z dna rowu w kierunku wysoczyzn, zbudowanych z utworów plejstocenu i holocenu. Glinki lessowe występujące często w podłożu, jako grunty tiksotropowe, sprzyjają procesom osuwiskowym na zwałach. Materiał sypany jest tu stale, z różnym nasileniem od 1956 r. Zwałowisko ma kształt stożka ściętego, który w końcowej fazie sypania ma osiągnąć wysokość 150 m.

W latach 1962—1964 autorka prowadziła tu badania nad procesami stokowymi (60). Biorąc pod uwagę okres zalegania materiału i zachodzące procesy, stoki podzielono na:

1. Stare — formowane przez procesy erozji
2. Przejściowe (3—4-letnie) — formowane przez procesy erozji, miniaturowe spływy i zerwy
3. Młode (2-letnie) — formowane przez osuwiska o głębszym zasięgu.

W tym opracowaniu zajęto się osuwiskami na stokach drugiego i trzeciego typu. Ograniczone możliwości nie pozwoliły na szersze łączenie tych procesów z technologią sypania. Stoki 3—4-letnie osiągają już pewną równowagę. Grunt ma wstępnie wykształconą strukturę dzięki rozlasowaniu ilastych brył i częściowe wypalenie fragmentów węgla brunatnych. Stosunki objętościowe w gruncie są zbliżone do naturalnych (ok. 50% części stałych). Udział procesów osuwiskowych maleje na korzyść powierzchniowej erozji.

Stoki młode znajdują się bezpośrednio w strefie sypania, osiągając stan równowagi dopiero po 2—3 latach.

Zmiana własności fizycznych materiału zwałowego następuje przez: zmniejszenie spójności cząstek, obniżenie wartości kąta tarcia wewnętrznego, zwiększenie wilgotności i zmiany konsystencji (4). W stoku sypanym przez zwałowarkę następuje segregacja grawitacyjna. Górną część stożka zajmują luźne utwory o porowatości całkowitej, dochodzącej do 70% (tab. II), w jego dolnej części dominują obtoczone bryły ilaste, które po okresie zimowym ulegają rozlasowaniu. Na obszarze świeżo sypanych zwałów istnieją bardzo duże różnice w stosunkach objętościowych w gruncie (porowatość całkowita 30 do 70%).

Do najważniejszych przyczyn niestabilności stoków młodych można zaliczyć: obciążanie górnych partii stoków przez stałe dosypywanie materiału, zwiększony udział wody w utworach zwałowanych, ich tiksotropowe skłonności oraz mała wytrzymałość podłoża.

#### PRZEGLĄD WAŻNIEJSZYCH TYPÓW OSUWISK

Badania przeprowadzone na stokach zwałowisk wewnętrznych i zewnętrznych skłaniają do wyróżnienia następujących typów osuwisk:

##### I — Miniaturowy spływ błotny

Zarejestrowany został w północno-wschodniej części zwałowiska zewnętrznego w lipcu 1962 r. Różnica pomiędzy podstawą a krawędzią rozległej niszy wynosiła około 7 m. Spływ posiadał długość 12 m. Wykorzystał dobrze rozwinięte rozcięcie erozyjne. W pierwszym etapie nastąpiło upłynnienie pylasto-ilastego utworu o wilgotności 40%. W dolnej części spływu zarejestrowano koncentryczne nabrzmienia, powstałe wskutek kilku faz dostawy płynnej masy.

## Some physical properties of soils building the external spoil heap at Turoszów

Nr próby na szkicach poszczególnych osuwisk	Miejsce pobrania	Ciężar właściwy	Ciężar objęt.	Wilgot- ność natu- ralna %	Objętość (udział w cm <sup>3</sup> )			Części stałe
					Porowatość			
					całkowita	woda	powietrze	
3	III — spływ ziemny świeżo sypane partie z głęb. 1,4 m	2,67	1,76	19,0	0,69	0,19	0,50	0,31
4	j.w. — przy progach	2,67	1,14	17,0	0,70	0,17	0,53	0,30
5	j.w. — strefa progów z głęb. 1,5 m	2,68	1,57	17,5	0,52	0,18	0,34	0,48
6	j.w. — strefa progów z głęb. 1,7 m	2,68	1,37	17,1	0,57	0,17	0,40	0,43
7	j.w. — czoło w części środkowej	2,68	0,97	22,4	0,70	0,22	0,48	0,30
8	V — zerwa, czoło z głęb. 2,5 m	2,69	1,83	18,0	0,43	0,18	0,25	0,57
9	j.w. — czoło z głębokości 1,5 m	2,67	1,66	28,0	0,54	0,28	0,26	0,46
10	j.w. — ściana progu 30 cm od powierzchni	2,70	1,75	16,6	0,45	0,17	0,28	0,55
11	j.w. — centrum z głębokości 1 m	2,70	1,68	25,5	0,51	0,25	0,26	0,49
12	j.w. — centrum z głęb. 1,5 m	2,69	1,83	17,7	0,42	0,18	0,24	0,58
13	j.w. — ściana progu z głęb. 2,5 m	2,69	2,2	21,8	0,37	0,22	0,15	0,63
14	j.w. — grzęda podłużna z głęb. 1,9 m	2,70	1,96	19,0	0,37	0,19	0,18	0,63
15	j.w. — próg z głębokości 0,6 m	2,70	2,18	23,1	0,35	0,23	0,12	0,65
16	j.w. — powierzchnia świeżo sypanego stożka	2,70	1,25	26,8	0,66	0,27	0,39	0,34

## II — Drobną zerwa

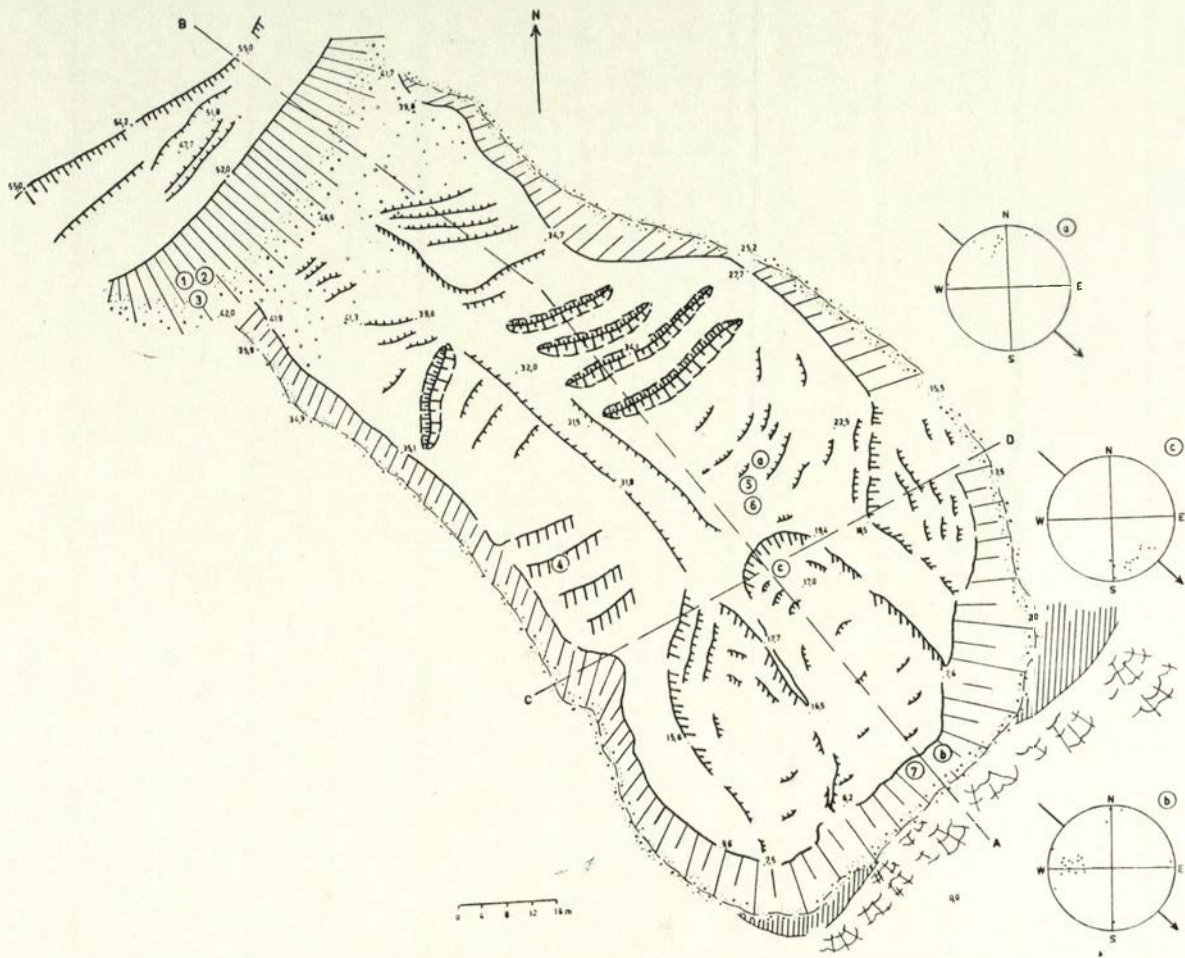
Powstała ona po okresie deszczowym w lipcu 1962 r. w północno-wschodniej części zwałowiska. Ruchem została objęta 6-metrowa skarpa, nachylona pod kątem  $30^\circ$ , zbudowana z pyłów, glin i żwiru. Ruch był szybki, po cylindrycznej powierzchni poślizgu. Półzwały i twar doplastyczny materiał o wilgotności 12 do 17%, wyciśnięty poza obręb niszy, uległ tensyjnym spękaniami, prostopadłym do kierunku ruchu. W drugim etapie odrywające się na krawędzi niszy pakiety, ześlizgiwały się w dół, po powierzchni poślizgu.

## III — Spływ ziemny

Został zbadany w październiku 1967 r. w południowej części zwałowiska zewnętrznego (ryc. 10). Charakterystyczną cechą był wydłużony kształt i niezwykła wypukłość formy (ryc. 11). Jęzor osuwiskowy był całkowicie rozluźniony, mocno uszczeliniony. Nisza zachowana była fragmentarycznie, bez śladu rys ślizgowych. Jęzor spłynął w rozległą bruzdę utworzoną między dwoma wcześniej powstałymi osuwiskami. Z okresu formowania się ich na przedpołu zachowały się liczne wyciśnięcia darni w postaci koncentrycznych fałdów stojących i obalonych, przypominających „ogiwę” na lodowcu (ryc. 12).

Powszechne było tu wymieszanie popielatych ilów kaolinowych z piaskiem, żwirem i częściami organicznymi (tab. III). Tego typu utwór na powierzchni i do głębokości 1,5 m stanowił luźną masę o porowatości całkowitej dochodzącej do 0,70% (tab. II). Niewielka na ogół wilgotność, wahająca się w granicach 17—20%, zadecydowała o tym, że przesuwaną się masa posiadała stany zwarte i półzwarne. Z obserwacji odsłonięć wynika, że w ruchu brała udział luźna masa, raczej sucha, pochodząca ze świeżo sypanych stożków.

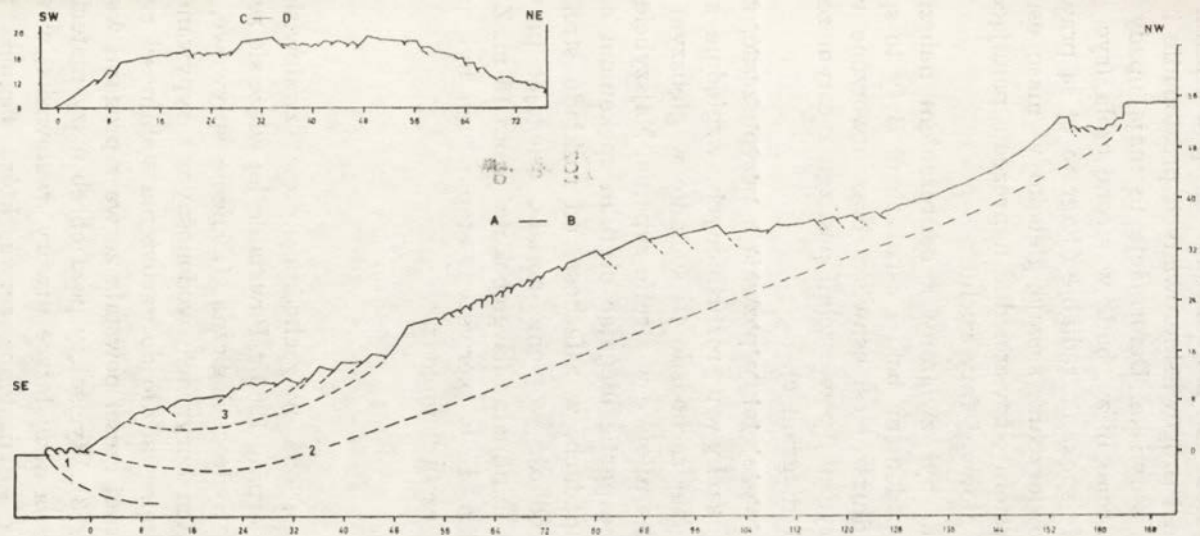
Analiza deformacji nieciąglých w obrębie spływu pozwoliła na ustalenie kolejności ich powstawania.



Ryc. 11. III — sływ ziemny w Turoszowie. Diagramy sferyczne deformacji nieciągłych (a — 19, b — 23, c — 18 pomiarów), 1—7 analizowane próby gruntu.

III — earthflow at Turoszów. Spherical diagrams of discontinuous deformations (a — 19, b — 23, c — 18 measurements), 1—7 soil samples analysed.





Ryc. 12. III — splay ziemny w Turoszowie. Profil podłużny A—B i poprzeczny C—D. 1 — wycięnięcia podłoża typu „ogiwów”, 2 — granica, do której sięgnął prawdopodobnie ruch, 3 — zerwa w czole osuwiska.

III — earthflow at Turoszów. Longitudinal profile A—B and transverse profile C—D. 1 — subsoil extrusions of the „ogive” type, 2 — probable boundary of movement, 3 — slump at the toe of the landslide.

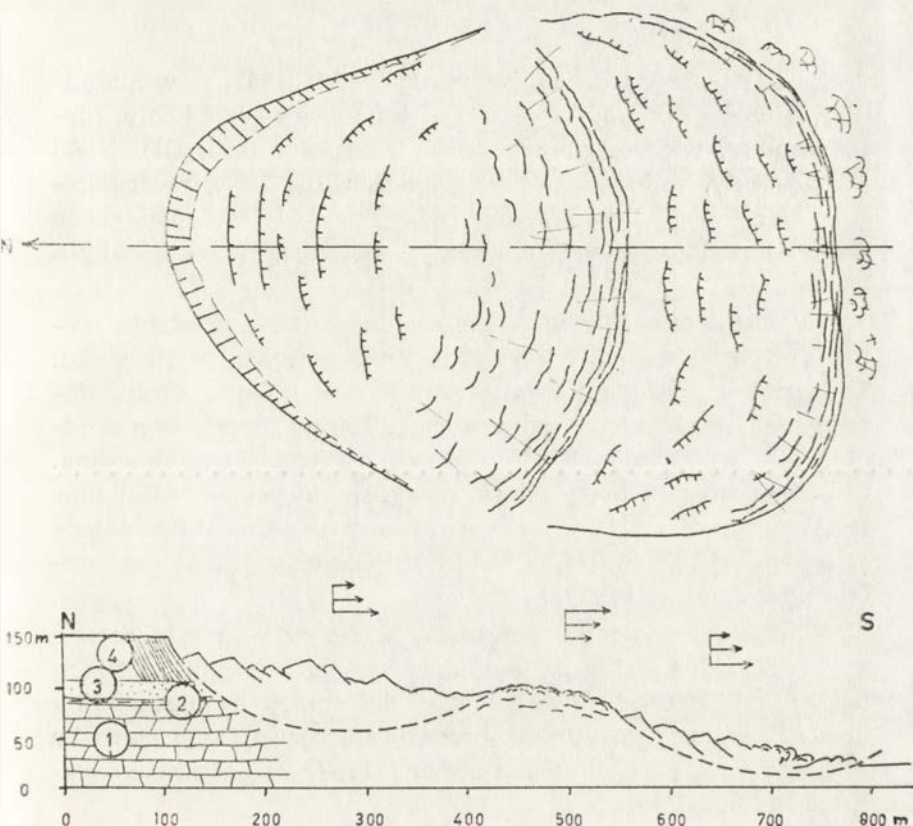
Pierwszy system to powstawanie na powierzchni jezora pęknięć, szczelin i progów, skierowanych prostopadle i skośnie do dłuższej osi osuwiska. Deformacje te mają upady skierowane bądź w stronę niszy, bądź w stronę czoła (ryc. 11 diagram a). W czole spękania radialne (diagram b) są prawie niewidoczne na powierzchni, sięgają głęboko w masę osuwiskową. Pierwszy system odzwierciedlał naprężenia panujące w jezorze w czasie głównej fazy ruchu.

Drugi system był związany z odprężaniem nabrzmiałego jezora, jego rozpadem na boki i osiadaniem. Były to spękania równoległe do dłuższej osi osuwiska oraz utworzone w czole zerwy o cylindrycznej powierzchni poślizgu z całym zespołem progów (ryc. 11 diagram c).

Przytoczone wyżej fakty pozwalają przypuszczać, że ruch miał charakter spływu rozluźnionych, względnie suchych mas ziemnych. Nie zachodziło tu ścinanie w głębszym podłożu, co na ogół ma miejsce w strefie sypania. Najszybciej przesuwały się górne partie ulegając płytkim spękaniami o różnie skierowanych upadach, w zależności od rozkładu stref tensji i kompresji. Prędkość w pionie malała, osiągając prawdopodobnie wartości minimalne na głębokości około 15 m. Z relacji świadków wynika, że w pierwszym etapie ruch był najszybszy i wynosił u czoła 2 m/godz.

#### IV — Zerwa

Utworzyła się ona w zachodniej części zwałowiska wewnętrznego w sierpniu 1963 r. Powstanie jej wiąże się ze sprzyjającą sytuacją hydrogeologiczną. Ciśnienie spływowe, istniejące w przeciętym horyzoncie wodonośnym zasypywanej ściany odkrywki, doprowadziło do naruszenia stabilności zwałowiska. W jego górnej części powstała zerwa z progami wstecznie obalonymi (ryc. 13). Wyciśnięty poza obręb niszy materiał spowodował nacisk na niżej leżące utwory zwałowiska, w wyniku czego utworzyła się następna zerwa, która sięgnęła poniżej



Ryc. 13. IV — zerwa w Turoszowie. Szkic morfologiczny i profil podłużny. 1 — węgiel brunatny, 2 — wkładka iłów, 3 — żwiry, 4 — zwałowisko.

IV — slump at Turoszów. Morphological sketch and longitudinal profile. 1 — brown coal, 2 — clay intercalation, 3 — gravel, 4 — spoil heap.

podłoża, wyciskając je na przedpole. Pomiar przesunięcia w czole, prowadzone przez pracowników kopalni wykazały, że pomiędzy 7 a 10 sierpnia 1963 r. wynosiło ono około 0,70 m na dobę. Opiswane osuwisko było trudne do opanowania i spowodowało duże straty.

Została zarejestrowana w październiku 1962 r. w południowej części zwałowiska. Materiał osuwiskowy był luźny, niejednorodny, wymieszany w czasie transportu (tab. III). Niski udział wody, wahający się w granicach 18—20%, uwarunkował stany gruntów zwarte, półzwarte i twar doplastyczne (tab. II). Zatem czynnikiem decydującym o ruchu nie była woda.

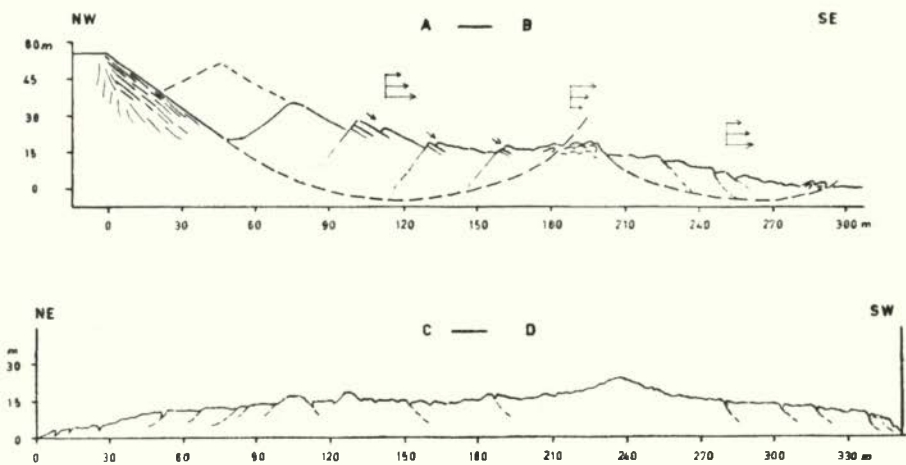
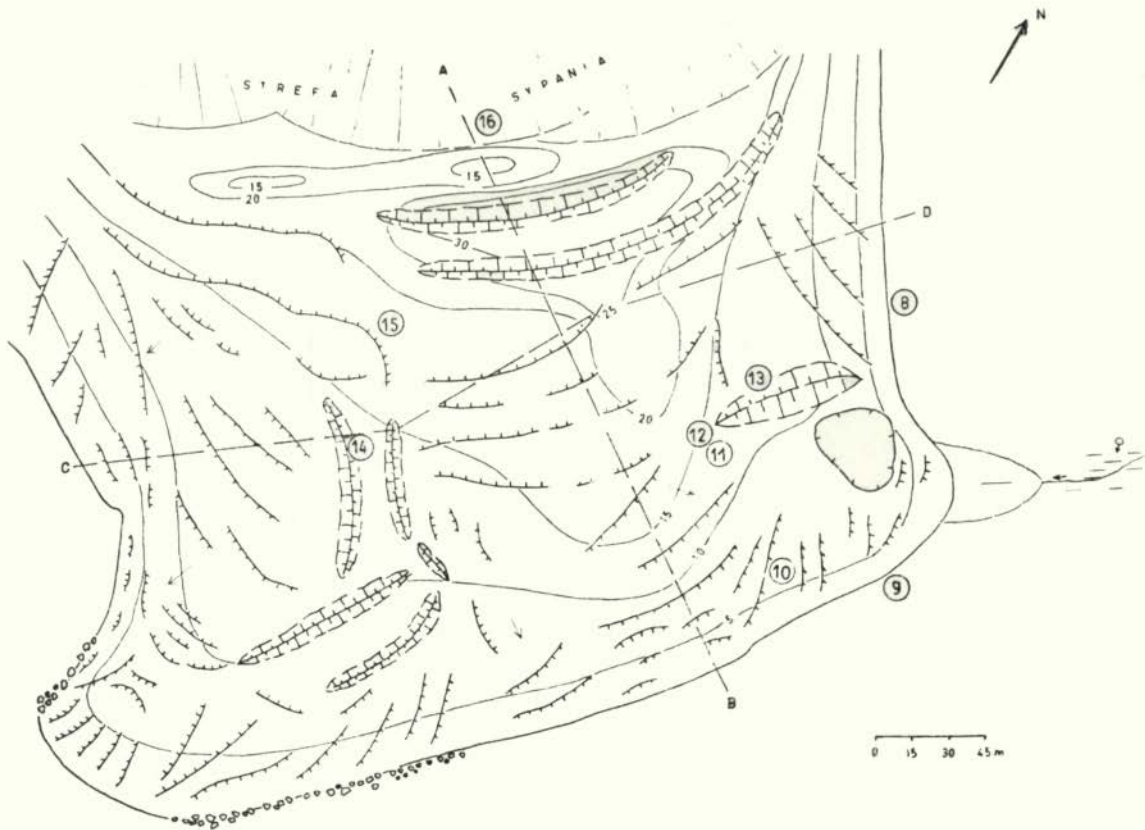
Najważniejszą rolę w powstawaniu osuwisk w strefie sypania wydaje się odgrywać obciążenie górnych partii stoku. 70-metrowy wysięgnik zwałowarki, sypiąc kolejne stożki, doprowadził w efekcie do powstania „girlandy” stożków o średnicy 140 m. W stożkach odbywała się segregacja grawitacyjna. U podnóży leżały bryły ilaste, powyżej których wystąpił materiał drobniejszy, lekki, przesortowany o porowatości całkowitej, sięgającej do 0,66% (tab. II). Ruch nastąpił po przekroczeniu momentu krytycznego.

W pierwszym etapie powstawania zerwy nastąpiło zejście górnych części stoku po cylindrycznej powierzchni poślizgu (ryc. 14). W procesie tym powstały deformacje zasługujące na szczególną uwagę. Autorka obserwowała rozwój tego zjawiska 3.X.1962 r., w ciągu czterech godzin. Objęło ono obszar o kwadracie  $120 \times 120$  m.

Poniżej podłużnego zagłębienia, które stanowiło fragment zasypywanej niszy, utworzyły się progi antytetyczne (35), ze ścianami pionowymi zwróconymi w stronę niszy. Następnie pod wpływem dalszego ruchu, każdy z progów ulegał przemieszczaniu w dół, z równoczesnym poziomym podziałem jak gdyby na „warstwy” (ryc. 15), tak jak przy ruchu laminarnym. Należy nadmienić, że podział ten był niezależny od typu materiału. Ruch można porównać z rozsypującą się talią kart. „Karty” o miąższości 0,30—0,50 m, przesuwają się jedna nad drugą ku dołowi. Ich powierzchnie były miękkie, idealnie ogładzone. W przypadku powierzchni zbudowanej ze średnioziarnistych piasków, brak było jakichkolwiek śladów rys ślizgo-

Skład granulometryczny utworów zwałowiska zewnętrznego w Turosszowie  
 Granulometric composition of soils from the external spoils heap at Turosszów

Nr próby na szki- cach posz- czogólnych osuwisk	Miejsce pobrania	Typ gruntu	Zawartość frakcji w %			Żwir
			poniżej 0,002 mm frakcja iłowa	0,002—0,05 mm frakcja pyłowa	0,05—1,0 mm frakcja piaskowa	
1	III splyw ziemny — stożek świeży z głębokości 0,5 m	glina ciężka z piask. i żwir.	29	29	42	25
2	j.w. z głębokości 0,77 m	glina ciężka	30	27	43	0
3	j.w. z głębokości 1,40 m	glina piaszcz. ciężka	24	24	52	25
4	j.w. przy progach	„	25	24	51	25
5	j.w. strefa progów z głębokości 1,5 m	„	21	21	58	35
7	j.w. czoło w części środkowej	ił z piaskiem	31	34	35	10
8	V — zerwa — czoło z głęb. 2,5 m	glina piaszcz.	13	27	60	0
9	j.w. czoło z głębokości 1,5 m	ił	33	30	37	8
10	j.w. ściana progu 30 cm od powierzchni	ił	38	45	17	0
11	j.w. centrum z głębokości 1 m	glina pylasta ciężka	24	62	14	0
12	j.w. — centrum z głębokości 1,5m	glina ciężka	28	33	39	9
13	j.w. ściana progu z głębokości 2,5 m	glina ciężka ze żwirem	21	41	38	14
14	j.w. grzęda podłużna z głębokości 1,9 m	ił	34	46	20	0
15	j.w. — próg z głębokości 0,6 m	ił	32	44	24	0
16	j.w. powierzchnia świeżego stożka	glina pylasta ciężka	24	61	15	0



Ryc. 14. V — zerwa w Turoszowie. Szkic morfologiczny, profil podłużny i poprzeczny. 8—16 analizowane próby gruntu.

V — slump at Turoszów. Morphological sketch, longitudinal and transversal profile. 8—16 soil samples analysed.



Ryc. 15. V — zerwa. Deformacje przypominające rozsypującą się talię kart.

V — slump. Deformations resembling a scattering pack of cards.

wych. Zjawisko to stwarzało wrażenie, jak gdyby w tej części zwału odbywało się wypychanie masy ku górze. Poniżej następowało stłoczenie zsuwającego się materiału i dalszy proces przebiegał podobnie, jak w pozostałych zerwach.

W drugim etapie rozwoju zerwy nacisk mas na niżej leżące utwory spowodował ścięcie dolnej części stoku zwałowiska. Powstały typowe zerwy i wyciśnięcia na przedpolu do wysokości 0,5 m.

Skomplikowany mechanizm ruchu osuwiska był podyktowany ukształtowaniem podłoża. Wschodnie partie wchodziły w lej źródłowy dolinki, tamując ujście wód. Szybkość ruchu czoła wynosiła 0,68 m na dobę. W centralnej części osuwiska, wskutek zróżnicowania ruchu, utworzyły się wysokie (3—4 m) grzędy. Po ich zachodniej stronie masa schodziła po zboczu z szybkością około 0,28 m na dobę.

Została ona zarejestrowana w maju 1969 r. (ryc. 10). Ruch był głęboki, dając duże, ostro zarysowane formy.

Przed utworzeniem się osuwiska stok wyglądał następująco: u podnóża zwału teren był płaski, zabagniony i porośnięty darnią. Do wysokości około 20—25 m nad podłożem stok był nachylony pod niewielkim kątem ( $10^\circ$ ), zbudowany z częściowo rozlasowanego gruntu. Wyżej zwałowarka stale nadsypywała świeży materiał (iły zmieszane z pyłem węglowym) w postaci stożka nachylonego pod kątem  $30^\circ$ .

Moment krytyczny nastąpił 9 maja 1969 r. Wtedy to w ciągu kilkunastu minut w górnej części stoku nastąpiły duże zmiany. Kolejność można było ustalić następująco (ryc. 16).

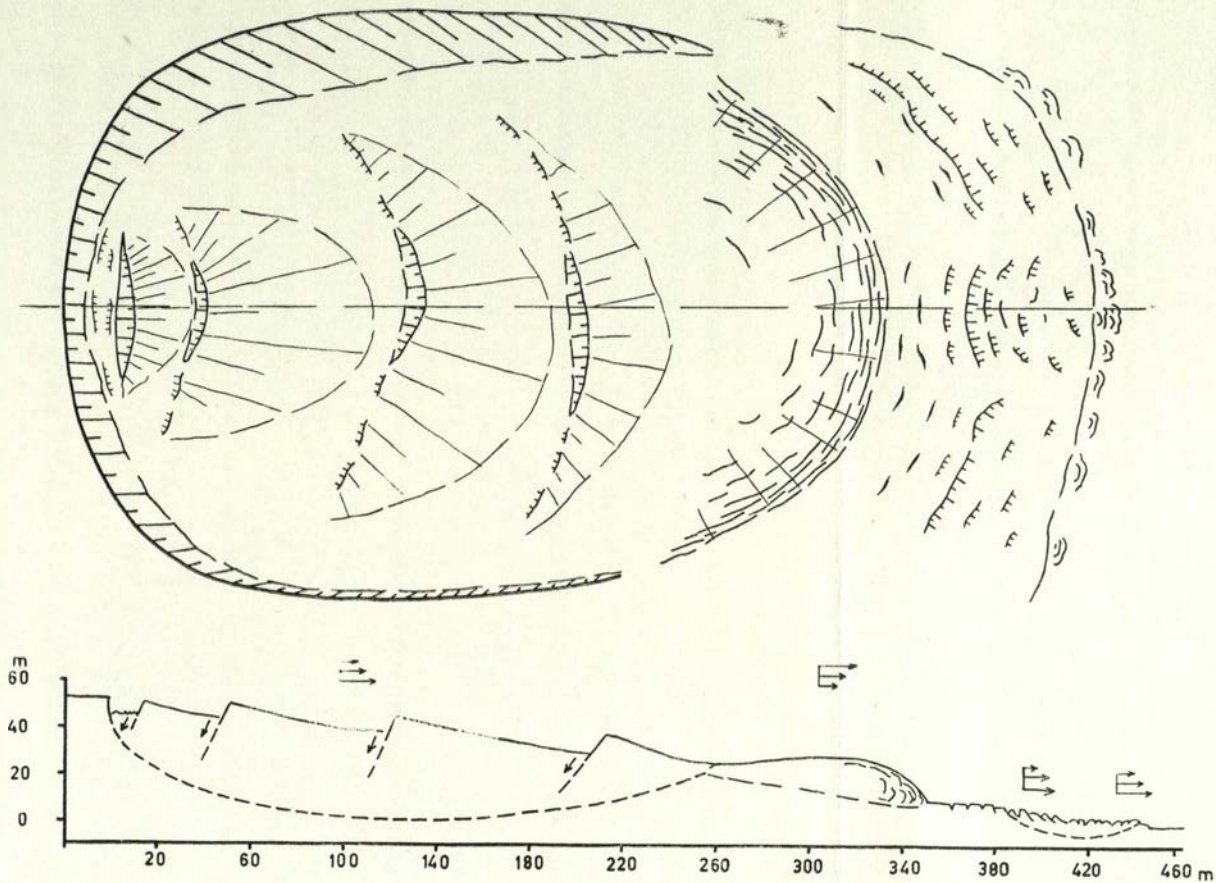
W pierwszym etapie miał miejsce ruch ze ścinania o głębokim zasięgu (ok. 40 m), po cylindrycznej powierzchni poślizgu, do granicy z podłożem zwału. Powstała rozległa nisza, a świeże odsłonięcia powierzchni poślizgu na jej ścianie (ryc. 17) pozwoliły na prześledzenie warunków panujących pod nią. Pod powierzchnią do głębokości 2—3 cm wystąpiła strefa uplastyczniona. Głębiej materiał był zbity, bez śladów deformacji. Na wykonanym szlifie (ryc. 18) widoczne są plastyczne rozwleczenia w popielatych ilach, otaczające ziarna kwarcowe i inne nieroztarte fragmenty skał.

Masa, biorąca udział w ruchu, została podzielona w obrębie niszy na cztery antytetyczne progi. Na przekroju podłużnym zaznaczono pionowy kierunek zrzutów antytetycznych. Masa wyciśnięta poza obręb niszy na starsze zwały, utworzyła słabo rozwinięte czoło o spękaniach radialnych.

W drugim etapie powstania zerwy zmiany w położeniu utworów na górze spowodowały nacisk na dolną część zwałów, co wywołało powstanie mniejszych osuwisk ze ścinania. Miały one dobrze wykształconą niszę oraz liczne progi wstecznie obalone. Powierzchnia ścięcia sięgnęła w podłoże, wyciskając je i fałdując na wysokość 2—3 m na przedpolu.

W górnej zerwie najszybciej przesuwały się dolne partie,



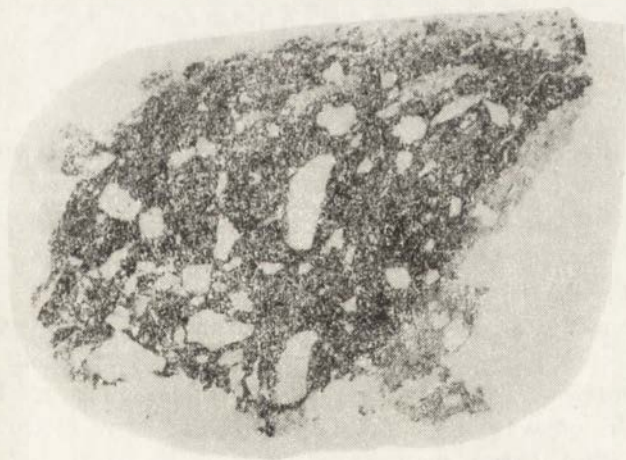


Ryc. 16. VI — zerwa w Turoszowie. Szkic morfologiczny i profil podłużny.

VI — slump at Turoszów. Morphological sketch and longitudinal profile.



Ryc. 17. VI — zerwa w Turossowie. Północna część niszy.  
VI — slump at Turossów. Northern part of niche.



Ryc. 18. Strefa uplastyczniona spod powierzchni poślizgu (przekrój podłużny szlifu, powiększenie 3×).  
Plastic zone from underside of slipe surface (longitudinal section, microsection magnified 3×).

z równoczesnym podziałem na progi antytetyczne. Układ ten zmienił się w masie wyciśniętej poza obręb niszy, gdzie na powierzchni istniała tendencja do największych przesunięć; prędkość wraz z głębokością malała. W dolnej zerwie rozkład wektorów prędkości był podobny, jak w górnej, z tym, że powstały tu regularne progi wstecznie obalone.

W dniach 10—12 maja 1969 r. pomierzone przesunięcie u czoła wynosiło 3 m na dobę. Ruch dolnej zerwy był opóźniony w stosunku do górnej. Na przestrzeni całego stoku istniały strefy stłaczania i rozciągania, związane z przekazywaniem odkształceń postępujących z górnych partii do podnóża zwału.

Dokonany przegląd ruchów masowych, powstających w warunkach wytworzonych sztucznie, na zwałowiskach, prowadzi do następujących wniosków:

1. Główną przyczyną powstawania osuwisk na zwałowiskach jest obciążenie górnych stref zwałowiska oraz większe nawodnienie.

2. Najczęściej powstają tu zerwy ze ścinania o cylindrycznej, względnie zbliżonej do cylindrycznej, powierzchni poślizgu z dobrze wykształconą niszą osuwiskową.

3. W czasie ruchu w obrębie niszy powstają:

- a — progi wstecznie obalone — w wypadku nawodnienia zwałów lub w materiale dłużej leżącym na zwałach,
- b — progi antytetyczne i deformacje typu rozsypującej się talii kart — w strefach świeżo sypanych, o dużej porowatości.

4. Rozwój osuwisk w warunkach sztucznych na zwałowiskach postępuje od górnej krawędzi do podstawy zwału w sposób rytmiczny, związany z przekazywaniem obciążeń. Po dojdźciu do równowagi na stoku istnieje kilka zerw piętrowo ułożonych jedna ponad drugą.

## **OSUWISKA W ŚRODOWISKU CZĘŚCIOWO NATURALNYM W CZWARTORZĘDOWYCH IŁACH ZASTOISKOWYCH W SUDETACH**

Osuwiska te reprezentują typ form powstałych w warunkach naturalnych, naruszonych działalnością człowieka. Występowanie ich jest związane z eksploatacją zastoiskowych iłów warwowych dla celów ceramiki budowlanej, które powszechnie występują w kompleksie utworów czwartorzędowych w dolinach i kotlinach śródgórskich na terenie Sudeców (18). Badania przeprowadzono w trzech cegielniach: Marciszowie, Jeleniej Górze i Kamiennej Górze (ryc. 1).

Iły warwowe powstały w czasie maksymalnego zasięgu zlodowacenia środkowopolskiego, w zamkniętych zbiornikach wodnych na przedpolu lodowca. Wypełniają zagłębienia przedczwartorzędowych obniżen, leżąc bezpośrednio na starszym podłożu. Przykryte są utworami morenowymi i fluwioglacjalnymi, na obrzeżeniu zazębiają się z materiałem stokowym.

Seria zastoiskowa iłów warwowych w omawianych wyrobiskach leży horyzontalnie. Jedyne strop uległ zaburzeniu wskutek nacisku lodowca. Miąższość całej serii wynosi od 10 do 24 m. Składa się ona z naprzemianległych warw jasnych (letnich) i ciemnych (zimowych) o grubości 0,5 do 1 cm. W zastoisku marciszowskim warwy jasne osiągają grubość do 10 cm, a w ich obrębie dadzą się wyróżnić jeszcze smugowania. Warwy jasne zbudowane są z osadów pylastych i drobno-piaszczystych, ciemne natomiast z iłów (tab. IV).

**Skład granulometryczny prób pobranych z monolitów w iłach warwowych  
(bez oddzielania warw ciemnych od jasnych)**

**Granulometric composition of samples taken from monoliths in varved clays**

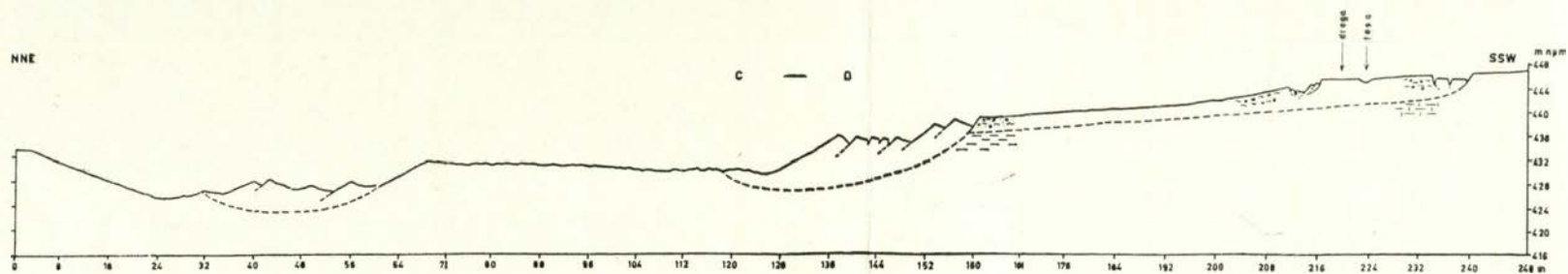
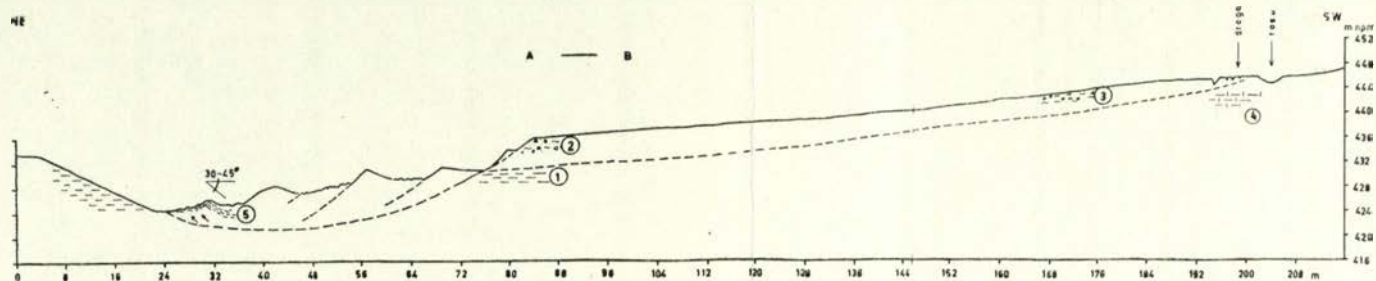
Numer próby na szkicu	Rodzaj utworu	Zawartość frakcji %		
		iłowej poniżej 0,002 mm	pyłowej 0,002— 0,05 mm	piaskowej 0,05— 1 mm
1 Jelenia Góra	glina ciężka	20	69	11
2 Jelenia Góra	glina pylasta	21	53	26
3 Kamienna Góra	ił pylasty	47	53	.
4 Kamienna Góra	glina ciężka	22	43	35
5 Marciszów	ił pylasty	39	55	6

Dzięki dużej zawartości części pylastych, osady te mają niską granicę płynności: od 52,7 do 64,3%. Próby laboratoryjne wykazały, że mają one cechy gruntów tiksotropowych. W warunkach eksploatacyjnych ily zawierały najczęściej 12% wilgotności, w okresach zwiększonych opadów osiągały 18%; były to już stany twaroplastyczne i plastyczne (27, 93).

#### Osuwisko w Marciszowie

Ruchem objęte zostało spłaszczenie na lewym zboczu doliny Bobru (obszar 3,53 ha) przy drodze Marciszów — Ciechanowice. Iły warwowe wypełniają 24-metrową serią zagłębienie przedplejstoczeńskie (76), na nich spoczywa przemyta morena oraz zwietrzelina łupków zieleńcowych i fylitowych. Teren osuwiska jest mocno zawodniony, w rejonie drogi na głębokości 1 m w glinie zboczowej natrafiono na horyzont wodonośny. Ruch nastąpił tu w dwóch etapach:

1. Bezpośrednio związany z frontem eksploatacji w południowej ścianie cegielni. Wówczas zeszyły w dół regularnie wykształcone progi wstecznie przechylone, po cylindrycznej powierzchni poślizgu w iłach warwowych (ryc. 19, profil C—D).



Ryc. 19. Profile podłużne przez osuwisko w Marciszowie. 1 — ropy warwowe, 2 — glina morenowa, 3 — glina zboczowa, 4 — łupki fylitowe, 5 — wyciśnięte ropy warwowe.

Longitudinal profiles of Marciszów landslide. 1 — varved clays, 2 — boulder clay, 3 — hillside loam, 4 — phyllite schists, 5 — pressed-out varved clays.

Na przedpolu wskutek kompresji mas, w iłach wytworzył się podłużny, asymetryczny wał. Osuwisko to było typową zerwą ze ścinania. Jego powstanie spowodowało zniszczenie sprzętu kopalnianego, uniemożliwiając dalszą eksploatację.

2. Etap drugi przebiegał znacznie wolniej. Jesienią 1965 r. zaczęły rysować się szczeliny w rejonie drogi. Wiosną 1966 r.



Ryc. 20. Uszkodzona szosa w obrębie osuwiska w Marciszowie.

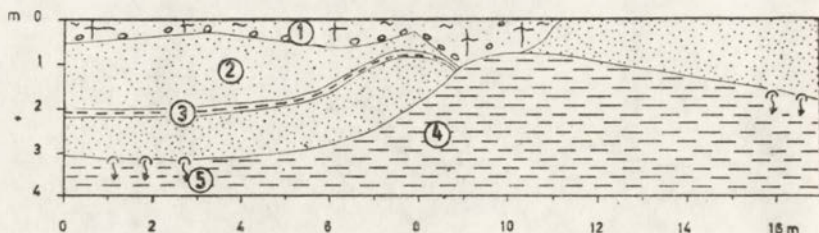
Damaged road within the reach of Marciszów landslide.

wytworzona już była nisza z zespołem szczelin i rowów rozpadlinowych, przecinających drogę (ryc. 20). Przesunięcie w tym etapie miało charakter zsuwu zwietrzelinowego, po powierzchni ścięcia równoległej do stoku łupkowego (ryc. 19, profil A—B). Ruch ten w dolnych odcinkach stoku odbił się prawdopodobnie tylko w postaci zmian objętościowych w przesuniętej masie. Nie zachodziła tu rotacja, lecz po rozerwaniu nastąpiło równoległe przesunięcie pakietów wzdłuż stoku.

## Osuwisko w Jeleniej Górze

Powstało ono w południowej części cegielni, obejmując obszar 0,8 ha (ryc. 21). Iły spoczywają tu na podłożu granitowym z małą ilością preglacjalnego gruzu. W stropie są one glacitektonicznie zaburzone, przykryte 2,5-metrową warstwą piasków fluwioglacjalnych oraz silnie spiaszczoną moreną (18).

O rozwoju osuwiska zdecydowały dwa czynniki: stała eksploatacja iłów u podstawy skarpy i sezonowe zmiany wilgotności w osadach leżących na iłach. Zmiany te spowodowały różnicowanie w tempie cofania się niszy i powstałych formach. Prześledzono rozwój osuwiska w okresach wilgotnych i suchych w ciągu roku.

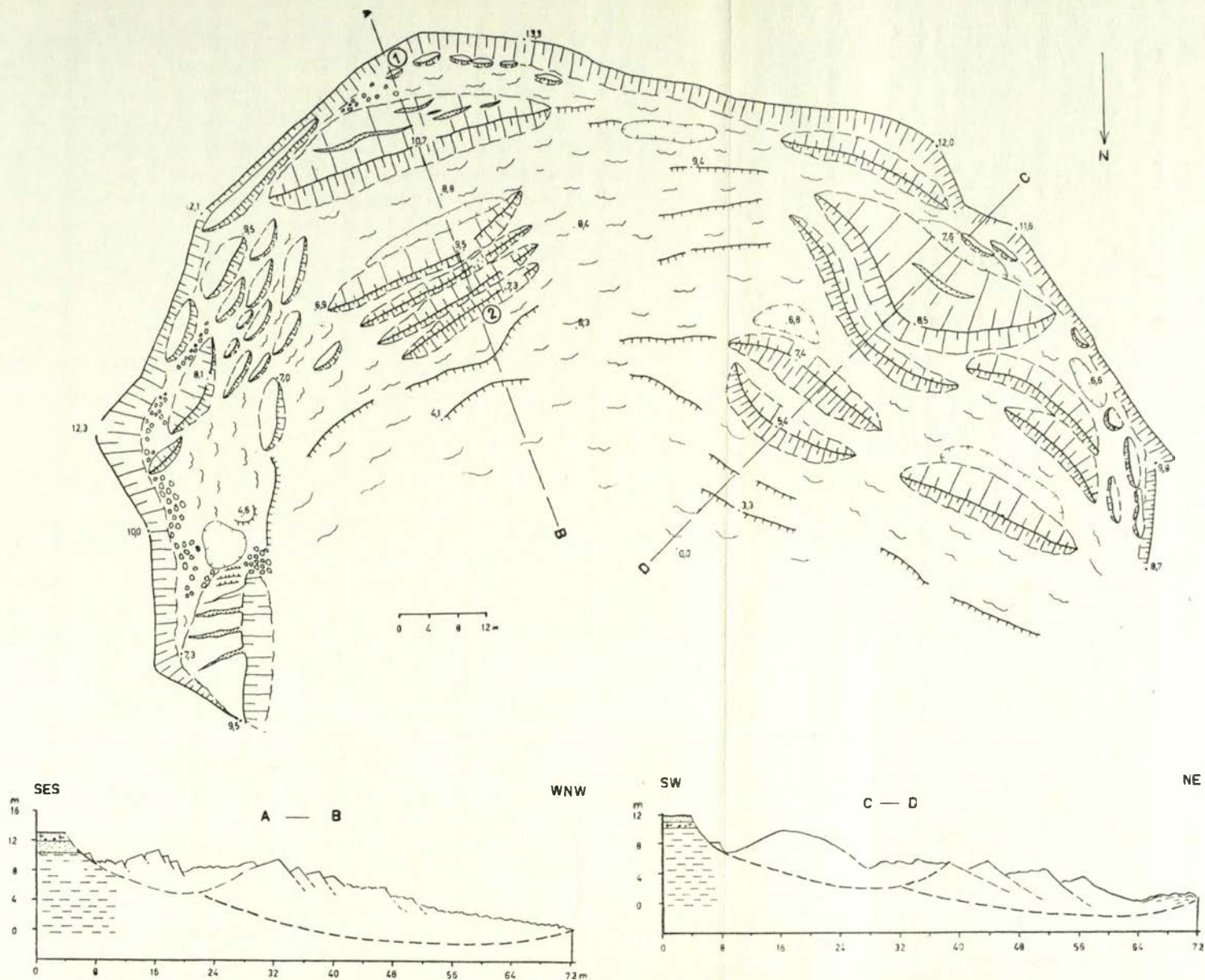


Ryc. 22. Zaburzony glacitektonicznie strop iłów w centralnej części niszy osuwiskowej. 1 — glina morenowa zapiaszczona, 2 — piaski drobnoziarniste, 3 — wkładka iłów, 4 — ił popielaty, zwarty, 5 — wypływy warstwowe.

Top part of clay bed disturbed by glacial tectonics in the central part of landslide niche. 1 — sandy boulder clay, 2 — fine-grained sands, 3 — clay intercalation, 4 — light-grey compact clay, 5 — layered outflows.

W okresach zwiększonego nawodnienia ruch obejmował osady leżące w stropie iłów. Drobnoziarniste piaski i zapiaszczone gliny osiągały wilgotność do 30%. W ścianie niszy na zaburzonym stropie iłów występowały wypływy warstwowe (ryc. 22). Często dochodziło do upłynniania piasków, co doprowadzało do obrywania się w niszy rozluźnionych progów, z czapami darni na powierzchni. W okresach wilgotnych zatem powstawały zjawiska pełnienia gruntu po stropie iłów.





Ryc. 21. Szkic morfologiczny i profile podłużne osuwiska w Jeleniej Górze. 1, 2 — próby ilów warwowych.  
 Morphological sketch and longitudinal profiles of Jelenia Góra landslide. 1, 2 — samples of varved clays.

W okresach suchych tempo cofania się niszy malało na korzyść ruchu o charakterze wgłębnym. Powstawały wówczas dobrze wykształcone progi wstecznie obalone, sięgające 3—4 m w iły warwowe. Analiza profili podłużnych osuwiska wskazuje na roczną cykliczność w upłynnianiu materiału i powstawaniu zerw ze ścinania (ryc. 21). Dzięki stałemu ubytkowi masy w dolnej części osuwiska ukształtowała się jednolita powierzchnia poślizgu. Powierzchnia ta odsłonięta w iłach w dolnych partiach osuwiska była idealnie wygładzona, bez śladu rys ślizgowych, nachylona 3—10° w kierunku północno-zachodnim.

Wykonane pomiary cofania się krawędzi niszy w centralnej części osuwiska dały różne wyniki w poszczególnych okresach:

- od 5 IX 1964 r. do 15 V 1965 r. — 11,40 m
- od 15 V 1964 r. do 10 VI 1966 r. — 15,40 m
- od 10 VI 1966 r. do 8 X 1966 r. — 4,70 m
- od 8 X 1966 r. do 25 XI 1967 r. — 4,10 m

Szybkość cofania się niszy wynosiła średnio 10 do 12 m rocznie.

### Osuwisko w Kamiennnej Górze

Cegielnia znajduje się na lewym zboczu płaskiej doliny Zadorny u jej ujścia do rzeki Bóbr. Ta 14-metrowa seria iłów zastoiskowych leży na górnokarbońskich piaskowcach i łupkach (93). W stropie zaburzonych iłów w południowej części osuwiska, spoczywała 2,5-metrowa warstwa moreny z gruzem i fragmentami węgla brunatnych. W części północno-zachodniej, glinę pokrywały piaski i żwiry fluwioglacjalne o miąższości 2,8 m. Obserwacje prowadzono tu w dwóch strefach.

Strefa I. Rozwinęła się w latach 1963—65 dzięki silnemu nasyceniu wodą. Lokalny horyzont wodonośny uformował się w glinie morenowej i wkładkach żwirowo-piaszczystych, w stropie iłów warwowych. Osuwający się grunt osiągał stan miękkoplastyczny (40% wilgotności), a w okresach większych opadów osuwisko było zalewane wodą.

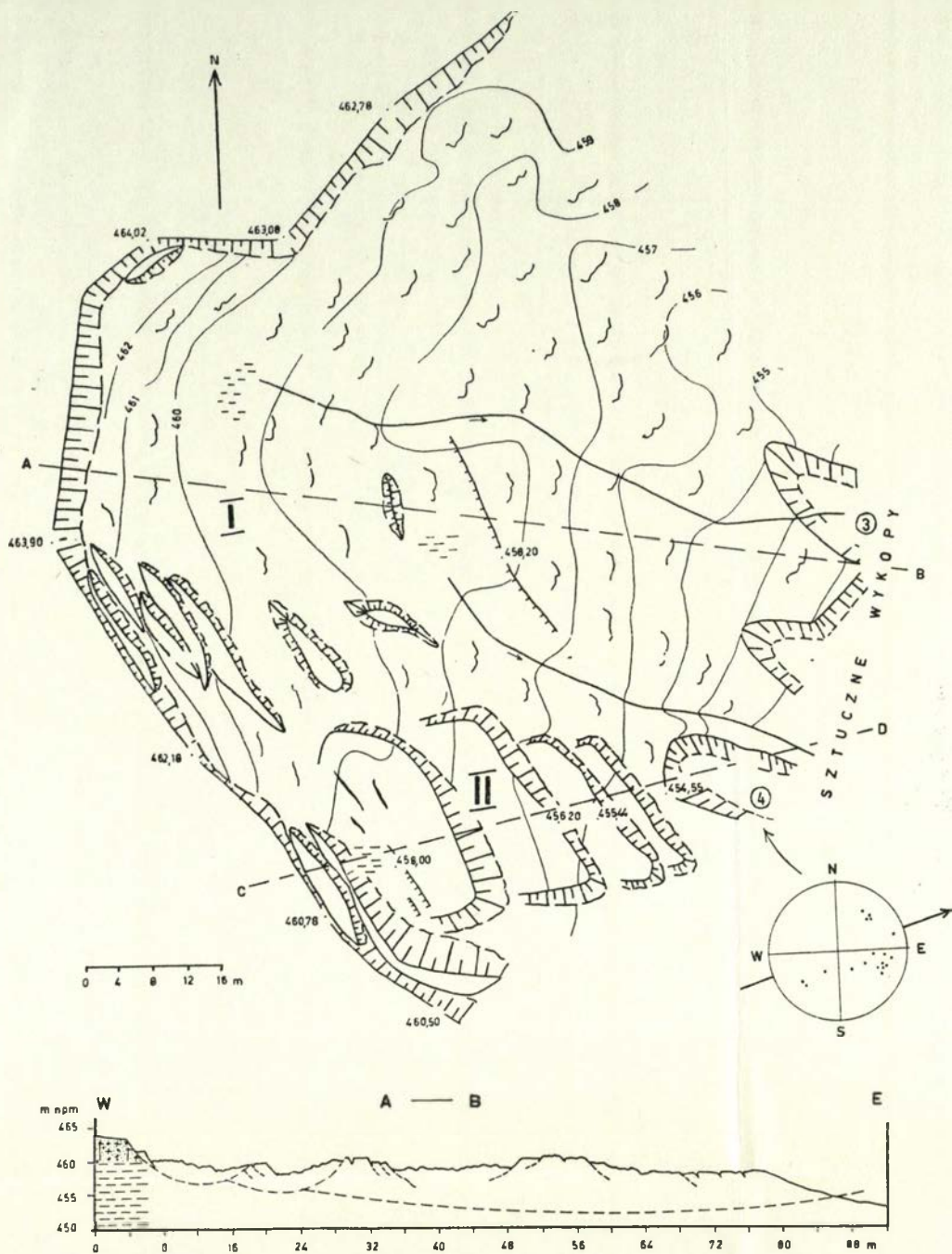
Profil podłużny (ryc. 23) wykonany w 1964 r. pozwolił na uchwycenie końcowych etapów rozwoju osuwiska. W części środkowej ruch sięgał do głębokości około 5 m. Tu w miarę transportu pod wpływem silnego nasycenia wodą poszczególne zerwy zostały rozlasowane. W warunkach tak dużego nawilgocenia uformowała się równomiernie rozwinięta powierzchnia poślizgu. Powyżej niej, w górnej części niszy poszczególne zerwy formowały własne, cylindryczne powierzchnie poślizgu o coraz płytszym zasięgu, pooddzielane od siebie niewielkimi progami.

**Strefa II.** Obserwacje prowadzone od czerwca do października pozwoliły na uchwycenie poszczególnych etapów rozwoju osuwiska. Szczególnie cenne okazały się wykopy o długości około 40 m, przecinające wzdłuż osuwisko. W nich obserwowano powierzchnie poślizgu w łożach, wykonano pomiary drobnej tektoniki i odtworzono stratygrafię. O rozwoju procesu w tej strefie zdecydowała szybka eksploatacja łoż u podstawy skarpy.

Iły osiągają tu największą miąższość — 14 m (93). Ruch nie nastąpił po powierzchni łoż, lecz sięgał głęboko, ścinając je. Osuwanie się zerw nastąpiło w trzech etapach.

**Etap I:** pierwsza zerwa utworzyła się w 5-metrowej ścianie wyrobiska. Sięgnęła najgłębiej w strefę łoż warwowych, wyciskając je na przedpole w postaci wału o wysokości 1 m. Wsteczne przechylenie warstw było duże i dochodziło do 45°. Zerwa ta zachowała się fragmentarycznie (ryc. 24).

**Etap II:** poszczególne progi powstałe w obrębie następnej zerwy były wstecznie przechylone pod kątem 30°. Powierzchnie poślizgu w poszczególnych progach były wygładzone, z zaznaczonymi rysami ślizgowymi w materiale półzwarłym i twaroplastycznym. Posiadały one strome upady 50° do 60°, zgrupowane na diagramie w I i II ćwiartce (ryc. 23). Wtórne spękania w obrębie pakietów miały przebieg nieregularny, chaotyczny, wynikający ze zróżnicowanej struktury nadległych utworów.

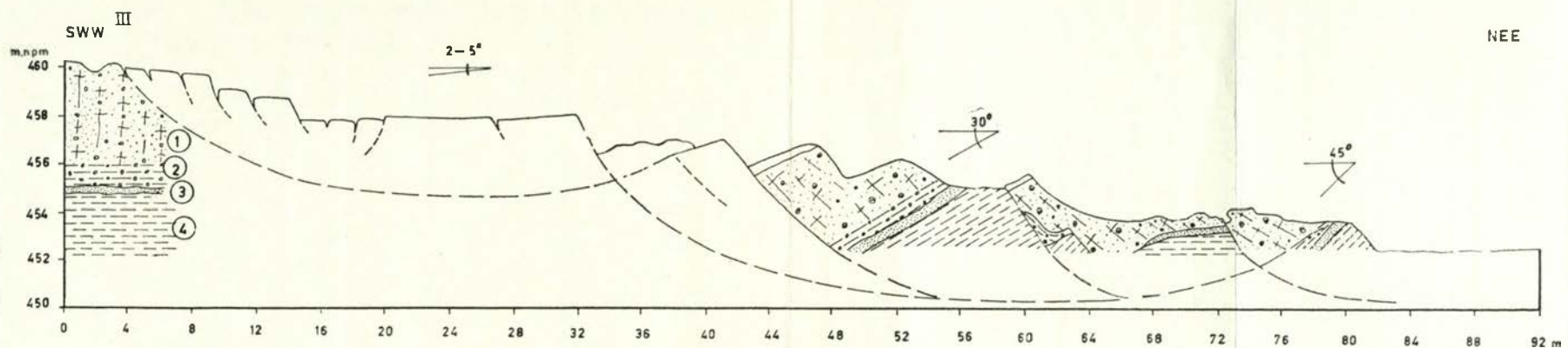
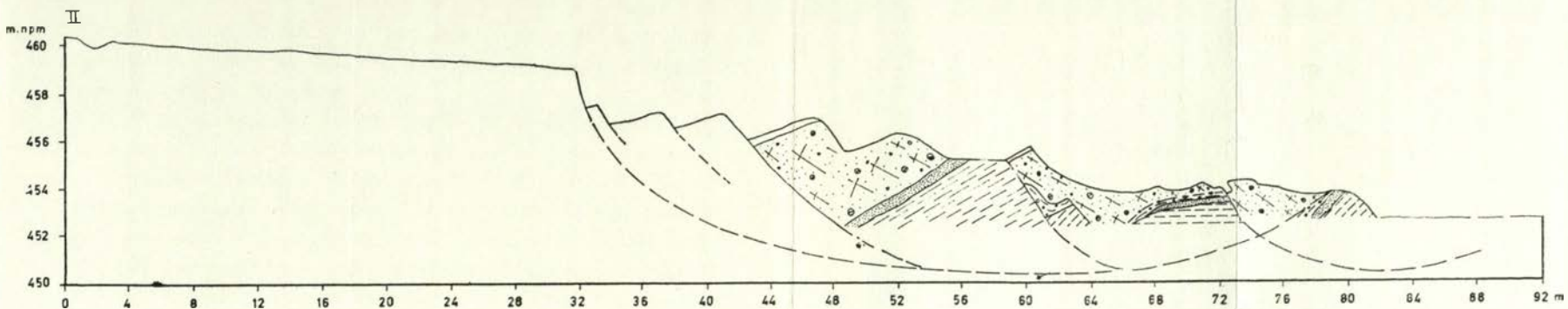
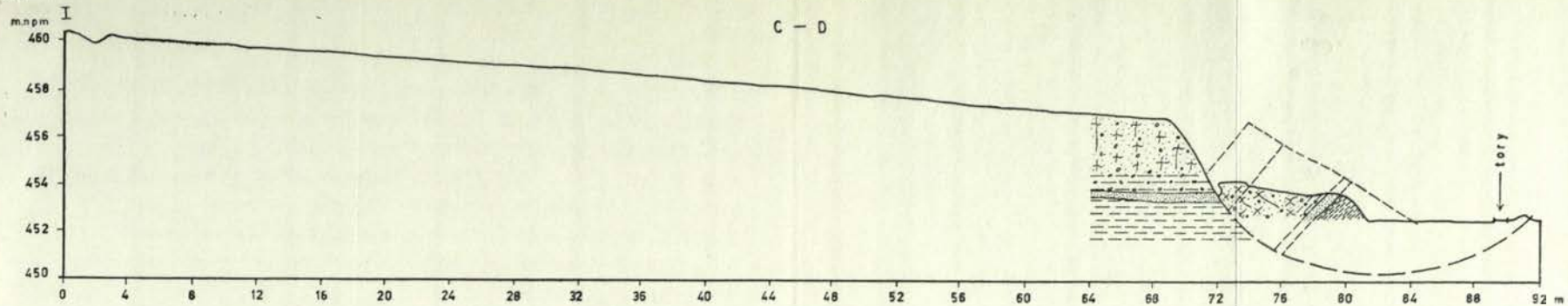


Ryc. 23. Szkic morfologiczny i profil podłużny osuwiska w Kamiennej Górze. Diagram sferyczny poszczególnych powierzchni poślizgu.

1 — glina morenowa, 2 — il ze żwirem, 3 — piaski, 4 — ilły warwowe

Morphological sketch and longitudinal profile of Kamienna Góra landslide. Spherical diagram shows direction and values a dip for slide surfaces.

1 — boulder clay, 2 — clay with gravels, 3 — sands, 4 — varved clays



Ryc. 24. Kamienna Góra — etapy rozwoju osuwiska wzdłuż profilu C—D. 1 — glina morenowa jasnobrązowa, 2 — glina morenowa ciemnoszara, 3 — wkładka piaszczysta, 4 — ily warwowe.

Kamienna Góra — phases of landslide development along profile C—D. 1 — light-grey boulder clay, 2 — dark-grey boulder clay, 3 — sandy intercalation, 4 — varved clays.

Etap III: zerwa osiągnęła pełny rozwój w jesieni 1966 r. Ukształtowana wtedy powierzchnia ściecia była najpłytsza, wsteczne przechylenie progów wynosiło  $2^{\circ}$  do  $5^{\circ}$ . Przesunięty materiał w czasie ruchu uległ porozrywaniu i spowodował zniszczenie górnej partii drugiej zerwy.

W drugiej strefie osuwiska kamiennogórskiego udało się zaobserwować kształtowanie się powierzchni poślizgu. Dla poszczególnych zerw powstałych w różnych okresach formują się oddzielne powierzchnie poślizgu, odgradzone od siebie stopniami. Położone są jedna ponad drugą i mają coraz płytszy zasięg.

Przytoczone powyżej trzy przykłady osuwisk powstałych w warunkach częściowo naturalnych pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Główną przyczyną powstawania osuwisk są anizotropowe własności ilów warwowych, przecięcie horyzontu wodonośnego i stała eksploatacja w dolnej części skarpy.

2. W skarpach obserwowano dwa typy osuwisk: w okresach wilgotnych spływy oraz spełzywanie materiału o płytkim zasięgu po stropowej powierzchni ilów; w okresach suchych tworzenie się osuwisk o cylindrycznej, względnie zbliżonej do cylindrycznej powierzchni poślizgu (zerw). Dla każdego etapu ruchu powstają oddzielne powierzchnie poślizgu, położone nad sobą, pooddzielane niewielkimi progami.

3. Iły warwowe badane laboratoryjnie, przy tym składzie granulometrycznym (wysoka zawartość cząstek pylastych) wykazują wyraźne cechy tiksotropowe.

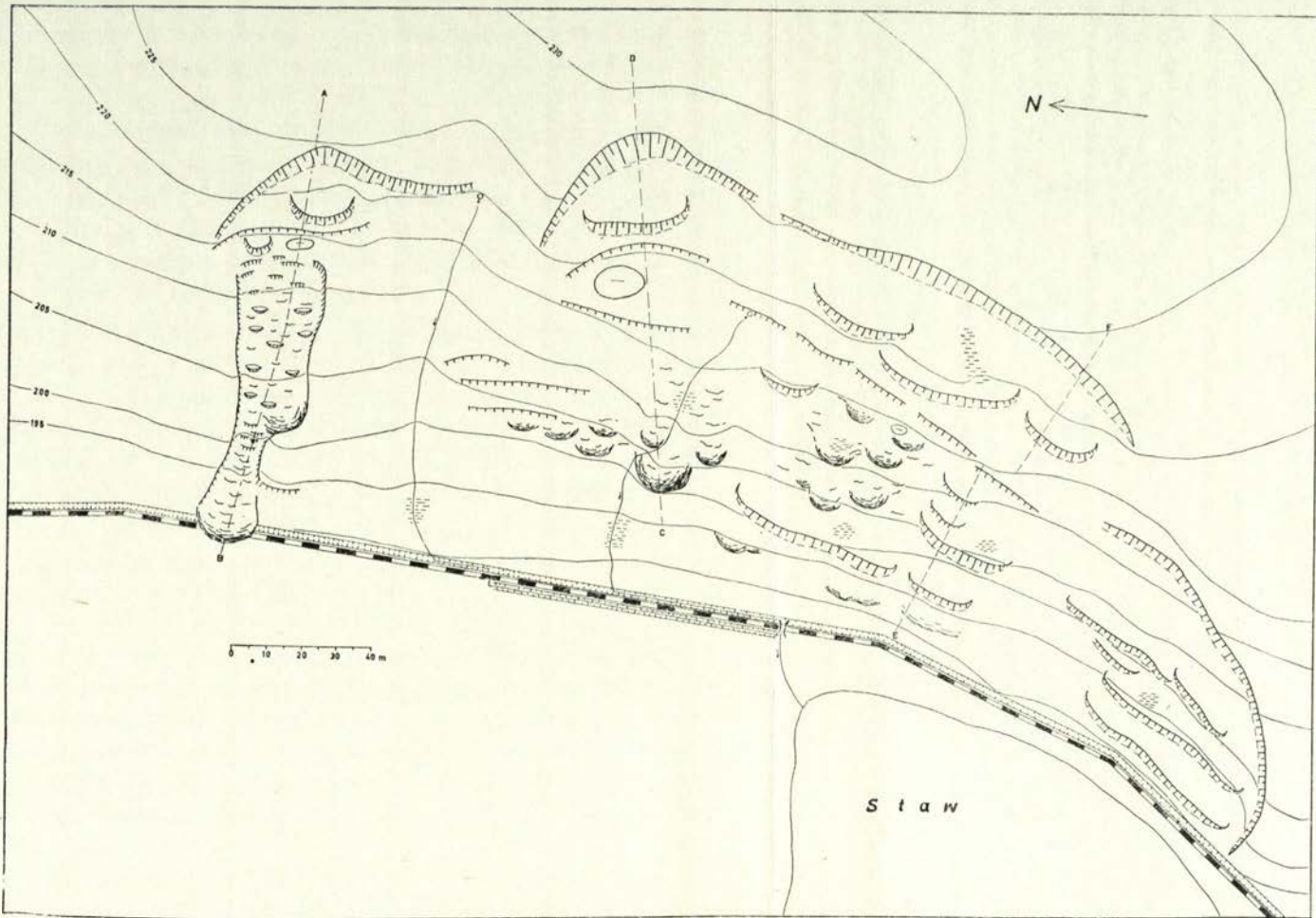
## OSUWISKA W ŚRODOWISKU NATURALNYM

### OSUWISKA W UTWORACH TZECIORZĘDOWYCH NA PRZEDGÓRZU SUDETÓW ŚRODKOWYCH I W KOTLINIE RACIBORSKIEJ

Szczególne nasilenie zjawisk osuwiskowych na Przedgórzu Sudeckim występuje w trzech powiatach: Ząbkowice Śląskie — 32 osuwiska; Nysa — 26; Grodków — 15 (68). Są to formy małe, o płytkim zasięgu (od 0,5 do 5 m głębokości), nie przekraczające zwykle powierzchni 1 ha, największe sięgają 3 ha.

Tak licznemu występowaniu osuwisk sprzyja budowa geologiczna, warunki wodne i rzeźba terenu. Obszar ten pokryty jest warstwą 10 do 15 metrową osadów polodowcowych. Spoczywają one na miększej serii (100—200 m) przeważnie ilastej, zaliczanej do górnomiocenińskiej i dolnopliocenińskiej formacji słodkowodnej (56). Iły są zwarte, barwy zielonkawej i niebieskiej. Często ponad tą nieprzepuszczalną serią w piaszczysto-żwirowych osadach polodowcowych formuje się horyzont wodonośny. Nacięcie go na zboczach licznych dolin, doprowadza do powstania osuwisk. Obserwowano je na zboczach doliny Nysy Kłodzkiej koło Paczkowa, na wschód od Otmuchowa oraz w dolince okresowo odwadnianej we wsi Lipniki (ryc. 1).

Nasilenie osuwisk przypada na strefy glacitektonicznie zaburzone. A. Szponar (wiadomość ustna) stwierdził w cegielni Prusinowice, znajdującej się w obrębie lobu Nysy, wiele osuwisk założonych na starych, glacitektonicznych powierzchniach ślizgowych.



Ryc. 25. Szkic morfologiczny zespołu osuwisk na zboczu doliny Odry, koło Raciborza.  
 Morphological sketch of a group of landslides on the slope of Odra valley, near Racibórz.



Wśród zarejestrowanych osuwisk powstałych na podłożu zbudowanym z osadów trzeciorzędowych, można wyróżnić następujące typy:

- 1 — zerwy,
- 2 — zsuwy strukturalne — równoległe przesunięcia pokryw morenowych lub żwirowo-piaszczystych po nachylonej powierzchni łąw, oraz ześlizgi w strefach glacictektonicznie zaburzonych,
- 3 — spływy i zżaziska — częste w utworach mułkowych, które przy niewielkim nawodnieniu (ok. 30%) przechodzą w stan płynny. Zjawiska te rozwijają się współcześnie. Duża częstotliwość w ich występowaniu na polach, utrudnia prace rolnicze.

Przykładem interesujących nas obszarów może być zespół osuwisk na zboczu doliny Odry w Kotlinie Raciborskiej. Osuwiska na wschodnim zboczu Kotliny Raciborskiej zaznaczone już były na mapie topograficznej 1:25 000 (ark. Ratibor) w 1882 r. Zbocza wzniesione są średnio 80 m ponad dno, które stanowi terasa zalewowa Odry (25). Terasa ta zbudowana jest z piasków i żwirów, miejscami mułków.

Omawiane zbocze wycięte jest w utworach miocenu morskiego (mułki i popielate łąy). Analizy składu ziarnowego wykonane przez J. Pociaska (58) wskazują, że zawartość frakcji ilastej sięga do 65%. Utwory miocenu przykryte są 5—7 m pokrywą piasków i żwirów czwartorzędowych, w którym na głębokości 3—4 m uformował się horyzont wodonośny. Na zboczu, na wysokości 220 m n.p.m. zaznacza się on ciągiem wysięków i mokradeł (ryc. 25). W tabeli V podano wielkość wydajności drenów w omawianym zespole osuwisk oraz wielkość opadu atmosferycznego.

Powyższa tabela wskazuje, jak żywo opady atmosferyczne odbijają się na wydajności drenów i cieków z obszaru osuwiskowego. W dniach deszczowych (8.IV.1968 r.) z obszaru tego w ciągu minuty odpływało 130 l wody. W dniach suchych, jak np. 23.IV, dzienne wartości były znacznie mniejsze. J. Pociask

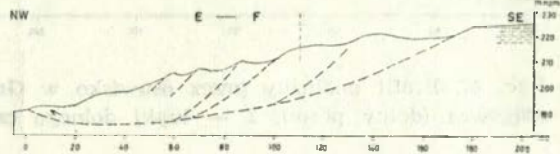
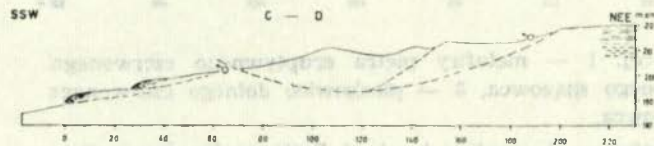
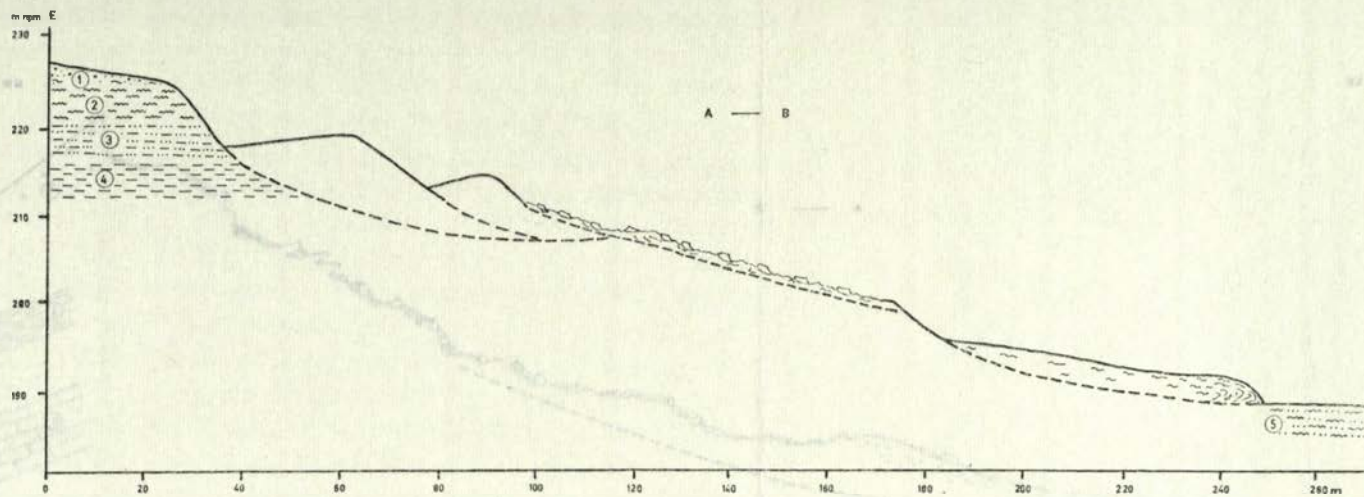
Wydajność drenów w osuwiskach koło Raciborza  
Yield of drains on landslides near Racibórz

Miejsce pomiaru	Wydajność w l/min	
	data	
	8.VI.1968	23.IV.1968
Wypływ drenu 1	6,7	1,6
Wypływ drenu 1 poza obszar osuwiskowy	40,0	0,8
Wypływ drenu 2	13,4	2,9
Wypływ drenu 2 poza obszar osuwiskowy	40,0	1,5
Uwagi	okres ciągłych opadów 6—8 IV — 19 mm opadu	w okresie 7 dni nie notowano opadu

wykazał zależność pomiędzy opadami a nasileniem procesów osuwiskowych w obrębie badanego zbocza, na podstawie pomiarów jego dynamiki.

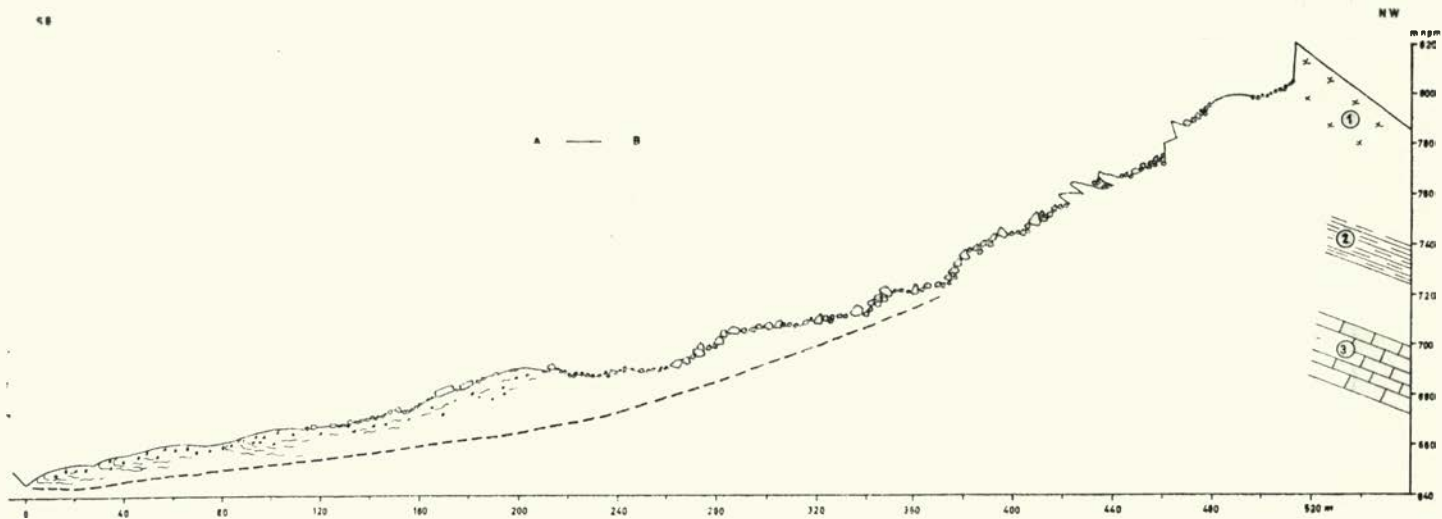
Analiza morfologiczna tego zespołu skłania do przyjęcia dwóch głównych etapów rozwoju zbocza. W pierwszym etapie miało miejsce powstanie zerwy ze ścinania. W centralnej części ruch był głęboki (ryc. 26, profil C—D, E—F), wygasający na boki. W części północnej, w tym samym czasie w górnej partii stoku powstała zerwa, (ryc. 26, profil A—B). Wypływająca poniżej woda, powodowała nasiąkanie glin, mułków i utworów zboczowych. W drugim etapie powstały złaziska. Przesiąknięte wodą utwory zsuwały się w dół stale lecz z różnym nasileniem. Wiosną 1966 r. ruch przybrał rozmiary katastrofalne. Dolna część stoku spłynęła na tory kolejowe, niszcząc je.

Na rozwój osuwisk we wcześniejszych fazach miała niewątpliwie wpływ Odra, która przy wyższych stanach podcinała zbocze. Istniejący dziś staw u podnóża osuwiska (ryc. 25) jest starorzeczem Odry. Z analizy terenów sąsiednich wynika, że ruchy masowe miały decydujący udział w kształtowaniu wschodnich krawędzi Kotliny Raciborskiej.



Ryc. 26. Zespół osuwisk koło Raciborza — profile podłużne. Plejstocen: 1 — glina morenowa, piaski, żwiry; trzeciorzęd: 2 — mułek ilasty, 3 — il pylasty, 4 — il; holocen: 5 — utwory terasy zalewowej.

Group of landslides near Racibórz — longitudinal profiles. Pleistocene: 1 — boulder clay, sand, gravel; Tertiary: 2 — clayey silt, 3 — silty clay, 4 — clay; Holocene: 5 — deposits of flood plain terrace.



Ryc. 27. Profil podłużny przez osuwisko w Grzmiącej. 1 — melafiry piętra erupcyjnego czerwonego spągowca (dolny perm), 2 — łupki dolnego czerwonego spągowca, 3 — piaskowiec dolnego czerwonego spągowca,

Longitudinal profile of Grzmiąca landslide. 1 — melaphyres of eruptive level of Rotliegendes (lower Permian), 2 — schists of lower Rotliegendes, 3 — sandstone of lower Rotliegendes

Pasma Gór Kamiennych zbudowane jest ze skał środkowo-permskiej formacji eruptywnej, gdzie obok melafirów, porfirów i tufów występują osadowe łupki międzyeruptywne. Często spotykane tu zwietrzeliny tufów (72) są wyjątkowo podatne na procesy osuwiskowe. W Górach Kamiennych przebadano dwa osuwiska: w Grzmiącej oraz w Rybnicy (ryc. 1).

Osuwisko w Grzmiącej jest największym ze znanych w Sudetach. Posiada powierzchnię 30 ha (63). Obejmuje stok grzbietu ciągnącego się w kierunku południowo-wschodnim od szczytu Jeleniec (902 m n.p.m.). Grzbiet ten to dajka melafirowa, tworząca w krajobrazie, jak podaje S. Kozłowski (32), ciąg stromo poszarpanych skałek.

Osuwisko powstało na kontakcie dolnego czerwonego spągowca (ryc. 27). Podstawą serii osadowej są zwięzłe piaskowce czerwono-ceglaste, które w stropie przechodzą w miękkie, ceglaste ily i łupki ilaste z wkładkami cienkich ławic piaskowców. Miąższość tej małodpornej serii sięga do kilkudziesięciu metrów. Ona głównie brała udział w ruchu. Całość zapada pod kątem 20—30° w kierunku południowo-wschodnim. Łupki w stropie kontaktują z melafirową dajką. Melafiry są skałą ciemną, drobnoziarnistą, zbitą, dającą niewiele zwietrzeliny w postaci szutru, który zalega na stokach niszy osuwiskowej. Cios obserwowany w odsłonięciach jest słupowy i nieregularny (wichrowy).

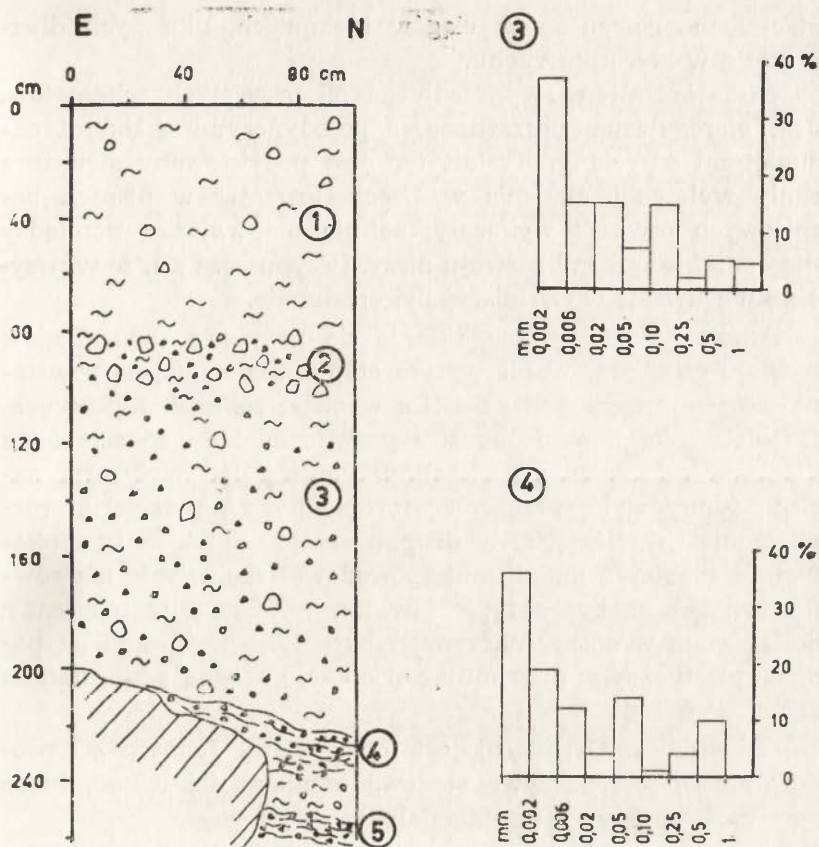
W morfologii osuwiska dominują trzy elementy: nabrzmienia, wielkie lawiny blokowe i ostro zarysowana, nieregularna nisza (ryc. 28).

Nabrzmienia występują w dolnej i środkowej części. Zbudowane są z ilów i rozartych łupków. Ustalono, że utwory te stają się plastyczne przy zawartości 27% wody, a granicę płynności osiągają dopiero przy 59%. We wkopie I (ryc. 29) uchwyciono następujące strefy: a) pokrywą prawdopodobnie peryglacialną, b) bezładnie ułożony materiał osuwiskowy, c) rozwleczenia i plastyczne deformacje na głębokości około 2 m.



Ryc. 28. Szkic morfologiczny osuwiska w Grzmiącej. 1 — melafiry, 2 — porfiry, 3 — zwietrzeliny łupków.

Morphological sketch of Grzmiąca landslide. 1 — melaphyres, 2 — porphyries, 3 — weathered schists.



Ryc. 29. Osuwisko w Grzmiącej. Histogramy składu granulometrycznego warstwy 3 i 4 — wykop I. 1 — glina ciężka, 2 — gruz melafirowy, 3 — glina wiśniowa z fragmentami łupków i gruzem, 4 — rozrtałe łupki popielate, 5 — plastyczne deformacje w ciemnowiśniowej glinie.

Grzmiąca landslide. Histograms of granulometric composition of layers 3 and 4 — excavation I. 1 — heavy loam, 2 — melaphyre rubble, 3 — cherry loam with schist fragments and rubble, 4 — light-grey ground schists, 5 — plastic deformations in dark-cherry loam.

Dwie wielkie lawiny blokowe ciągną się od niszy do czoła osuwiska. Są to głazy o średnicy dochodzącej do 8 m, zwarcie występujące do poziomicy około 700 m npm, poniżej — w po-

staci luźno rozrzuconych ciągów blokowych, ułożonych dłuższą osią w kierunku ruchu.

Nisza kształtem swym odbiega od przyjętych schematów. Jest nieregularna, poszarpana, z pojedynczymi skałkami odsuniętymi od ściany. Kształt ten jest podyktowany strukturą skały wylewnej. Badania w Czechosłowacji<sup>6</sup> w niszach bazaltowych osuwisk wykazały, że nie ma związku pomiędzy ciosem a kierunkami rozwoju niszy. Przypuszcza się, że w przypadku osuwiska w Grzmiącej było podobnie.

Analiza morfologiczna skłania do przyjęcia dwu etapów rozwoju osuwiska. W pierwszym etapie miało miejsce powstanie spływów ziemnych na stoku w zwietrzelinach łupkowych. Do głębokości 2 m dochodziły prawdopodobnie odkształcenia nieciągłe — spękania i szczeliny. Poniżej pod wpływem nacisku i poziomych przesunięć formowały się plastyczne rozwleczenia i wyciśnięcia. W drugim etapie ubytek masy łupkowej na granicy z melafirami spowodował zachwianie ich równowagi. Proces był o typie lawinowym. Głazy w momencie dostania się w obszar nabrzmiń były transportowane na podłożu plastycznym, przyjmując orientację zgodną z kierunkiem ruchu.

Osuwisko w Grzmiącej jest formą starą. Jednym z dowodów na to, jest pokrywa stokowa o miąższości 0,8 m, która nosi cechy pokrywy peryglacialnej.

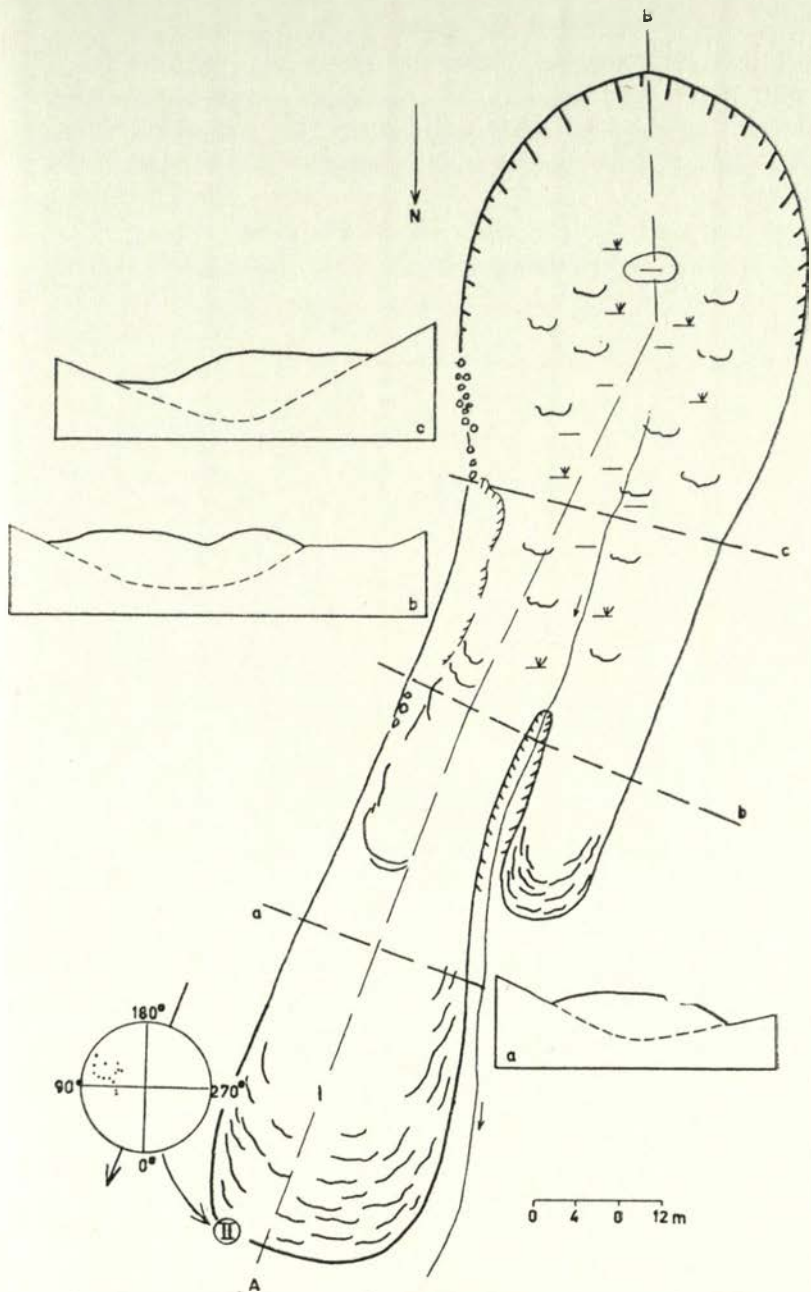
Osuwisko w Rybnicy posiada powierzchnię 1,1 ha. Wypełnia rozcięcie erozyjne na zboczu doliny Rybnicy, utworzone w zwietrzałych tufach melafirowych. Tufy wietrzejąc zostały mocno przeobrażone, dając utwór ciemnowiśniowy, ilasty, plastyczny.

Osuwisko wykształcone jest w postaci spływu kamienisto-błotnego (ryc. 30). Przemawia za tym: słabo wykształcona bez wyraźnych krawędzi nisza, dobrze rozwinięty wypukły jezor, oraz budujący go materiał gruzowo-gliniasty. W dwóch stanowiskach obserwowano strukturę materiału:

---

<sup>6</sup> Wiadomość ustna od J. Rybaña z Instytutu Geologicznego w Pradze.



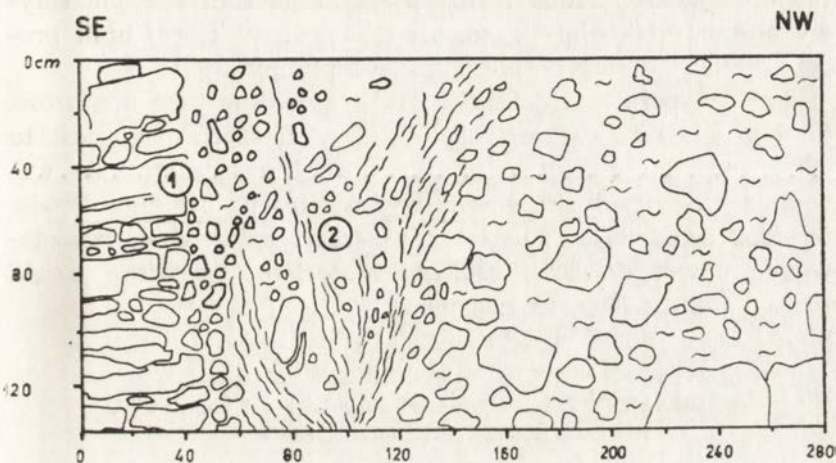


Ryc. 30. Szkic morfologiczny i profile poprzeczne spływu w Rybnicy. Sferyczny diagram obrazuje ukierunkowanie głazików w strefie bocznego sprasowania (15 pomiarów).

Morphological sketch and transverse profiles of Rybnica mudflow. The spherical diagram shows the orientation of small boulders in the zone of lateral pressing (15 measurements).

Stanowisko I — wkop na powierzchni jezora. Wraz z głębokością ilość gruzu wzrastała. Zawartość frakcji ilastej w dwóch próbach stanowiła 1/3 całości. Frakcje grubsze to porfir felzytowy i tuf melafirowy. Gruz ułożony był bezładnie. Na głębokości 1 m natrafiono na wysięki wodne ze ścian i ślady przepływu wód.

Stanowisko II — to duże odsłonięcie czoła w dnie potoku Rybnickiego (ryc. 31). Widoczny jest tu kontakt dyslo-



Ryc. 31. Wykop II na osuwisku w Rybnicy. 1 — dyslokacja tektoniczna, 2 — strefa bocznego sprasowania.

Excavation II in Rybnica mudflow. 1 — tectonic dislocation, 2 — zone of lateral pressing.

kacji tektonicznej z masą osuwiskową. Prostopadła ściana stanowiła masę oporową, wzdłuż której wskutek nacisków dynamicznych wytworzyła się strefa bocznego sprasowania. Nastąpiło rozwleczenie zwietrzałych tufów w postaci jasnych, łukowato wygiętych smug oraz ukierunkowanie grubszego materiału. Naniesione kierunki upadów dłuższych osi głazików zgrupowane są w II ćwiartce, posiadają wysokie wartości upadów, zmieniające się od 30 do 90° (ryc. 30). Zaburzenia te są między

innymi wskaźnikiem turbulentnego ruchu w obrębie spływu kamienisto-błotnego.

W wykopie II badane próby mają znacznie mniejszy udział części spławialnych (13 do 16%). Materiał grubszy to ostrokra-wędziste tufy melafirowe.

Przyczyną ruchu było przesiąknięcie wodą zwietrzeliny tu-fowej w górnej części dolinki, a następnie upłynnienie jej. Ruch miał charakter spływu gruzowo-błotnego, który podlegał turbulencji. Utworzona forma przypomina soliflukcyjne spły-wy błotne, gdzie słabo zaznacza się nisza, w której brak prog-ów a ruch od samego początku jest płynny.

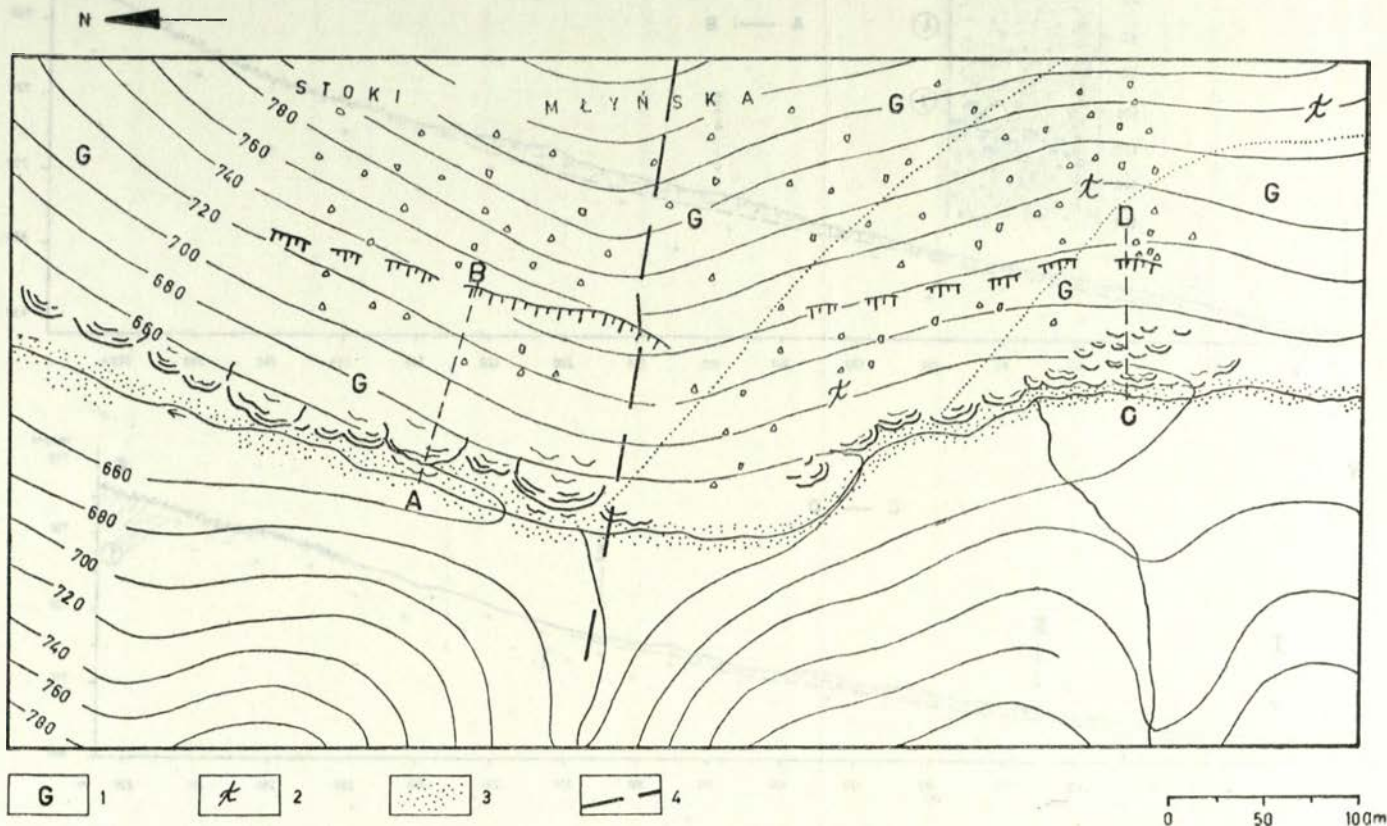
Fakt wypełnienia dolinki masą gruzowo-ilastą o miąższości 5—6 m nie zmieniał jej roli. Woda w dalszym ciągu jest tu odprowadzana, wsiąkając w osuwisko. Przesączająca się we-wnątrz woda pod ciśnieniem wynosi drobne frakcje. Proces ten doprowadził do zubożenia w części spławialne, pozostawiając nawet do 90% grubego materiału. Osuwisko dzięki sufozji stało się wałem gruzowym.

#### OSUWISKA W METAMORFICZNYCH SKAŁACH PREKAMBRYJSKICH NA PRZYKŁADZIE MASYWU ŚNIEŻNIKA KŁODZKIEGO

O ruchach masowych w obrębie zwietrzelin gnejsów i łup-ków prekambryjskich masywu Śnieżnika sygnalizowali geo-łodzy. J. Wilczyńska (98) opisuje osuwisko na północno-wschod-nim stoku góry Opacz (745 m npm) w obszarze źródłowym Nysy Kłodzkiej. Powstało ono w 1936 r., obejmując powierzch-nię 1,5 ha w zwietrzelinie gnejsów śnieżnickich. Ruch miał postać szybkiego zsuwu zwietrzelinowego. J. Wilczyńska za-znacza, że nie jest to zjawisko odosobnione w tym rejonie, wskazując na stare ślady osuwisk na stokach Opacza i Urwi-stej.

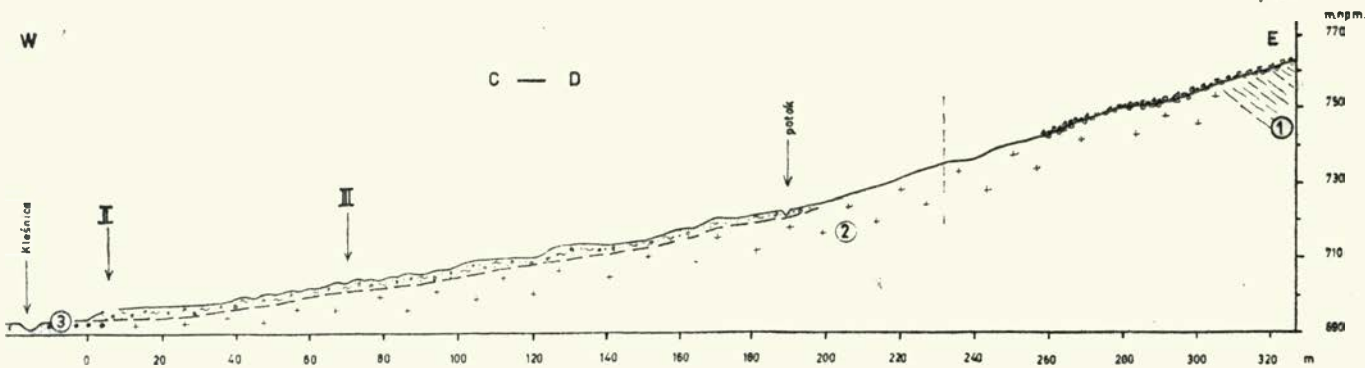
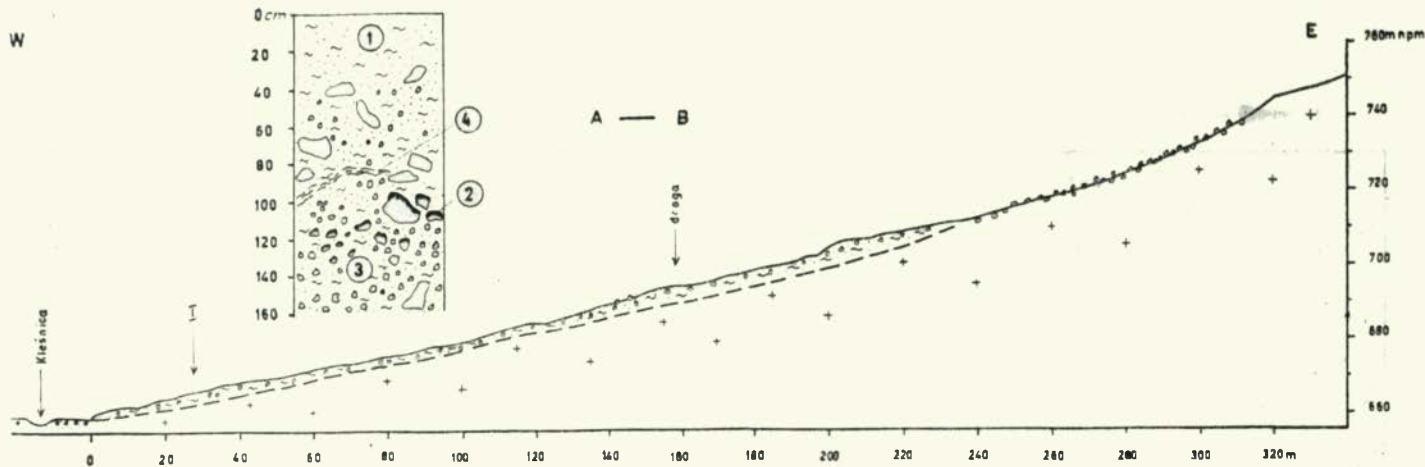
Dobrze zachowane spływy błotne zbadano na zachodnim stoku Młyńska, w dolinie Kleśnicy w Masywie Śnieżnika (ryc. 32).

Podłoże zbudowane jest z gnejsów o różnym stopniu zme-



Ryc. 32. Splywy błotne w Kletnie. Prekambr: 1 — gnejsy śnieżnickie, 2 — łupki łyszczykowe i paragnejsy; holocen: 3 — terasa zalewowa Kleśnicy; 4 — linia dyslokacyjna (geologia wg L. Kaszy).

Kletno mudflows. Pre-Cambrian: 1 — Śnieżnik gneisses, 2 — mica schists and paragneisses; Holocene: Kleśnica flood-plain terrace; 4 — dislocation line (geology after L. Kasza).



Ryc. 33. Kletno — wykop I. 1 — glina piaszczysta, 2 — gliniaste otoczki na gruzie, 3 — glina piaszczysta ciężka z ostrokrawędzistym gruzem, 4 — strefa oglejona. Profil podłużny A—B i C—D. 1 — łupki, 2 — gnejsy, 3 — terasa zalewowa. I, II, III — lokalizacja wykopów.

Kletno — excavation I. 1 — sandy loam, 2 — loamy envelopes on rubbles, 3 — heavy sandy loam with sharp-edged rubble, 4 — gley zone. Profile A—B, C—D. 1 — schists, 2 — gneisses, 3 — flood-plain terrace, I, II, III — location of excavations.

tamorfizowania (26). W południowej części gnejsy przecina seria łupków łyszczykowych i paragnejsów, zapadających pod kątem 40—45° na wschód. Wśród minerałów budujących tę serię przeważają łyszczyki, kwarc i zmienna ilość skaleni; przez centralną część stoku równoleżnikowo przebiega linia dyslokacyjna.

Spływy błotne schodzą na terasę zalewową Kleśnicy dobrze wykształconymi pełnymi nabrzmięń czołami na odcinku 1,3 km. Nachylone są pod kątem od 9 do 25°. Miejsca skąd materiał spływał zaznaczają się słabo widocznymi załomami, które położone są 40—80 m nad dnem doliny. Płaskie nisze posiadają znikome ilości zwietrzeliny, raczej przeważają powierzchnie gruzowe.

Badania prowadzone w trzech wykopach pozwoliły na odtworzenie warunków, w jakich kształtowały się spływy błotne.

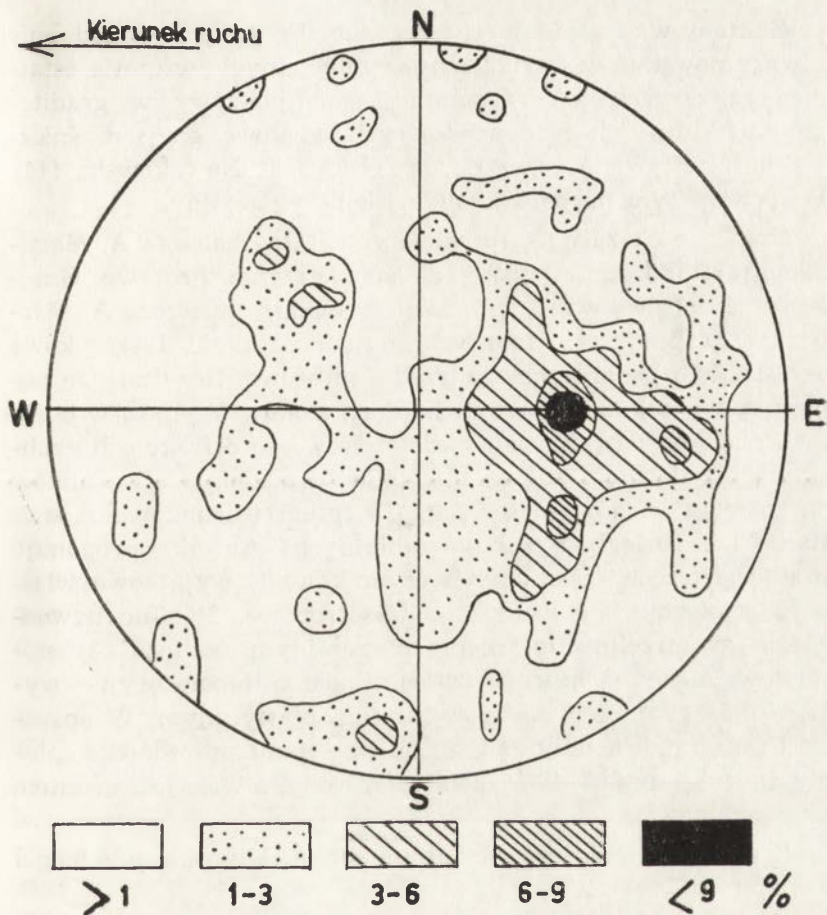
W wykopie I na głębokości 1 m natrafiono na horyzont wodonośny. Rozdzielał on pokrywę na dwie części (ryc. 33): górną zbudowaną z gliny piaszczystej z dużą ilością gruzu (22%) oraz dolną, gdzie nastąpiło zubożenie we frakcję pylastą, wskutek sufozji mechanicznej. Cząstki pylaste jeśli tu występują, to w postaci cienkich otoczek osadzonych na powierzchni grubszych elementów. W wykopie II odsłonięto wewnątrz czoła jednego ze spływów błotnych (ryc. 34). W materiale piaszczysto-pylastym tkwiły bloki o średnicy do 0,5 m. Pomierzone dłuższe osie 100 bloków wykazały, że większość skierowana jest równolegle do kierunku ruchu, z równoczesnym podniesieniem ku górze dolnych partii poszczególnych bloków, co sugeruje, że była to strefa wyhamowywania gruzowo-błotnej masy. Na diagramie sferycznym (ryc. 35) maksyma kierunków dłuższych osi gromadzą się na przelomie I i II ćwiartki, przy średnich wartościach upadów 40°. Na głębokości 1,30 m poniżej materiału pochodzącego ze spływu, natrafiono na żwiry i piaski terasy zalewowej Kleśnicy. Wykop III był zlokalizowany 70 m powyżej wkopu II. Materiał jest tu podobny jak w wykopie II. Nie udało się jednak uchwycić ukierunkowania grubszych elementów. Jedynie 7 głazików na



Ryc. 34. Spływy błotne w Kletnie — wykop II.  
Kletno mudflows — excavation II.

100 wykazywało orientacje skośne do głównego kierunku ruchu i upady  $20-45^\circ$ , zgodne ze stokiem.

Przytoczone fakty skłaniają do zastanowienia się nad genezą spływów błotnych, ich mechanizmem i wiekiem.



Ryc. 35. Sferyczny diagram konturowy orientacji dłuższych osi grubego materiału skalnego w wykopie II (100 pomiarów).

Spherical contour diagram of orientation of major axes of rock material in pit II (100 measurements).

Gnejsy śnieżnicke i łupki lyszczkowe nie dają obfitych zwierzelin. Badane profile poza obrębem spływów wskazywały na płytki zasięg (0,5 m) zwierzeliny z dużą ilością gruzu. Zwierzelina na stokach Młyńska jest przede wszystkim



produktem wietrzenia mechanicznego. Są to prawdopodobnie utwory powstałe w warunkach peryglacialnych, w czasie ostatniego zlodowacenia. Przypominają one pokrywy w granitognejsach izerskich (odpowiadających wiekowo gnejsom śnieżnickim), opisywane przez E. Mycielską i T. Nowakowską (44). Pokrywom tym przypisuje się wiek peryglacialny.

Pomocne okazały się tu eksperymentalne badania A. Martiniego (37) nad odpornością skał na wietrzenie mrozowe. Gnejsy izerskie (równowiekowe ze śnieżnickimi) umieszcza A. Martini w grupie skał odpornych, natomiast łupki łyszczykowe określa jako podatne na wietrzenia mrozowe. Rezultaty te popierają wniosek, że gnejsy zachodnich stoków Młyńska w okresach zimnych dawały mało zwietrzliny i to o frakcjach grubszych, nie ilastych. A więc nie było tu dogodnych warunków do rozwoju ruchów masowych. Co zatem warunkowało powstanie tak rozległych spływów błotnych? Autorka proponuje przyjęcie trzech zasadniczych czynników: 1) wyjątkowe własności geotechniczne gruntu — tiksotropowe, 2) silne nawodnienie zwietrzliny na nieprzepuszczalnym podłożu, 3) stosunkowo duże nachylenia (20%). Badania laboratoryjne wykazały, że grunt ten nie jest gruntem plastycznym. W aparacie Cassagrande'a upłynnia się on bez stanu pośredniego (plastycznego) przy 30—40% zawartości wody, a więc jest gruntem tiksotropowym.

Rozwój osuwisk na zachodnim stoku Młyńska przebiegał następująco.

Wycięcie lasu na początku XIX w. spowodowało zwiększenie udziału wody w zwietrzelinie; ciśnienie spływowe w pokrywie pylasto-piaszczysto-gruzowej na nieprzepuszczalnym podłożu skalnym, doprowadziło do spływów materiału stokowego. O dynamice świadczy uporządkowanie grubszych elementów, szczególnie w dolnych partiach spływów.

RUCHY MASOWE W OBREBIE KRAWĘDZI GÓR STOŁOWYCH  
NA PRZYKŁADZIE PÓŁNOCNEGO STOKU SZCZELIŃCA  
WIELKIEGO

Krawędzie płyty kredowej w Polsce i na terenach północnych Czech są formowane przy dużym udziale ruchów masowych (7, 50, 95). W zależności od rodzaju skał, powstają tu głównie dwa typy form: w osadach marglistych — zerwy ze ścinania, w piaskowcach ciosowych — rozległe blokowiska, które przy sprzyjających warunkach ześlizgują się w dół po stoku. Zostanie tu rozpatrzony drugi typ form na przykładzie północnego stoku Szczelińca Wielkiego, gdzie próbuje się wyjaśnić mechanizm cofania się ściany skalnej oraz sposób zachowania się blokowiska.

W. Łoziński (36) przeceniając rolę wietrzenia mechanicznego w klimacie peryglacialnym, łączy wielkie blokowiska na Szczelińcu li tylko z tym procesem, odrzucając tezę J. G. Anderssona o możliwości ześlizgu bloków. J. Rogaliński i G. Słowiok (69) rozpatrując stoki Gór Stołowych w świetle teorii pedyplynacji, widzą ich rozwój w warunkach ciepłego, wilgotnego klimatu, kiedy ściany cofały się równolegle. B. Dumanowski (6) genezę wielkich blokowisk łączy z sufozją, określając ich wiek na plejstocenijski.

Północna ściana Szczelińca cofa się przez odkłuwanie bloków piaskowcowych od głównego masywu. Procesowi temu sprzyja: 1) płytowe zaleganie piaskowców ciosowych na niestabilnych marglach, 2) kierunki ciosu —  $130^{\circ}$  (I rzędu) i prostopadły do niego  $30^{\circ}$  (II-rzęd), warunkujące oddzielność słupkową płyty piaskowcowej na krawędziach (24), 3) północno-wschodnie tendencje w odwodnieniu masywu Szczelińca.

Piaskowce ciosowe zaliczane do górnego turonu, są ortokwarcytami. Zawierają do 95% najodporniejszych ziarn — kwarcu, kwarcytów, rogowców spojonych lepiszczem chalcedonowym i ilastym. Piaskowce te tworzą dwa wyraźne piętra, różniące się strukturami sedymentacyjnymi. Piętro górne o miąższości 13 m posiada dużą zmienność ławic, w których rozwinęły się różnorodne formy wietrzeniowe. Piętro dolne,

stanowiące plato Szczelińca, to piaskowce gruboławicowe z niewyraźnie zaznaczonym warstwowaniem, zalegające prawie poziomo, o miąższości 37 m. Głównie to piętro bierze udział w ruchach masowych.

Piaskowce ciosowe graniczą w spągu z tak zwanymi warstwami przejściowymi (23), gdzie średnica ziarn maleje i pojawia się glaukonit. Warstwy te są przykryte całkowicie przez blokowisko.

Nie znany jest kontakt z marglami środkowo-turońskimi, poziomu *Inoceramus lamarcki*. Margle w stanie niezwiertzalym posiadają około 50%  $\text{CaCO}_3$ , resztę stanowi krzemionka oraz materiał o frakcji ilastej, który ma prawdopodobnie duży wpływ na ruchy w obrębie krawędzi.

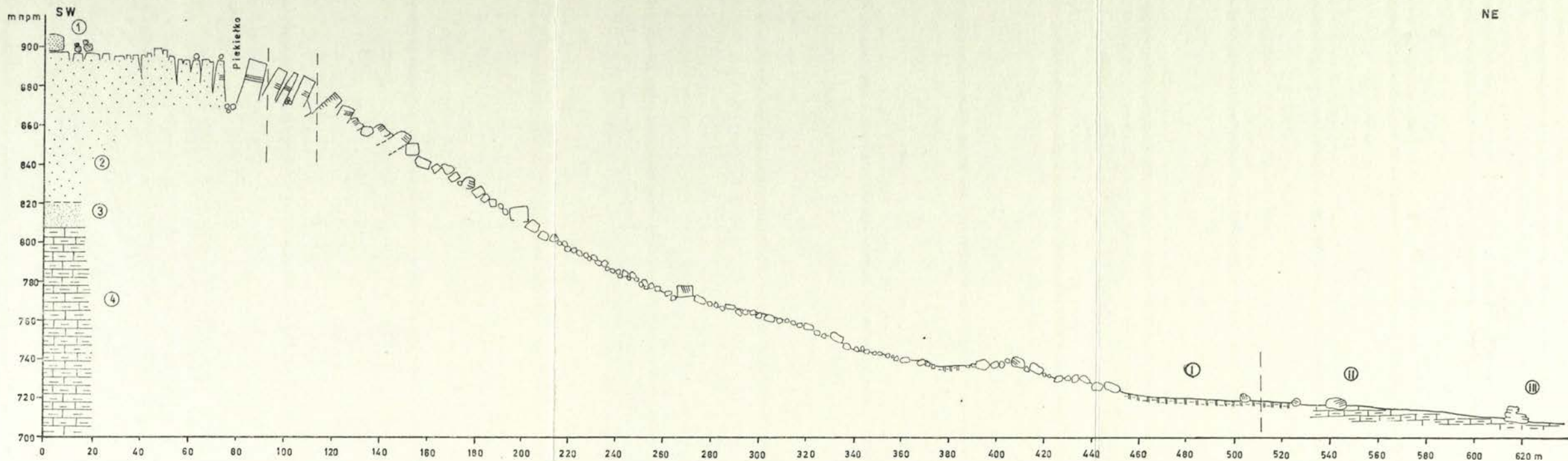
Spośród trzech zlewni odwadniających masyw Szczelińca (57) zlewnia Ścinawki ma największy udział, obejmując północno-wschodnie stoki. Na ogólną liczbę 13 cieków, 9 przypada na zlewnię Ścinawki. Płyną one w głębokich dolinkach wciosowych. Natomiast cieki północno-zachodniej i południowej części masywu płyną okresowo w słabo rozwiniętych korytach.

W analizowanym profilu na północno-wschodnim stoku Szczelińca można wyróżnić trzy odcinki: 1) bloki oddzielone od masywu, odchylone od pionu, 2) strefa zwarcie występujących bloków, 3) strefa pojedynczych bloków (ryc. 36).

W strefie pierwszej, w rejonie Piekietka oddzielone są od masywu nie tylko bloki ale i całe ściany, założone na pierwszym systemie spękań ( $130^\circ$ ), odchylone o  $20\text{--}30^\circ$  od pierwotnego położenia.

Druga strefa, to zwarcie występujące bloki na przestrzeni około 300 m od krawędzi, w dół stoku. Często spotyka się tu bloki, które wskutek upadku podzieliły się. Takie uporządkowanie wskazuje, że po odpadnięciu od ściany, nie były dalej transportowane. Blokowisko zwarte wskazuje na intensywny rozwój krawędzi, który według B. Dumanowskiego (6) przypadał w wilgotnych okresach plejstocenu.

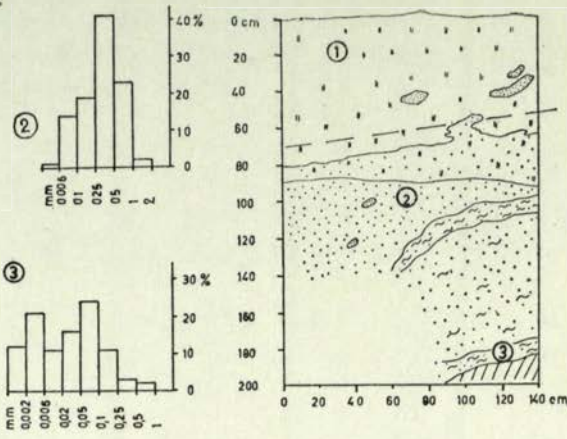
Trzecia strefa silnie zawadniona rozwinęła się w obrębie



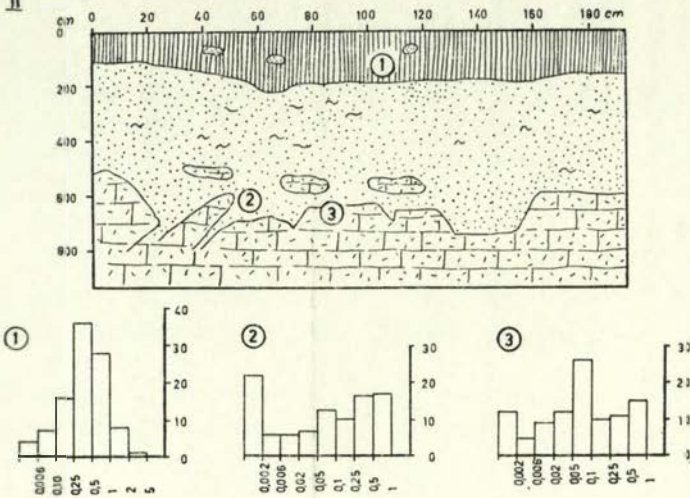
Ryc. 36. Profil podłużny przez północny stok Szczelinca Wielkiego. Turon górny: 1 — górne piętro piaskowców ciosowych, 2 — dolne piętro piaskowców ciosowych, 3 — warstwy przejściowe, 4 — margle plenerowe. I, II, III — lokalizacja wykopów.

Longitudinal profile of northern slope of Szczeliniec Wielki. Upper Turonian: 1 — upper level of cleavable sandstones, 2 — lower level of cleavable sandstones, 3 — transition beds, 4 — marls, I, II, III, — location of excavations.

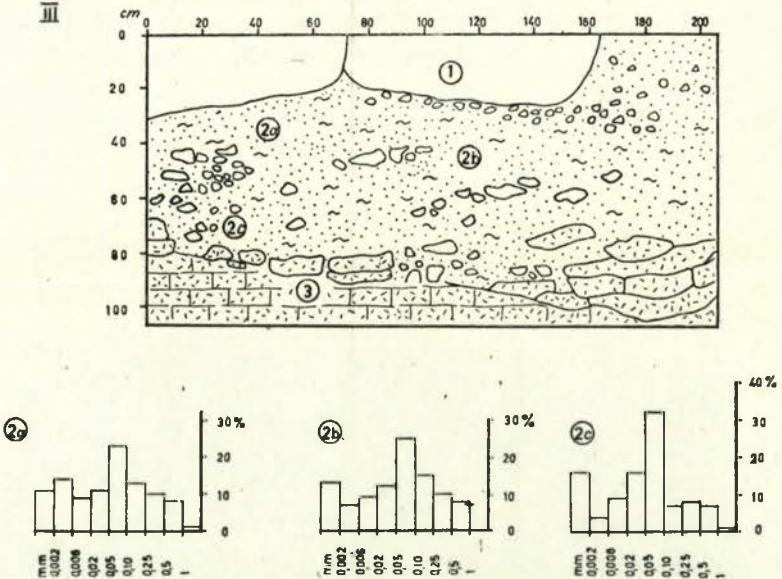
I



II



III



Ryc. 37. Wykop I. 1 — torf borealny, 2 — piasek luźny z gruzem, 3 — glina popielata. Wykop II — 1 — piasek słabogliniasty z humusem, 2 — glina piaszczysta z okruchami zwięzłych margli, 3 — zwięzłe margle. Wykop III — 1 — blok piaskowca, 2 a, b, c — glina piaszczysta z gruzem piaskowcowym, 3 — zwięzłe margle.

Excavation I. 1 — peat of boreal age, 2 — loose sand with rubble, 3 — light-grey loam. Excavation II. — 1 — sand containing small admixture of loam, with humus, 2 — sandy loam with fragments of weathered marls, 3 — weathered marls. Excavation III. 1 — sandstone block, 2 a, b, c — sandy loam with sandstone rubble, 3 — weathered marls.

margli. Bezpośrednio u podnóża zwartego gładowiska (ryc. 37, I) natrafiono na warstwę piasków zaglinionych, na których spoczywał torf z florą borealną. Analiza pyłkowa<sup>7</sup> wykazała następujący skład:

AP

Pinus	(Sosna)	— 57%
Betula	(Brzoza)	— 5%
Corylus	(Leszczyna)	— 3%
Salix	(Wierzba)	— 5%
Picea	(Świerk)	— 9%
Ulmus	(Wiąz)	— 3%
Quercus	(Dąb)	— 3%
Alnus	(Olsza)	— 5%
Tilia	(Lipa)	— 2%
Abies	(Jodła)	— 7%
Larix	(Modrzew)	— 1%

NAP

Cyperaceae	(Turzycowate)	— 4%
Gramineae	(Trawy)	— 3%
Polygaonaceae	(Rdestowate)	— 1%
Polypodiaceae	(Paprotkowate)	— 25%
Lycopodium	(Widłak)	— 5%
Spagnum	(Mech torfowiec)	— 8%
Musci — Bryales	(Mchy właściwe)	— 11%

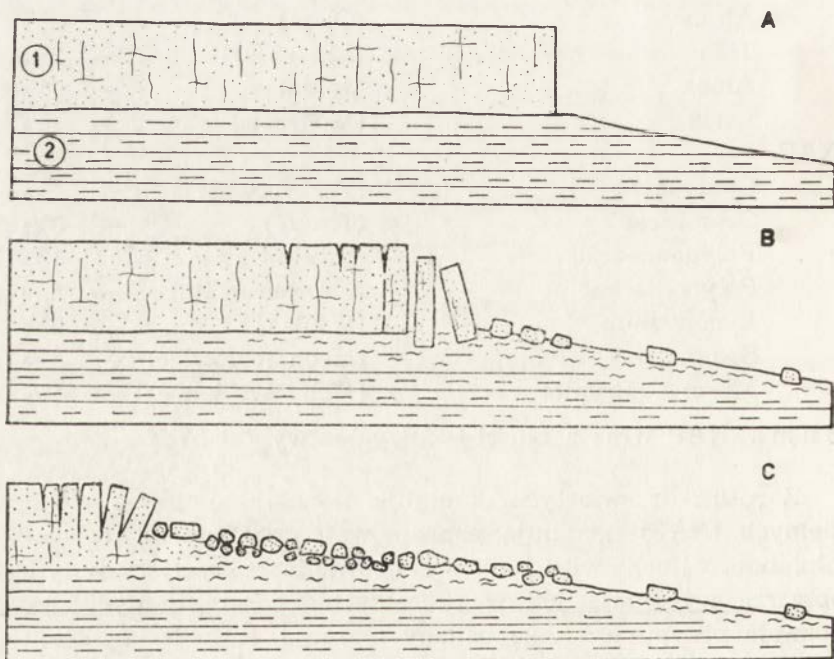
Suma NAP wraz z Musci — Bryales wynosi 57%

Z roślin drzewiastych dominuje sosna, natomiast z roślin zielnych (NAP) dominują paprotkowate. Brak elementu ciepłolubnego i całkowity brak występowania buka, który w tym obszarze występuje już w początkach okresu atlantyckiego, pozwala przypuszczać, że badany materiał pochodzi z okresu borealnego. Niestety, jedno stanowisko datowane nie pozwala na wyciągnięcie ogólniejszych wniosków.

<sup>7</sup> Wykonana przez dr P. Szczyпка z Instytutu Geograficznego Uniwersytetu Wrocławskiego.

W trzeciej strefie dokonano wkopów pod dwoma luźno stojącymi blokami (ryc. 37, II, III). Pod warstwą gliny lekkiej z gruzem piaskowcowym na głębokości 60—80 cm natrafiono na margle. Niska zawartość  $\text{CaCO}_3$  — 0,08% i substancji ilystych — 15% świadczy o daleko posuniętym procesie wietrzenia. W materiale otaczającym głązy nie natrafiono na ślady zaburzeń wskutek ruchu. Z ich braku można wnosić o silnym przekształceniu zwietrzliny i długim okresie zalegania przesuniętych głązów.

Przytoczone dane pozwalają na przyjęcie następujących etapów rozwoju północno-wschodniego stoku Szczelińca Wielkiego (ryc. 38):



Ryc. 38. Etapy rozwoju północno-wschodniej krawędzi Szczelińca Wielkiego. 1 — piaskowce ciosowe, 2 — margle plenerowe.

Development phases of northeastern edge of Szczeliniec Wielki. 1 — cleavable sandstones, 2 — marls.

1 — zwiększona dostawa wody do poziomu margli środkowo-turońskich powoduje ich uplastycznienie w horyzoncie wodonośnym i wzmaga sufozję. Krawędź znajdująca się około 300 m dalej od dzisiejszej, deformuje się przez osiadanie bloków i ześlizgiwanie w dół po uplastycznionych marglach. Część bloków wędruje daleko na przedpole.

2 — w wyniku dalszego cofania się ściany tworzą się blokowiska. Proces niszczenia krawędzi z poziomu plastycznych margli, posuwa się ku górze w rejon piaskowców warstwy przejściowej i piaskowców ciosowych. Tu nad plastycznymi deformacjami zaczyna przeważać filtracyjna deformacja gruntu — sufozja. Zmienia się charakter ruchu bloków na krawędzi. Zamiast ześlizgów po plastycznym podłożu z rotacyjnym przechyleniem w tył, następuje odkłuwanie się bloków od ściany, przechylenie i runięcie w dół. Tego typu procesy istnieją do chwili obecnej, o czym świadczy rozszerzenie się szczeliny o 18 mm (8.III—15.VII.1969 r.) w rejonie schroniska na Szczelińcu.

W wyniku działania wyżej przytoczonych procesów ukształtował się stok wklęsły. Cofanie się stoku postępowało równocześnie przez zawalanie się i odkłuwanie bloków z równoczesnym denudacyjnym obniżaniem powierzchni marglistej poprzez uplastycznienie zwietrzliny i transport w dół. O kształcie północno-wschodniego stoku Szczelińca zadecydowała przede wszystkim budowa geologiczna i stosunki wodne. Rozwój stoku jest ciągły od wczesnych faz plejstocenu, do chwili obecnej, z różnym nasileniem. W początkowym okresie decydowało uplastycznienie podłoża, ustępujące w fazach późniejszych procesom sufozji.

#### BADANIA PORÓWNAWCZE W KARPATACH

Klasycznym terenem naturalnych ruchów masowych w Polsce są obszary fliszowe Karpat. Obserwacje nad sposobem przemieszczania się mas prowadzono w Beskidzie Wyspowym, w pasmie Jaworzyny Krynickiej — pod Makowicą.



w rejonie Pustej Wielkiej, w dolinie Ropy w Szymbarku i w Łosiach, w dolinie Jasiołki na zachodnich stokach Cergowej Góry (ryc. 1). Spośród poznanych osuwisk wybrano dwa — na Lubogoszczy i w Piwnicznej, reprezentujące odmienne typy ze względu na ich stosunek do podłoża geologicznego. Lubogoszcz jest osuwiskiem obsekwentnym, Piwniczna zaś subsekwentnym.

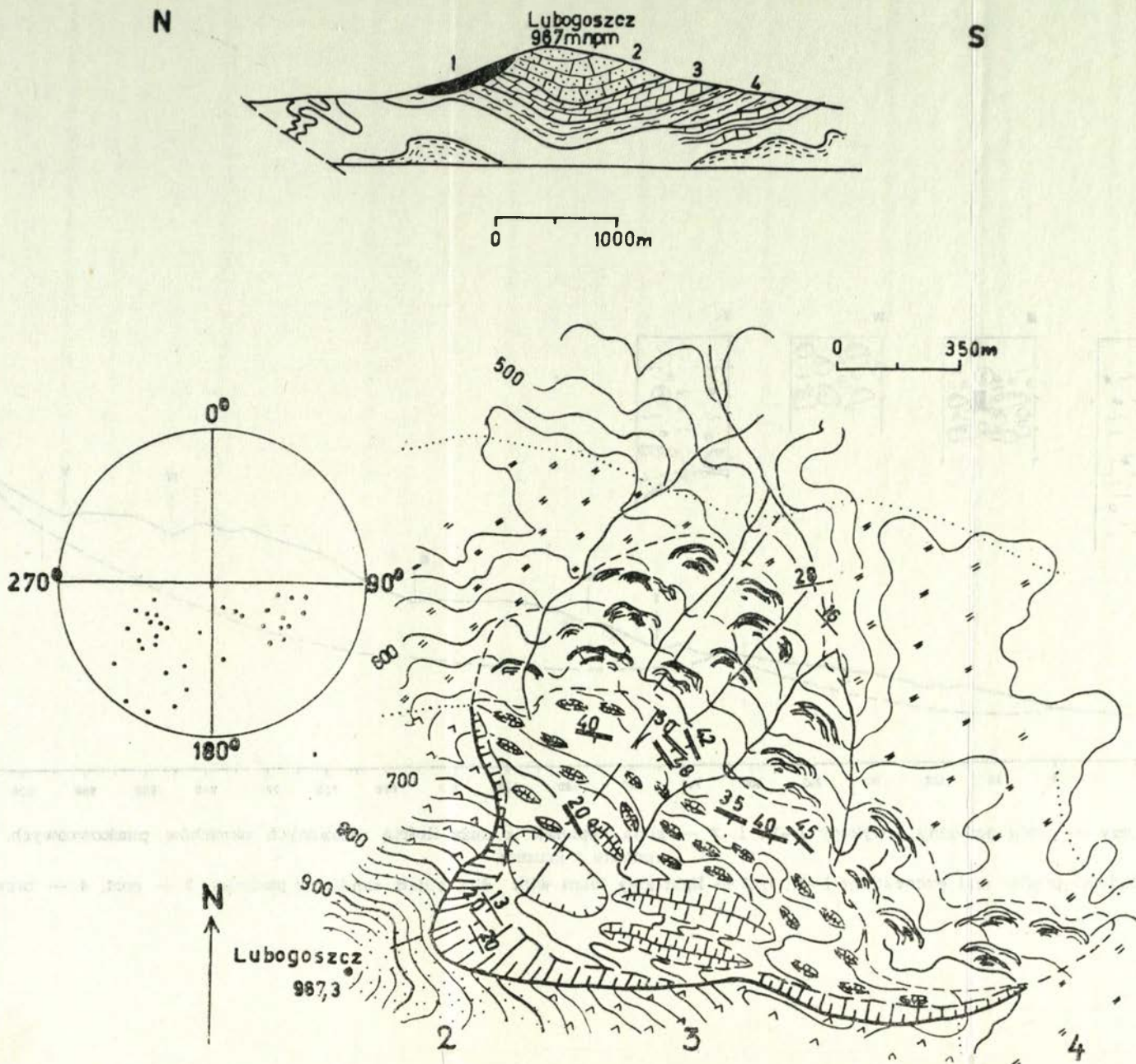
#### Osuwisko na północnych stokach Lubogoszczy.

Na mapie geologicznej 1:50 000 (arkusz Rabka) B. Świderski (81) zaznacza częściowo zasięg tej formy. W 1932 r. pisze on (80): „Na północno-wschodnim stoku Lubogoszczy (...) występują prostolinijne, nadległe listwy skalne w postaci długich grzęd i garbów, przedzielone głębokimi kotlinami i rowami, częściowo zabagnionymi”. Właśnie ta duża ilość „listew skalnych” zdecydowała o wyborze osuwiska na Lubogoszczy jako przedmiotu badań. Są to progi wstecznie obalone, znane już z osuwisk w cegielni Marciszów, Kamienna Góra i Jelenia Góra.

Lubogoszcz posiada typową dla Beskidu Wyspowego budowę geologiczną. Na niestabilnym podłożu zbudowanym z eoceńskich łupków, zalegają gruboławicowe piaskowce magurskie wieku oligoceńskiego. Budują one wierzchowinowe partie Lubogoszczy. Pod względem tektonicznym jest to łęk. Ruchem objęte zostały warstwy piaskowca i podścielające je łupki (ryc. 39).

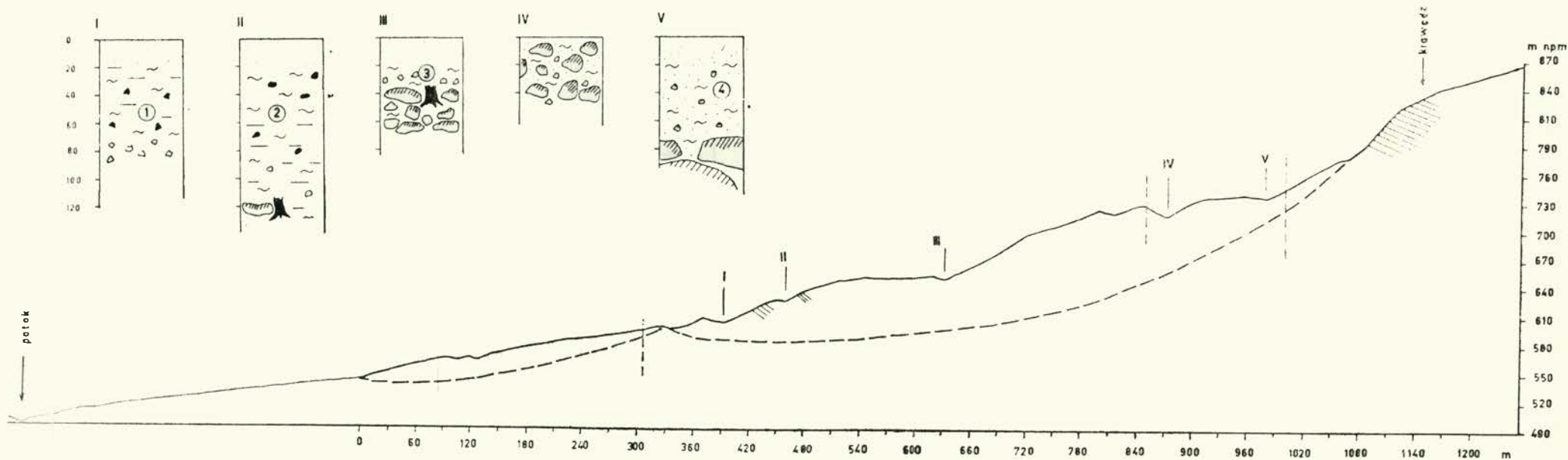
Osuwisko zajmuje obszar 154 ha. W morfologii dominują tu trzy elementy: 1 — wyraźnie zarysowana nisza (ryc. 40), 2 — materiał wypełniający niszę, 3 — materiał wyciśnięty poza obręb niszy.

W południowo-wschodniej części niszy znajdują się dwa potężne wały, odsunięte od ściany niszy. Poza tym dominuje tu wielka ilość progów wstecznie obalonych, pomiędzy którymi utworzyły się jeziorka. Przechylenie warstw w progach ( $30-50^{\circ}$  SW) w stosunku do ich pierwotnego położenia ( $13-20^{\circ}$  SW) wynosi średnio od 10 do  $30^{\circ}$ . Maksyma pomie-



Ryc. 39. Przekrój geologiczny przez Lubogoszcz, szkic morfologiczny osuwiska i diagram sferyczny. 1 — badane osuwisko, 2 — piaskowce magurskie, 3 — margle i piaskowce konglomeratyczne, 4 — łupki szare i pstre piaskowce konglomeratyczne.

Geological cross-section through the Lubogoszcz area, morphological sketch of landslide and spherical diagram — dip of beds in scarps within the niche. 1 — landslide, 2 — Magura sandstone, 3 — marls and conglomeratic sandstones, 4 — dark-grey schists, mottled sandstones, conglomerates.



Ryc. 40 Osuwisko na Lubogoszczy — profil podłużny i wykopy I—V. 1, 2 — glina popielata z dużą ilością rozłożonych okruchów piaskowców, 3 — korzeń, — 4 glina brunatna z gruzem.

Lubogoszcz landslide — longitudinal profile and excavations I—V. 1, 2 — light-grey loam with distributed sandstone particles, 3 — root, 4 — brown loam with rubble.

rzonych upadów warstw w progach, naniesiono na diagram sferyczny (ryc. 39). Grupują się w II i III ćwiartce, przy średnich wartościach upadów.

Poza dolny próg niszy została wyciśnięta niewielka ilość materiału. W czasie ruchu został on całkowicie rozkruszony, tworząc masę gliniastą z chaotycznie ułożonym gruzem. W odsłonięciach nie udało się stwierdzić uporządkowania gruzu, brak było również plastycznych deformacji.

Duże rozmiary osuwiska i jego częściowo zatarte formy nasuwały przypuszczenie, że jest to forma stara. Wkopy wykonane w zagłębieniach bezodpływowych w niszy i między progami (ryc. 40) wykazały, że brak tu sedymentów o większej miąższości, a przede wszystkim torfów, tak charakterystycznych dla starych osuwisk. Na przykład zagłębienie bezodpływowe w niszy osuwiska na Bryjarce koło Szczawnicy (53) wypełnione jest pokładem torfu z mułkami o miąższości 5,2 m. Tu natomiast natrafiono na gruz piaskowcowy zmieszany z gliną ciężką oraz na obłamane pnie drzew. Ich położenie wskazuje, że znajdowały się one okresowo w wodzie. Przegnite pnie obłamywały się, pozostawiając korzenie. Niewielka miąższość osadów w zagłębieniach bezodpływowych i ich jednolite wykształcenie wskazuje na stosunkowo młody wiek osuwiska na Lubogoszczy.

Osuwisko powstało w trakcie jednego cyklu. W niszy ze ścięcia materiał został przesunięty w dół o 120 m. Wypełnił jej dolne partie, ulegając podziałowi na progi z zachowaniem ich pierwotnej struktury. Masa wyciśnięta poza obręb niszy została rozkruszona i wymieszana. Wsteczne obalenie progów w niszy pozwala przypuszczać, że największa prędkość panowała przy powierzchni poślizgu. Po przekroczeniu progów niszy sytuacja w masie uległa zmianie. W powierzchniowych partiach istniała tendencja do najszybszych przesunięć — prędkość masy wraz z głębokością malała. Rozwój niszy postępował na boki, aż do osiągnięcia całkowitej równowagi.

## Osuwisko w Piwnicznej

Położone jest w przełomowym odcinku doliny Popradu, na stoku góry Kiczar (707 m n.p.m.). Posiada powierzchnię 33,6 ha (42). Osuwisko powstało w obrębie oligoceńskich warstw magurskich, zbudowanych z piaskowców grubo- i średnioławicowych (0,3—5 m) glaukonitowych o lepszczu wapiennym i krzemionkowym oraz wkładek łupków marglistych<sup>8</sup>. Północna granica osuwiska wyznaczona jest przez linię dyslokacyjną, wzdłuż której odsłaniają się warstwy podmagurskie. W stosunku do biegu warstw, podłużna oś osuwiska jest ustawiona pod kątem 90°, jest to więc osuwisko subsekwentne. To rzutowało na jego mechanizm ruchu i zewnętrzną formę.

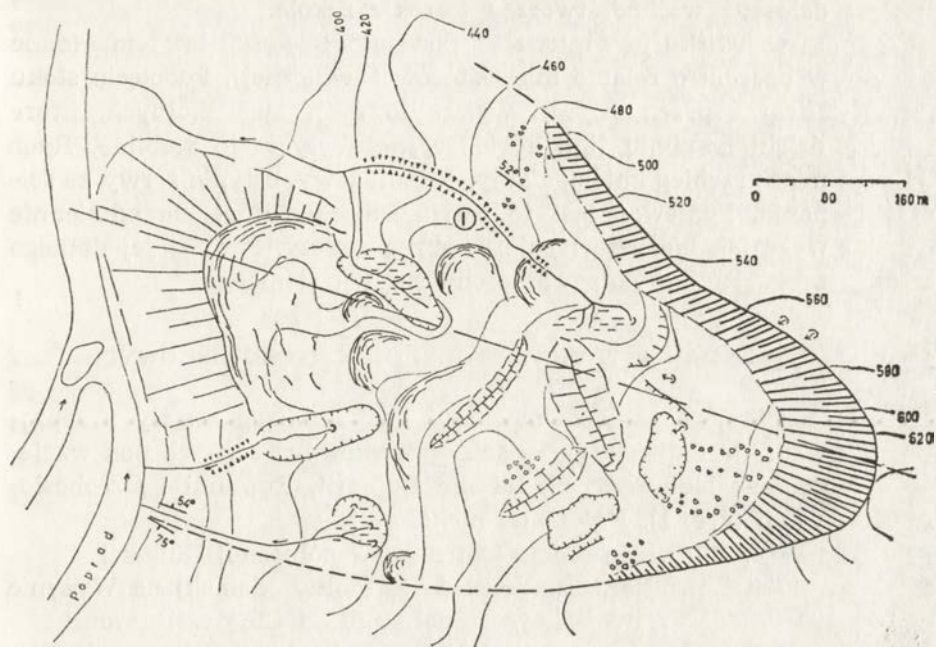
Nisza jest bardzo wyraźnie zarysowana (ryc. 41). W jej obrębie znajdują się garby, których jednak nie można nazwać progami wstecznie obalonymi. Brak odsłonieć nie pozwala określić upadu warstw w poszczególnych garbach. W przypadku tego osuwiska deformacje w obrębie niszy są odmiennie wykształcone, trudne do określenia.

Poza dolny próg niszy została wyciśnięta duża ilość materiału, który, podobnie jak na Lubogoszczy, uległ całkowitemu rozdrobnieniu. Ruch nosił cechy rozległego spływu, tworząc w efekcie potężne garby. W odsłonięciu o wysokości 40 m w czole nie udało się uchwycić uporządkowania grubszych elementów. Duży udział gruzu (60%) warunkował wysokie nachylenia poszczególnych garbów (do 35°).

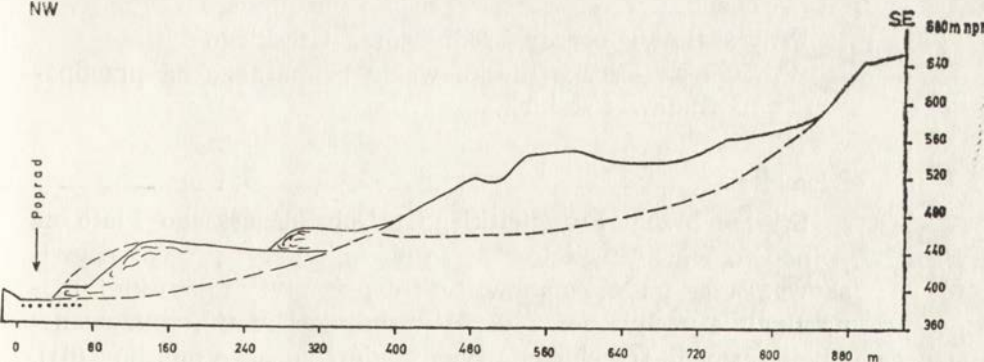
W potoku marginalnym północnym (ryc. 41 odsłonięcie I) natrafiono na złupkowacenia ciągle w strefie poślizgu. W pobranej próbie o miąższości 3 cm natrafiono na pięć oddzielnych powierzchni z rysami ślizgowymi.

Prześledzenie biegu Popradu w rejonie Piwnicznej pozwoliło ustalić przyczyny powstania oraz wiek formy. Znalezione żwiru 2-metrowej terasy pod czołem osuwiska, zaburzenia w rozwoju meandru, dziczenie rzeki na tym odcinku wskazują, że koryto Popradu zostało przesunięte przez czoło osu-

<sup>8</sup> Na podstawie niepublikowanych materiałów H. Swidzińskiego.



NW



Ryc. 41. Szkic morfologiczny i profil podłużny osuwiska w Piwnicznej.  
Morphological sketch and longitudinal profile of Piwniczna landslide.

wiska. Przed jego powstaniem Poprad płynął około 120 m dalej na wschód, tworząc szerokie zakole.

Osuwisko jest młode — powstało 150—200 lat temu (dane w oparciu o relacje mieszkańców Piwnicznej). Podcięcie stoku Kicarza przez Poprad wyzwoliło ruch mas skalnych, które dzięki istnieniu linii dyslokacyjnej były mało stabilne. Ruch miał przebieg katastrofalny, jednorazowy, o typie zerwy ze ścinania. Ponieważ jest to zerwa subsekwentna, ma odmiennie wykształcone deformacje w obrębie niszy. Poniżej jej dolnego progu ruch wykazywał cechy spływu ziemnego.

#### BADANIA W INNYCH REGIONACH OSUWISKOWYCH

Obserwacje porównawcze i uzupełniające zostały przeprowadzone w pięciu regionach osuwiskowych różnych pod względem geologicznym na terenie Bułgarii, Rumunii i Czechosłowacji (ryc. 1). Należą do nich:

- I. Wybrzeże Morza Czarnego w północnej Bułgarii
- II. Lewe dorzecze rzeki Aries (dolny odcinek) na Wyżynie Transylwańskiej, na południe od Cluj w Rumunii
- III. Krawędzie czeskiej płyty kredowej w północnych Czechach
- IV. Bazaltowy obszar Średniogórza Czeskiego
- V. Północno-czeska niecka węgla brunatnego na przedpłacu Rudaw Czeskich.

#### Region I

Strome brzegi Frangielskiego i Dobrudżańskiego Plato na północ od Warny modelowane są głównie przez procesy osuwiskowe. Brzeg morski stanowi tu krawędź płyty mizyjskiej, monoklinalnie pochylonej ( $7-12^\circ$ ) ku dolinie Dunaju, zbudowanej z pelitycznych, trzeciorzędowych osadów górnego miocenu (61). Predyspozycję dla rozwoju osuwisk stanowią dwa wodonośne horyzonty w utworach sarmatu (40 i 150 m npm), a trzęsienia ziemi i abrazja morska wyzwalają i przyspieszają te procesy.

Na omawianym odcinku wybrzeża czarnomorskiego, biorąc pod uwagę mechanizm ruchu, wyróżniono następujące typy osuwisk:

- 1 — zsuwy,
- 2 — zerwy,
  - a) z powierzchnią poślizgu wychodzącą na brzegu, powyżej poziomu morza,
  - b) z powierzchnią poślizgu sięgającą pod dno morskie,
  - c) z powierzchnią poślizgu trudną do określenia (zerwy frontalne).

Najpełniej wykształcone zsuwy znajdują się w Bałcziku (52). Są to potężne bloki, odsunięte od głównej ściany. Bloki te nie podlegając rotacji, zgodnie z upadem warstw przesuwały się po powierzchni poślizgu, która nawiązuje do poziomu morza (ryc. 42 I). Zsuwy w Bałcziku rozwijają się z różnym nasileniem od plejstocenu do chwili obecnej.

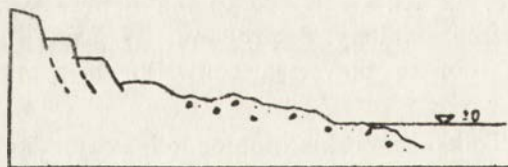
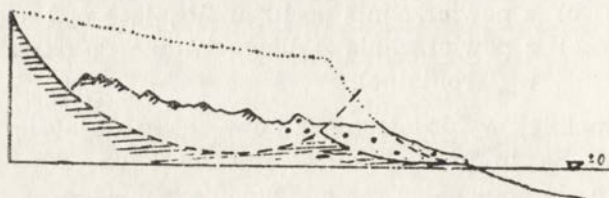
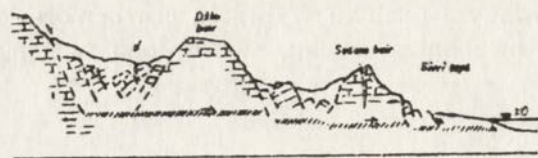
Zerwy najczęściej występują na tym odcinku wybrzeża. Znajdują się w różnym stadium rozwoju, wykazując stałe tendencje do przemieszczania.

Osuwisko we wsi Momczil (61) jest dobrym przykładem zerwy, której powierzchnia poślizgu wychodzi powyżej poziomu morza (ryc. 42 II). Osuwisko to ma dobrze wykształconą niszę z wstecznie obalonymi progami. W czole niszczonym przez abrazję morską powstają osuwiska o typie spływów ziemnych.

Osuwisko Tołk-Liman (na północ od Przylądka Kaliakra) reprezentuje typ zerwy, której powierzchnia poślizgu sięga poniżej poziomu morza (ryc. 42 III). W niszy, poniżej wstecznie obalonych progów występują słone jeziora, odcięte od morza skalnymi grzędami, które wskutek kompresji mas zostały wyciśnięte z dna morskiego.

Zerwy frontalne należą do starych, plejstocęńskich osuwisk, których dolne odcinki są tak zniszczone, że położenie powierzchni poślizgu jest trudne do określenia (ryc. 42 IV). Dobrze natomiast zachowane są tu 2—3 progi wstecznie obalone,





Ryc. 42. Typy osuwisk na wybrzeżu czarnomorskim w Bułgarii. I — zsuw w Bałcziku (wg J. Paška i J. Rybařa), II — zerwa we wsi Momczil (wg autorki), III — schemat zerwy w Tołk-Liman (wg autorki), IV — schemat zerwy frontalnej w Żółtych Piaskach.

Types of landslides on the Black Sea shore in Bulgaria. I — Balchik slide (after J. Pašek and J. Rybař), II — slump in the village of Momchil (after the author), III — schematic representation of the Tołk-Liman slide (after the author), IV — schematic representation of the frontal slump at Zlatni Piasatsi (after the author).

bezpośrednio pod ścianą niszy. Charakterystyczną cechą osuwisk frontalnych jest duża rozciągłość progów — do kilku km. Na nich zostały wybudowane Złote Piaski.

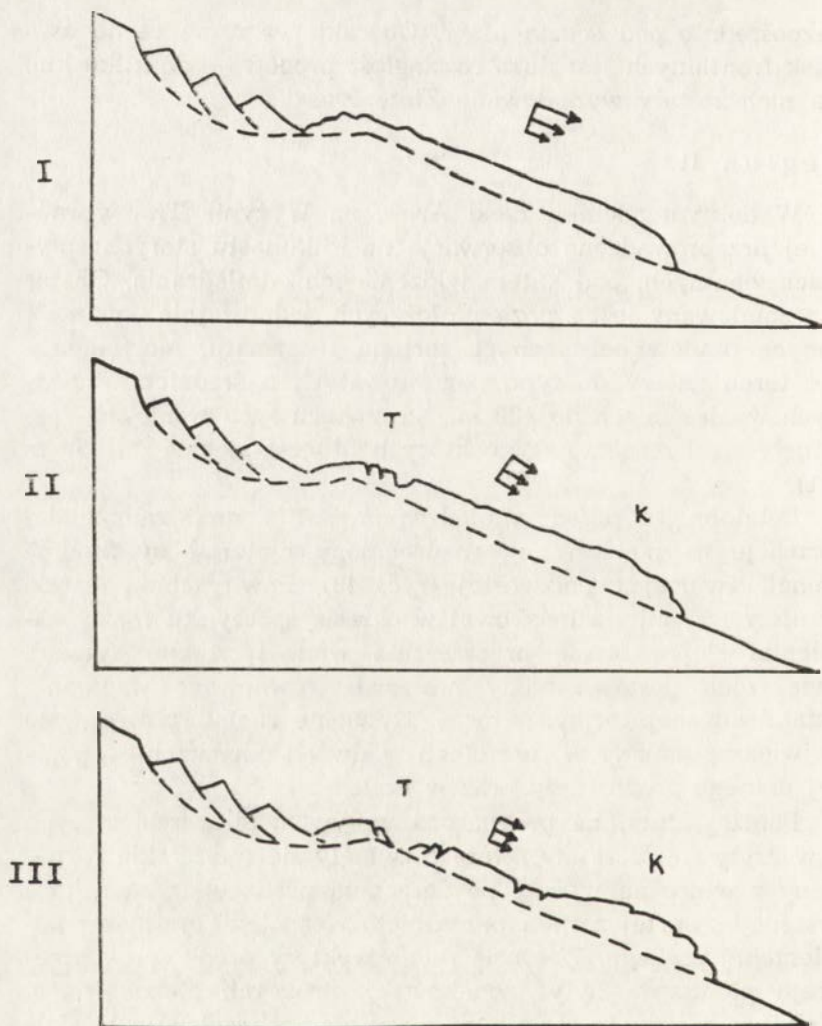
## Region II

W dolnym odcinku rzeki Aries, na Wyżynie Transylwańskiej przeprowadzono obserwacje na kilkunastu starych spływach ziemnych, pod kątem widzenia ich odmładzania. Obszar ten zbudowany jest z poziomo leżących, jednostajnie wykształconych osadów pelitycznych tortonu i sarmatu. Morfologicznie teren należy do typu pagórkowatych o średnich względnych wzniesieniach do 100 m. Na stokach tych wzniesień rozwinęły się liczne osuwiska, których długość sięgała do 150 m (91).

Ustalono, że przed odmłodzeniem spływ miał zatarte deformacje na powierzchni, rozdrobniony materiał był konsystencji zwartej i półzwartej (ryc. 43). Powierzchnia ścięcia w niszy i rynnę osuwiskowej w okresie spoczynku formy zamieniła się w strefę przesączania wód. W takiej sytuacji zwiększona dostawa wody naruszała równowagę względnie ustabilizowanej formy. Wtórne ożywienie ruchu spowodowało największe zmiany w morfologii w dwóch odcinkach — poniżej dolnego progów niszy oraz w czole.

Poniżej niszy, na progu, pod wpływem sił rozciągających utworzyły się szczeliny, które rozwinęły się w szerokie rozpadliny z widoczną w dnie powierzchnią poślizgu. Masa o konsystencji zwartej została przesunięta równolegle po starej powierzchni poślizgu. W czasie ruchu wektory prędkości w przekroju pionowym były jednakowe na różnych głębokościach. Wskutek nacisku przesuniętej masy z góry, czoło uległo sfałdowaniu i kompresyjnym zaburzeniom.

Obserwacje poczynione tu pozwalają przyjąć, że najważniejszą rolę w procesie odmładzania odgrywają stare powierzchnie poślizgu, wzdłuż których następuje przesunięcie. W trakcie odmładzania zmienia się typ ruchu, np. stary spływ ziemny przybiera postać zsuwu zwietrzelinowego.



Ryc. 43. Stadia odmładzania osuwiska o typu sływu w Transylwanii. I — stary sływ ziemny, II — kształtowanie się rozpadliny, III — powstanie zsuwu. T — strefa tensji, K — strefa kompresji.

Phases of rejuvenation of a flow-type landslide in Transylvania. I — old earthflow, II — rift formation, III — slide formation. T — tension zone, K — compression zone.

### Region III

Jak wspomniano w rozdziale o Górach Stołowych, ruchy masowe wzdłuż krawędzi płyty kredowej w północnych Czechach są zjawiskiem powszechnym. Obserwacje prowadzono tu w trzech miejscach: w rezerwacie „Tiskie Skały”, na Pogórzu Džban oraz na zboczach doliny Ohře w Březnie.

Rezerwat Tiskie Skały w dolinie Łaby, sąsiadujący z „Saską Szwajcarią”, jest zbudowany z miększych piaskowców górnokredowych, spoczywających na marglach. Obserwacje w obrębie krawędzi wykazały, że rozwój ich jest podobny, jak na północnym stoku Szczelińca. Wskutek procesów sufozyjnych w marglach, płyta piaskowcowa dzieli się na „ciosy”, które odkłuwając się od ściany zawalają się, tworząc u podstawy rozległe blokowiska.

Pogórze Džban (535 m npm). Zachodnia krawędź tego Pogórza zbudowana jest z piaskowców cenomańskich, podścielonych marglami i ilowcami. Od plejstocenu do chwili obecnej tworzą się tu dwa typy osuwisk: blokowe i prądowe (spływy). Oderwane bloki od płyty piaskowcowej podlegają osiadaniu i przesunięciom po plastycznym podłożu (50). Osuwiska o typie spływów tworzą się poniżej, w utworach marglistych i ilastych.

Březno. Na zboczu doliny Ohře, zbudowanym z trzeciorzędowych utworów kaolinowych, podścielonych marglami kredowymi, tworzą się osuwiska wskutek rzecznej erozji bocznej. Obserwowano tu kilka generacji zerw ze ścinania o cylindrycznej powierzchni poślizgu.

### Region IV.

Na obszarze Czeskiego Średniogórza osuwiska występują w obrzeżeniu stożków bazaltowych i na krawędziach rozległych tarcz bazaltowych. Osuwiska tworzą się w zwietrzelinach tufów bazaltowych oraz w górnokredowych utworach pelitycznych, w które intrudowały lawy trzeciorzędowe.

Obserwacje prowadzono tu na stożkach bazaltowych Mila (511 m npm), Milešovka (835 m npm), Hazmburg (416 m npm), na osuwisku w Stadicach, w przełomie Łaby między Litomierzycami a Usti nad Łabą oraz na największym osuwisku w Czechosłowacji — Javory, o powierzchni 10 km<sup>2</sup>. Większość, to rozległe, plejstocenske formy, blokowe w górnej części, w dolnej z reguły o charakterze spływów. Nie można tu mówić o zerwach w przyjętym przez nas ujęciu. Prawdopodobnie nie dochodziło tu do wykształcenia cylindrycznej powierzchni poślizgu. Bloki bazaltowe, osiadające na miękkich, plastycznych zwietrzelinach tufowych, były transportowane w dół. W niszach wykształconych nieregularnie, tworzyły się potężne obrywy (51), poniżej — w materiale miękkim, rozluźnionym powstawały spływy ziemne.

## Region V

Region ten występuje w trzeciorzędowym rowie tektonicznym na przedpolu Rudaw Czeskich. Rów wypełniają pokłady węgla brunatnego, przewarstwione utworami kaolinowymi oraz tufami osadzonymi w środowisku wodnym. Zbocza dolin (rzeka Ohře) oraz sztuczne podcięcia w licznych kopalniach odkrywkowych wyjątkowo sprzyjają powstawaniu osuwisk.

Kopalnia odkrywkowa H a j e k przecina jeden ze stożków bazaltowych, położonych na krawędzi rowu tektonicznego u podnóża Rudaw Czeskich. Tufy, otaczające stożek, zostały złożone w środowisku wodnym, ulegając rozkładowi. W plejstocenie na odsłoniętych stokach tworzyły się osuwiska. Obserwowano tu przekrój przez środkową część starej niszy z dobrze wykształconymi rotacyjnymi progami. Każdy z progów wzdłuż powierzchni ścięcia posiadał strefę uplastycznioną (10—15 cm mięszszą).

W kopalni odkrywkowej T u š i m i c e obserwowano stare, powstałe w plejstocenie zerwy w wypalonych iłach kaolinowych. Po fazie ruchu kompleksy iłów z wkładkami węgla brunatnych wypalały się przy zwiększonym dostępie powie-

trza. W wyniku tego procesu całe osuwiska zostały utrwalone w postaci wypalonych, kaolinowych progów rotacyjnych z zachowanymi „ceramicznymi” powierzchniami poślizgu z rysami ślizgowymi.

Sztuczny zbiornik wodny w Nechranicach na rzece Ohře, o pojemności 287 mln m<sup>3</sup>, powoduje intensywne niszczenie brzegów. Brzegi zbudowane są z mało odpornych skał trzeciorzędowych ilastych i pylastych, z dwoma ciągłymi, wodnymi horyzontami. W tak niesprzyjających warunkach hydrogeologicznych, przy wahaniami poziomu zbiornika, dochodzących do kilkunastu metrów w ciągu roku, na brzegu powstają liczne osuwiska. Spośród obserwowanych form można wyróżnić osuwiska o typie spływów i zerw. Procesem przyspieszającym osuwanie jest sufozja, dzięki której całe nadbrzeżne partie osiadają. Rozwój niektórych osuwisk jest katastrofalny. W czasie prowadzenia obserwacji jedna z nisz cofała się z szybkością około 7 m na tydzień.

Dokonany przegląd osuwisk w środowisku naturalnym na terenie południowej Polski oraz w innych regionach pozwala ustalić następujące prawidłowości odnośnie warunków ich występowania i rozwoju.

1. Najbardziej podatne na powstawanie osuwisk są obszary intensywnie zaburzone tektonicznie oraz krawędzie obszarów płytowych, w których został przecięty horyzont wodonośny.
2. Stwierdzono, że zerwa jest podstawową formą osuwiska, występującą we wszystkich typach gruntu od miękkich, nieskonsolidowanych, do skał pelitycznych i fliuszowych, przy różnym ułożeniu warstw (np. horyzontalnym, subsekwentnym, obsekwentnym).
3. Materiał wyciśnięty poza obręb niszy w sprzyjających warunkach przybiera formę spływu, dając tzw. osuwisko klasyczne z wykształconą niszą, jęzorem i czołem.
4. Zsuwy występują w przypadku konsekwentnego lub insekwentnego upadu warstw, nachylonych pod niewielkim kątem.

5. W zerwach i zsuwach pierwszym objawem ruchu jest kształtowanie się powierzchni poślizgu.
6. W procesie odmładzania osuwisk może dojść do zmiany typu ruchu przez zmianę fizycznych własności gruntu. Ważną rolę odgrywają tu stare powierzchnie poślizgu, przetrwałe z poprzednich faz ruchu.
7. Spośród fizycznych własności gruntu, decydującym o typie ruchu jest stopień rozluźnienia materiału, udział frakcji ilastych i zawartość wody.
8. Stwierdzono laboratoryjnie, że grunty zawierające wysoki procent części pylastych, podatne są na zjawiska tiksotropowe.

## Część II — Syntetyczna

### KLASYFIKACJA OSUWISK

Od przeszło 100 lat, to jest od ogłoszenia pierwszej klasyfikacji osuwisk A. Baltzera<sup>9</sup>, ukazało się wiele prób systematyzowania tych zjawisk.

Na uwagę zasługuje klasyfikacja R. Almagii (1), który na podstawie zewnętrznych objawów i przyczyn powstania, wyróżnia cztery typy ruchów: spływy, osuwisko ze ścinania z cylindryczną powierzchnią poślizgu, ześlizgi i obrywy. Klasyfikacja ta została przyjęta przez autorów polskich (71, 86, 104). W. Penck (54) w swym podziale eksponuje rolę wody. Twierdzi on, że typ ruchu osuwiska zmienia się wraz ze zmianą zawartości wody. Na udział wody zwraca również uwagę A. Heim<sup>10</sup>. C. F. S. Sharp<sup>11</sup> przyjmuje, że stopień rozkruszenia materiału i udział wody mają decydujący wpływ na rodzaj ruchu i szybkość procesu. Ogólny podział ruchu przez J. Krejčego (34) opiera się na mechanizmie ruchu. Wyróżnia on płytkie zsuwy, osuwiska ze ścinania i spływowe czyli prądowe. Klasyfikacje K. Terzagiego (88) i E. B. Eckela<sup>12</sup> zostały stworzone w oparciu o zasady mechaniki gruntu. Jako główne kryteria przyjmuje się tu fizyczne własności skał i mechanizm ruchu. Ostatnio cenną klasyfikację zaproponowali Q. Zaruba i V. Mencl (101) dla terytorium Czechosłowacji; uwzględniając cechy regionalne, eksponują oni typ skały i charakter ruchu.

---

<sup>9</sup> Wg A. Kleczkowskiego, op. cit., s. 59.

<sup>10</sup> Wg A. Kleczkowskiego, op. cit., s. 67.

<sup>11</sup> Wg A. Kleczkowskiego, op. cit., s. 69.

<sup>12</sup> Wg A. Kleczkowskiego, 20, op. cit., s. 113.



Na podstawie dokonanego przeglądu najważniejszych klasyfikacji wydaje się, że zasadnicze typy osuwisk zostały poznane. Brak jednak dotychczas dokładniejszych danych o wewnętrznej strukturze osuwisk nie pozwalał często na właściwą interpretację form. Autorka stara się wyjaśnić niektóre z tych zagadnień.

Przedstawione w części analitycznej osuwiska pozwoliły ustalić pewne powtarzające się typy ruchu. W proponowanej klasyfikacji jako główne kryteria podziału przyjęto rozkład deformacji, stopień rozkruszenia materiału i udział wody. Należy nadmienić, że rzadko zdarza się występowanie jednego typu ruchu mas ziemnych, zwykle zazębiają się one ze sobą, są trudne do rozdzielenia. W proponowanej klasyfikacji wyodrębniono zasadnicze typy osuwisk, pomijając formy pośrednie (tab. VI). Nie rozpatruje się tu ruchów gruntu związanych z powolnymi przemieszczeniami pokryw zwietrzelinowych.

## Ruch płynny

Aby zaistniał ruch płynny, musi być spełniony zasadniczy warunek — materiał musi być rozluźniony. Istnieje tu tendencja do najszybszych przesunięć na powierzchni, prędkość wraz z głębokością maleje. Niekiedy ruch taki może zachodzić w utworach o dużej porowatości i małej ilości wody, np. na zwałowiskach lub w tzw. suchych lawinach, w pyłach wulkanicznych (5). Najczęściej jednak niezbędny jest tu udział wody, pozwalający na osiągnięcie stanu płynnego i plastycznego. Ważnym czynnikiem jest również dogodny ukształtowanie terenu, sprzyjające spływowi mas. Często osuwiska tzw. „dolinne” (wg L. Sawickiego) są spływowymi, dzięki wyjątkowo dogodnym warunkom dla rozwoju tego ruchu. Niekiedy na stokach częstotliwość spływów jest tak duża, że może nastąpić ich połączenie. Wówczas mamy do czynienia ze spływami arealnymi o połączonych niszach z nakładającymi się na siebie jęzorami. Przykładem takiej formy arealnej są spływy błotne w Kletnie.

Typy ruchu w osuwiskach i zjawiskach pokrewnych  
Types of movement in landslides and related phenomena

Tabela VI

Typ ruchu		Rodzaj skały	Stopień konsolidacji masy osuwisk	Konsystencja gruntu	Nazwa osuwisk oraz zjawisk pokrewnych	Dominująca forma	Przykłady
płynny		łuzne, zwietrzelina, pelityczne, fliszowe	detrytyczny	plynna	spływ błotny	jęzor	II osuwisko w Trzebnicy, spływy błotne w Kletnic, spływ gruzowo-błotny w Rybnicy
				plastyczna	spływ ziemny	jęzor	III osuwisko w Trzebnicy, osuwisko w Szymbarku
ze ścinania	wzdłuż cylindrycznej powierzchni poślizgu	zwietrzelina, łuzne, pelityczne, fliszowe	zwarty, częściowo rozluźniony	zwarta	zerwa	nisza	zerwa IV, V, VI w Turosszowie, zerwy w Marciszowie, Jeleniej Górze i Kamiennej Górze, zerwa na Lubogoszcy
	wzdłuż predysponowanej powierzchni				zsuw — zwietrzelinowy, skalny	nisza	zsuw w Marciszowie, zsuw skalny — Zadnie Góry (14)
rozpadanie się obszarów płytowych na krawędziach		lita	zwarty	—		blokowiska	półn.-wsch. stok Szczelińca Wielkiego
obrywanie					obrywy	blokowiska	lawiny blokowe na osuwisku w Grzmiącej

## Spływ błotny

Powstaje w utworach luźnych o konsystencji płynnej, półpłynnej i plastycznej. Spływy mogą być błotne, błotno-gruzowe i gruzowo-błotne. W pierwszej fazie ruchu przesycona wodą masa podlega prawom ruchu cieczy. Na powierzchni brak jest deformacji nieciągłych (spękań, szczelin). Pojawiają się one dopiero w fazie ustalania się formy, wraz z utratą wody i zmianą konsystencji.

Spływ błotny posiada płaską, słabo wykształconą niszę (ryc. 44, I), rynnę wypełnioną materiałem (jęzor) i czoło zwykle wachlarzowate z deformacjami typu „ogiwów” na powierzchni.

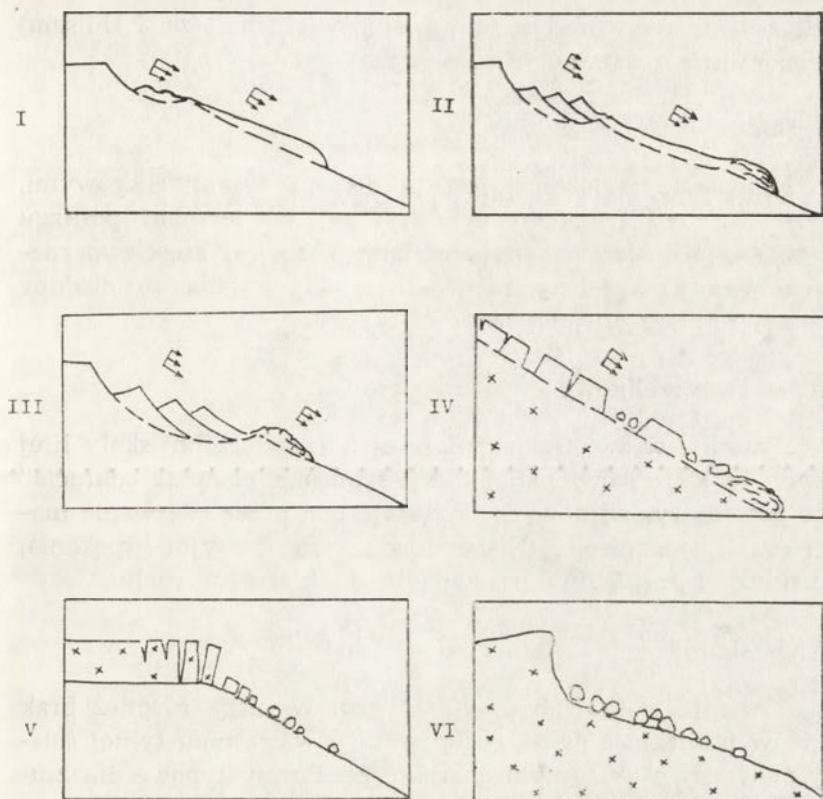
## Spływ ziemny

Od spływu błotnego różni się mniejszą zawartością wody (stany plastyczne, półzwarne). Spływy ziemne są jak gdyby dalszym etapem rozwoju zerw. Materiał wyciśnięty poza obręb niszy (ryc. 44, II), często przybiera postać spływu ziemnego. Erozyjna działalność jęzora doprowadza do powstawania rynny, zakończonej formą akumulacyjną, jaką jest czoło. W głównej fazie ruchu na powierzchni powstają liczne deformacje nieciągłe. Wewnątrz masy tworzą się plastyczne rozwleczenia i złupkowacenia.

## Ruch ze ścinania

Ruch ze ścinania jest najbardziej rozpowszechnionym typem ruchu. Może przebiegać wzdłuż cylindrycznej powierzchni poślizgu. Największe prędkości panują tu przy powierzchni poślizgu. W wyniku tego ruchu powstaje forma, którą (za M. Klimaszewskim) proponuję nazwać *z e r w ą*.

Ruch ze ścinania może odbywać się również po predysponowanej powierzchni. Powstaje w wypadku zaistnienia niestabilności na pograniczu dwóch, różniących się własnościami,



Ryc. 44. Główne typy osuwisk i zjawisk pokrewnych. Splywy: I — splyw błotny, II — splyw ziemny. Ruch ze ścinania: III — zerwa, IV — zsuw. Zjawiska pokrewne: V — rozpadanie się krawędzi, VI — obrywy. Strzałki wskazują rozkład wektorów prędkości w przekroju pionowym. Main types of landslides and related processes. Flows: I — mudflow, II — earthflow. Movement due to shear: III — slump, IV — slide. Related phenomena: V — disintegration of edges, VI — rock-falls. Arrows show distribution of velocity vectors in vertical section.

utworów skalnych. Powierzchnia poślizgu posiada kształt wyznaczony przez warunki panujące wzdłuż tej słabszej strefy. Wektory prędkości są takie same w całym przekroju pionowym od powierzchni do strefy poślizgu. Formę powstałą wsku-

tek zsuwania po predysponowanej powierzchni (za J. Flisem) proponuje się nazwać z s u w e m.

## Zerwa

Najważniejszą częścią jest tu nisza z rysami ślizgowymi, która stanowi fragment cylindrycznej powierzchni poślizgu (ryc. 44, III). Materiał wypełniający niszę jest częściowo zdeformowany: podzielony na progi normalne, wstecznie obalone (rotacyjne) lub antytetyczne.

## Zsuv zwietrzelinowy

Powstaje w zwietrzelinie leżącej na powierzchni skały litej (zsuv w Marciszowie). Słabo wykształcona nisza „z odkłucia” nie posiada rys ślizgowych. Powstaje ona przez oderwanie materiału i odsunięcie. Niszy towarzyszą tensyjne spękania, szczeliny i rozpadliny prostopadłe do kierunku ruchu.

## Zsuv skalny

Powstaje w skałach o typie fliszu. W niszy również brak śladów poślizgu, a ostra, chropowata powierzchnia tylnej ściany świadczy o tensyjnym charakterze. Formy typowe dla zsuwu skalnego to równoległe poprzesuwane pakiety wzdłuż powierzchni poślizgu (ryc. 44, IV). W dolnych partiach zsuwu pakiety ulegają rozluźnieniu, rozsypują się (9).

Niektóre procesy, związane z osuwiskami, obejmują grupę zjawisk, gdzie transport mas skalnych odbywa się bardzo szybko, bez kontaktu z podłożem.

Proces rozpadania się obszarów płytowych na krawędziach daje w efekcie pod stromą ścianą skalną rozległe blokowiska (ryc. 44, V), takie jak na północno-zachodnich stokach Szczelińca Wielkiego.

Z obrywami (ryc. 44, VI), które w efekcie dawały lawiny blokowe i blokowiska, mieliśmy do czynienia w przypadku osuwiska w Grzmiącej.

## MORFOLOGICZNA SYSTEMATYKA OSUWISK W OPARCIU O TYPY RUCHU

Dotychczasowe rozważania koncentrowały się wokół deformacji mas ziemnych w zależności od sposobu ich przemieszczania. W części analitycznej znajduje się również sporo materiału do rozpatrzenia zasadniczych cech morfologicznych osuwisk. W tym rozdziale podjęto próbę usystematyzowania kształtów osuwisk od najprostszych do w pełni rozwiniętych.

Proces osuwiskowy polega na szybkim przemieszczeniu gruntu w dół stoku, przy jego stałym kontakcie z podłożem w momencie wytworzenia się powierzchni nieciągłości. W wyniku tego procesu powstaje forma zwana osuwiskiem, a do jej najważniejszych elementów należą: nisza, jęzor i czoło.

Nisza posiada kształt miski, z odsłoniętą ścianą tylną. Zwykle jest wypełniona przemieszczonym materiałem, który w czasie ruchu uległ podziałowi na progi. Nisza może być też pozbawiona materiału w przypadku, kiedy cała masa osuwiskowa pod wpływem nagłego ruchu została wyciśnięta poza jej obręb.

Rozdrobniony materiał osuwiskowy, wyciśnięty poza dolny próg niszy, w momencie, kiedy pod wpływem ruchu płynnego przybiera wydłużony kształt, nosi nazwę jęzora osuwiskowego. Erozyjne działanie jęzora może spowodować powstanie rynny osuwiskowej. Dolny, akumulacyjny odcinek osuwiska stanowi czoło. Może ono być bezpośrednio związane z niszą, może być też zakończeniem jęzora. Czoło posiada zwykle kształt wachlarzowaty.

Nisza jest inicjalną formą każdego osuwiska. Układ pozostałych elementów jest zmienny w poszczególnych typach osuwisk.

Morfologiczna analiza osuwisk skłania do wprowadzenia pojęcia:

- 1 — częściowo rozwiniętego osuwiska,
- 2 — w pełni rozwiniętego osuwiska.

Stopień rozwoju osuwiska zależy przede wszystkim od urzeźbienia terenu, typu i konsystencji gruntu.

Częściowo rozwinięte osuwisko to takie, które posiada tylko niszę, ze słabo wykształconym czołem (ryc. 45, I). Należą tu zerwy i zsuwy. Rozwój niszy może postępować na boki, wskutek ruchów wygasających. Jeśli dochodzi do takiej sytuacji, że oś poprzeczna osuwiska jest dłuższa od osi podłużnej, wówczas forma taka nosi nazwę osuwiska frontального (ryc. 45, I'). Częściowo rozwinięte osuwiska wystąpiły w środowisku sztucznym (II osuwisko w Turosszowie), częściowo naturalnym (osuwisko w Marciszowie, Jeleniej Górze i Kamiennej Górze), oraz naturalnym (osuwisko na Lubogoszczy).

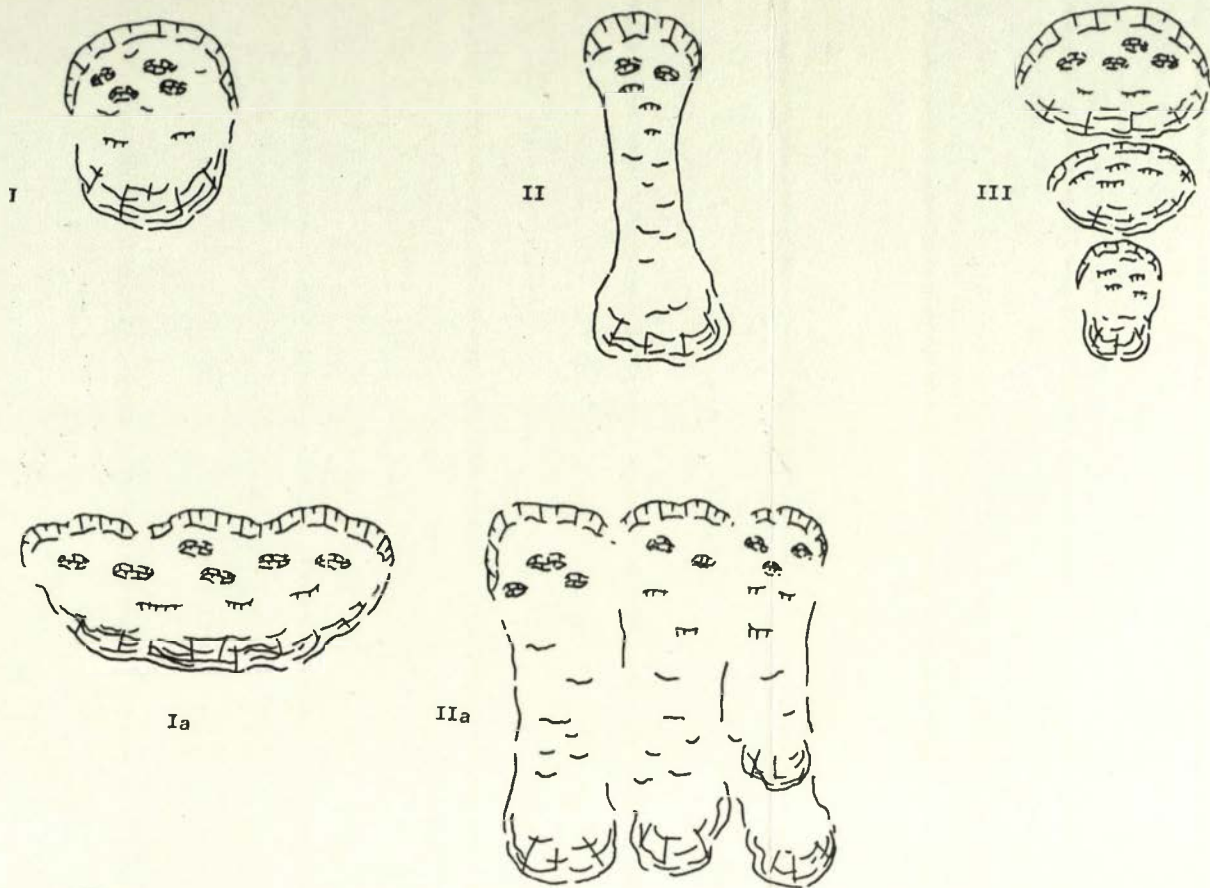
Można było stwierdzić, że wykształcenie osuwisk w pełni rozwiniętych istnieje w kilku różnych układach, z których dwa zostały szczegółowo prześledzone:

Układ A — osuwisko z wykształconą niszą, jęzorem i czołem (ryc. 45, II),

Układ B — osuwisko w postaci kilku zerw, piętrowo ułożonych jedna nad drugą (ryc. 45, III).

Osuwiska układu A są osuwiskami „sensu strictae”. Posiadają najpełniej rozwinięte trzy zasadnicze elementy. Należą tu formy typu spływów błotnych i ziemnych. W przypadku, kiedy na stoku powstanie szereg takich form obok siebie, może dojść do połączenia nisz i wówczas spływy są arealne (ryc. 45, II'). W pełni rozwinięte osuwiska badano w Trzebnicy (II i III osuwisko), a w warunkach naturalnych w Rybnicy. Osuwisko w Szymbarku (71) jest dobrym przykładem w pełni rozwiniętego osuwiska, nazwanego przez A. Jahna „osuwiskiem klasycznym” (17).

Osuwiska układu B rozwijają się w sposób rytmiczny, związany z przekazywaniem obciążeń na stoku. Jest to szereg piętrowo ułożonych nisz ze słabo rozwiniętymi czołami (ryc. 45, III). W warunkach sztucznych obserwowano je w strefie sypania zwałowisk (zerwy IV, V, VI w Turosszowie), w warunkach częściowo naturalnych rozwój taki stwierdzono w zerwach w Kamiennej Górze, w warunkach naturalnych o takim sposobie kształtowania się zerw sygnalizuje G. Reichelt (67).



Ryc. 45 — Morfologiczna systematyka osuwisk. I — osuwisko częściowo rozwinięte w postaci zerwy, I' — osuwisko częściowo rozwinięte w postaci zerwy frontальной, II — osuwisko w pełni rozwinięte z wykształconą niszą, językiem i czołem — osuwisko klasyczne, II' — osuwisko w pełni rozwinięte — arealne, III — osuwisko w pełni rozwinięte w postaci piętrowo ułożonych zerw.

Morphological systematization of landslides. I — partly developed landslide in the form of slump, I' — partly developed landslide in the form of frontal slump, II — fully developed landslide with niche, tongue and toe — classic landslide, II' — fully developed, areal landslide, III — fully developed landslide in the form of benched slumps.



## ANALIZA DEFORMACJI I STRUKTUR W GŁÓWNYCH TYPACH OSUWISK

### STRUKTURA MATERIAŁU W SPŁYWACH BŁOTNYCH

W dotychczasowej literaturze brak jest wyraźnego rozgraniczenia pomiędzy spływami błotnymi a spływami ziemnymi. D. B. Prior i inni (59) w badanej formie na wybrzeżu północno-wschodniej Irlandii, widząc kilka typów ruchu, nazywa je „composite mudflow”.

U większości autorów szeroko pojęty termin spływów błotnych (ang. mudflow) obejmuje zjawiska będące na pograniczu z procesami fluwialnymi. Jak wspomniano, na powierzchni spływów błotnych brak jest deformacji nieciągłych. Poniżej progów i w czole tworzą się deformacje typu „ogiwów” — załadowań, powstałe przez rytmiczną dostawę płynnej masy z wyżej położonych partii.

Jeśli w płynącej masie tkwią elementy o różnej wielkości, może nastąpić ich uporządkowanie. Autorzy, zajmujący się badaniem spływów, skłaniają się do wyróżnienia dwóch rodzajów struktur:

- 1 — bezładnej
- 2 — uporządkowanej.

Spływy o strukturze bezładnej zostały nazwane przez R. F. Flinta \* „diamiction”. Są to „niesortowane, niescementowane terrygeniczne osady zbudowane z piasku i większych cząsteczek wymieszanych z błotem”, występujące w pół-suchej

---

\* Segerstrom C. U., Falcon M., 73 op. cit.

strefie Zachodnich Andów. J. J. Nossin (45) z terenu Himalajów również sygnalizuje o podobnych strukturach. W. F. Pierow (55), badający sjeljowe potoki w warunkach peryglacialnych masywu Chibińskiego na Półwyspie Kolskim pisze, że struktura osadu jest „luźna, porowata, grube odłamki leżą niestabilnie”. Spływ kamienno-błotny w zwietrzelinach tufów porfirowych w Rybnicy posiada również strukturę bezładną.

K. Jakubowski (22) natrafia na terenie Podhala w przekopanych złaziskach na ukierunkowanie większych okruchów skalnych dłuższą osią w kierunku ruchu. Na podobne struktury natrafiono w dolnej części spływów błotnych w dolinie Kleśnicy.

A. Rapp (65), szczegółowo badając procesy stokowe w dolinach Kärkevegge w północnej Norwegii, poświęca sporo miejsca „mudflows”. Pisze on: „Kamienie i otoczaki w lobach były oczywiście zorientowane poprzecznie do ruchu”. Jak wynika z tekstu i przytoczonych zdjęć poszczególnych spływów błotnych, transportowany materiał poruszał się szybko, przy dużym nasyceniu wodą.

W świetle literatury i własnych obserwacji wydaje się, że struktury bezładne i uporządkowane powstają w zależności od szeregu czynników, między innymi od rodzaju gruntu, zawartości wody i rozkładu prędkości w masie.

Laboratoryjne badania granicy płynności dostarczyły danych odnośnie warunków wodnych, panujących w poszczególnych spływach błotnych. Pylaste utwory w Kletnie przy 25—35% wody osiągały stan, w którym ulegały przemieszczeniom w dół stoku. Iły plioceńskie w Trzebnicy dopiero przy 60% zawartości wody spływały jako miękkoplastyczna i płynna masa.

Spływy zwykle rozwijają się rytmicznie, w zależności od intensywności opadów (59). Okresowe upłynnianie gruntu w obrębie płaskiej niszy, daje w efekcie nakładające się na siebie jezory.

Osuwisko w Szymbarku jest dotychczas najpełniej zbadanym spływem ziemnym (71). L. Sawicki pisze, że przypominało ono wspaniały potok ziemny. Niektóre fakty zasygnalizowane w tej pracy (np. powierzchnie poślizgu) stanowią do dziś mało zbadany problem. Również osuwisko koło Spasa nad Dniestrem (83) zostało przez H. Teisseyre'a nazwane rzeką ziemną. T. Ziętara (104) takie osuwiska określa jako rynnowe. W literaturze angielskiej znane są pod terminem *earthflow*.

Jak wspomniano, w spływie ziemnym przemieszczane są rozluźnione masy o mniejszej niż w spływach błotnych zawartości wody. Grunt w stanie plastycznym, półzwartym ulega różnorodnym deformacjom na powierzchni. Istnienie tych deformacji stanowi główną cechę spływów ziemnych.

Analizę deformacji ograniczy się tu do obszaru rynny i czoła. Deformacje w niszy są zwykle takie, jak w zerwach. Masa ziemna, poruszająca się w obrębie rynny, podlega działaniu dwóch, jakościowo różnych sił — tensji i kompresji. Ich rozkład jest zależny od kształtu podłoża, prędkości i stanu gruntu. Napięcia tensjonalne powstają w masie podczas pokonywania progów i wychodni skalnych, dając w efekcie spękania, szczeliny i rozpadliny skierowane prostopadle do kierunku ruchu. Poniżej progów powstaje strefa kompresji, uwidaczniająca się w postaci regularnych, półkolistych spiętrzeń (sfałdowań), które powstają podobnie, jak „ogiwy” na lodowcach (ryc. 46).

Spękania tensyjne w jezorze, równoległe do kierunku ruchu, występują w przypadku, kiedy zachodzi rozpad na boki masy osuwiskowej. Szczeliny takie obserwowano w III osuwisku w Trzebnicy (11).

Spękania tensyjne układają się w czole radialnie, zgodnie z tendencjami poruszającego się materiału po opuszczeniu rynny. Spękania ze ścinania mają mniejszy udział. Powstają przy brzegach rynny w miejscach, gdzie następuje zróżnicowanie prędkości przesuwających się mas. Są ułożone równo-

legle lub skośnie do kierunku ruchu, na ściankach szczelin widoczne są skośne rysy ślizgowe. Przy brzegach spękania te przechodzą w powierzchnię poślizgu.

Deformacje ze ścinania mogą wystąpić też w czole osuwiska. Ich obecność wiąże się ze stadium stabilizacji. Odprężanie nabrzmiałego czoła następuje przez powstanie na jego brzegach zerw ze ścinania. Deformacje te układają się równoległe do brzegów czoła w postaci spękań i stopni. Kompresja wywierana przez nasunięte czoło na podłoże niekiedy jest tak duża, że powoduje powstanie w podłożu płaszczyzn ślizgowych, które na powierzchni uwidaczniają się jako półkoliste fałdy i wyciśnięcia. Dobre przykłady takich wyciśnięć zanotowano w czole spływu w Turossowie (ryc. 12). One również przypominają „ogiwy”.

W głównej fazie ruchu, kiedy zsuwające się masy ziemne mają największą prędkość, ruch ma miejscami charakter turbulentny. Zaznaczające się różnice konsystencji gruntu w przekroju pionowym przez osuwisko decydują o rozkładzie deformacji. Idąc od powierzchni, wyróżniono: 1 — strefę spękań i szczelin, 2 — strefę przejściową, 3 — strefę uplastycznioną.

Strefa spękań i szczelin sięga do pewnej głębokości, określonej przez typ gruntu, jego stan i prędkość ruchu.

Strefa przejściowa w spływie ziemnym stanowi najbardziej mięszki kompleks. Struktura jest często bezładna. H. Teisseyre (83) pisze o jezorze w osuwisku koło Spasa: „składa się z druzgotu piaskowcowego, zmieszanego z szarym, ilastym błotem”.

Strefa uplastyczniona rozwija się tu podobnie, jak strefy towarzyszące powierzchniom poślizgu w innych typach osuwisk, formowanych w warunkach dużych prędkości i nacisków. Powstają tu deformacje plastyczne i złupkowacenia ciągłe.

W spływach ziemnych zachodzą największe zróżnicowania w typach ruchu. W pierwszym okresie w strefie powierzchniowej istnieją tendencje do najszybszych przesunięć. W miarę zmniejszania się tarcia o podłoże i wykształcenia się rynny, układ ten może ulec zmianie. Lokalnie, na progach, często dochodzi do ruchu ekstruzywnego (wyciskającego), w którym

dolne partie przesuwają się najszybciej. Przy katastrofalnych sływach ziemnych dochodzi do przemieszczeń o typie turbulencyjnym (71).

W procesie odmładzania sływu, ruch przybiera charakter zsuwu, gdzie wektory prędkości na różnych głębokościach są takie same.

#### DEFORMACJE W ZERWACH

Najczęściej spotykanym osuwiskiem w obu badanych środowiskach jest zerwa. Jest ona wyjściową formą dla wielu osuwisk. W literaturze często spotykamy się z opisem zerw. L. Sawicki (71) niszę ze ścięcia nazywa obszarem źródłowym osuwiska. Formy utworzone w niszy nazywano różnie: H. Teisseyre (84) — tylny próg osuwiska, B. Świdorski (80) — podłużne listwy skalne, A. Michalik (40) — podłużne wały osuwiskowe. W literaturze anglosaskiej zwane są *bare scarps*.

Zerwa posiada przede wszystkim dobrze rozwiniętą niszę. Kształt niszy może być półkolisty. Zdarza się jednak, że mocno rozbudowana na boki, przybiera formę zerwy frontальной, jak to często ma miejsce na krawędziach obszarów o budowie płytowej.

Przeprowadzone badania na poszczególnych zerwach pozwalają na określenie głównych typów deformacji, do których zaliczono:

- 1 — progi wstecznie przechylone
- 2 — progi normalne
- 3 — pakiety skalne
- 4 — progi antytetyczne
- 5 — deformacje o typie rozsypującej się talii kart
- 6 — spękania i szczeliny
- 7 — deformacje plastyczne i złupkowacenia ciągle.

Progi wstecznie przechylone są najbardziej rozpowszechnione w zerwach. Wskutek ruchu wzdłuż cylindrycznej powierzchni poślizgu następuje tu podział masy na regularne, poprzesuwane względem siebie progi. Przy dużych dynamicznych naciskach wokół powierzchni poślizgu powstają strefy

uplastycznione. Dobrze zachowane progi wstecznie obalone znajdują się w zerwach w Kamiennej Górze, Marciszowie i Lubogoszcy.

Progi normalne rzadko występują w niszy. Powstają przez pionowe osiadanie materiału przy jej krawędzi.

Pakiety skalne powstają przy formowaniu się zerwy w obszarach o skomplikowanej budowie geologicznej (zaburzenia tektoniczne, silne pofałdowanie itp.). W przeciwieństwie do progów wstecznie obalonych, występujących z dużą regularnością, każdy pakiet skalny posiada własne, indywidualne cechy, wynikające przede wszystkim z tektonicznych założeń podłoża. Wypełniają niszę w sposób nieregularny, zorientowany w różnych kierunkach. Osuwisko w Piwnicznej reprezentuje taką zerwę.

Progi antytetyczne towarzyszą progom wstecznie obalonym. Powstają w czasie ich rozpadu, w partiach zwróconych w kierunku niszy.

Deformacje o typie rozsypującej się talii kart tworzą się w górnych częściach luźnych utworów na zwałach pod wpływem ruchu ścinającego. W czasie przemieszczenia następuje podział stosunkowo luźnej masy na poszczególne „warstwy” o miąższości 20—50 cm, które ześlizgują się po sobie. Należy zaznaczyć, że oddzielność jest niezależna od budujących utworów.

Pierwotne spękania w zerwach są związane z naprężeniami ścinającymi. Spękania ze ścinania dają początek głównym formom — progom. Po ustaleniu się zarysów zerwy, w momencie dochodzenia do równowagi, na powierzchni tworzą się spękania i szczeliny tensyjne ułożone prostopadle do kierunku ruchu. W zerwach udział spękań tensyjnych jest mniejszy niż w spływach ziemnych.

Ważną cechą zerw jest zachowanie pierwotnej struktury w przesuniętych progach. Wzdłuż powierzchni ścięcia w warunkach szybkiego przemieszczania, dużych ciśnień i odpowiedniej konsystencji powstaje strefa deformacji plastycznych i złupkowaceń ciągłych.

## ANALIZA POWIERZCHNI POŚLIZGU

Dotychczasowe rozważania w literaturze z zakresu geologii inżynierskiej dużo uwagi poświęcają powierzchni poślizgu. Są one jednak podporządkowane celom tego przedmiotu: rozpatruje się tu generalne kształty tej powierzchni oraz wyznacza głębokość jej zalegania (31). Prac geomorfologicznych w tej dziedzinie jest raczej niewiele. Pewnych wiadomości dostarcza artykuł L. Snopko (75) o powierzchniach poślizgu w osuwisku w Handlowej. Píše on: „Bardzo mało jest jednakże wiadomo o naturze głównej powierzchni poślizgu pod całym osuwiskiem. Prawdopodobnie była ona uformowana przez częściowe połączenie wklęsłych powierzchni poślizgu indywidualnych bloków. W rynnice osuwiskowej ta powierzchnia posiada prawdopodobnie formę kanału. Istnienie powierzchni poślizgu poniżej czoła osuwiska jest wątpliwe”. L. Sawicki (71) opisuje pewne zjawiska zaobserwowane na wychodniach powierzchni poślizgu w osuwisku szymbarskim.

W przyrodzie spotykamy się z dwoma głównymi rodzajami ruchu:

- 1 — intruzywnym (nasuwającym)
- 2 — ekstruzywnym (z wyciskania).

Różnica pomiędzy nimi polega na rozkładzie wektorów prędkości w pionie, który to rozkład rzutuje na odmienne wykształcenie strefy ruchu. Może ona przybierać postać szerokiej, o niesprecyzowanych granicach strefy uplastycznionej, może też ograniczyć się do jednej, wyraźnie zaznaczonej powierzchni poślizgu.

Aby nastąpił ruch intruzywny, grunt musi być rozluźniony. Jest on właściwy dla spływów błotnych i spływów ziemnych, a prędkość maleje w pionie. Przy ruchu powolnym i nieskoncentrowanym, brak wyraźnie określonej powierzchni poślizgu (ryc. 12). Rozwija się wówczas tak zwana strefa uplastyczniona. Natrafiono na nią w osuwisku w Grzmiącej na głębokości 2 m, przy miąższości masy około 10 m.

W przypadku, kiedy ruch rozluźnionych i odpowiednio wilgotnych mas jest katastrofalny (osuwisko w Szymbarku i Krasnolili), następuje wyerodowanie rynny osuwiskowej, będącej główną powierzchnią poślizgu. Materiał wypełniający tę rynnę podlega ruchowi intruzywnemu. W dalszych etapach ruchu wskutek utraty wody następuje zróżnicowanie w profilu pionowym. Na powierzchni powstają szczeliny. Poniżej utrzymuje się strefa uplastyczniona. Przy powierzchni poślizgu tworzą się złupkowacenia ciągłe.

W dolnych odcinkach spływów ziemnych ruch odbywa się przez „toczenie”. Ponieważ górna część porusza się najszybciej, następuje tu dostawa materiału z góry. Jest on nadsypywany na przedpole, brak tu więc powierzchni poślizgu. Jednakże kiedy na przedpolu panują dogodne warunki (plastyczne podłoże), wskutek wywieranych nacisków kompresyjnych może dojść do ścinającego działania w czole i formują się koncentryczne nabrzmienia.

Ruch ekstruzywny zachodzi w materiale scalonym. Dzięki niemu powstają przede wszystkim zerwy. W ruchu ekstruzywnym najszybciej przesuwiają się dolne partie, w wyniku czego formuje się wyraźna cylindryczna, względnie zbliżona do cylindrycznej powierzchnia poślizgu. W zsuwach strukturalnych, powierzchnia poślizgu ma kształt zdeterminowany.

Powierzchnia poślizgu kształtuje się w gruncie pod wpływem sił ścinających. Jest powierzchnią graniczną, powyżej której grunt w czasie ruchu ulega różnorodnym odkształceniom.

Zerwy ze ścinania posiadają główną powierzchnię poślizgu, do której nawiązują drugorzędne powierzchnie, utworzone wskutek przesuwania się względem siebie poszczególnych progów. Główna powierzchnia odsłania się w ścianie niszy. Przestrzennie rozpatrując, powierzchnia ta jest jak gdyby fragmentem miski, ograniczonej krawędziami, a w dolnej części progiem. W przypadku, gdy powierzchnia poślizgu zerwy w dolnej części stoku sięga poniżej powierzchni morfologicznej, grunt na przedpolu jest wyciskany ku górze, fałduje się.



Do deformacji towarzyszących powierzchni poślizgu należą:

- a) na powierzchni — rysy ślizgowe, lustra osuwiskowe
- b) pod powierzchnią — plastyczne rozwleczenia, złupkowacenia ciągłe.

Rysy osuwiskowe towarzyszą górnym odcinkom powierzchni poślizgu — niszom i rynnom. Lustra osuwiskowe idealnie oglądzone obserwowane były w dolnych partiach osuwisk w Jeleniej Górze, Kamiennej Górze oraz w starej plejstoceńskiej zerwie w Nechranicach w północnych Czechach.

Udział deformacji pod powierzchnią poślizgu uzależniony jest od szybkości przemieszczania, stopnia wilgotności gruntu i ciśnienia panującego wewnątrz. Interesujące wydają się tu obserwacje L. Sawickiego (71) w rynnach osuwiska w Szymbarku. Píše on: „Jaka była intensywność ruchu wywołanego gwałtownym naciskiem przez przesuwające się masy ziemi na spokojne ściany brzeżne (...) przekonywują nas stłoczenia, zwłaszcza uwarstwienia pokładów ziemnych, których powierzchnia ułożyła się równoległe do powierzchni ściany (...) mogłem do głębokości 20 cm naliczyć osiem takich warstw dynamicznych”. Były to złupkowacenia ciągłe. I dalej Sawicki pisze: „Tylko szczelina brzeżna (autor ma na myśli niszę) nie okazuje nigdy (...) uwarstwienia dynamicznego”. Obserwacje Sawickiego wskazują, że powierzchnia poślizgu w różnych punktach osuwiska szymbarskiego wykazuje różny stopień zdeformowania. Badania przeprowadzone na tym terenie potwierdzają ten fakt. W warunkach dużej prędkości i największych ciśnień, powierzchnie poślizgu są najpełniej rozwinięte. Wówczas towarzyszy im szeroka strefa uplastyczniona. Optymalne warunki dla rozwoju powierzchni poślizgu panują w centralnej części niszy i w niektórych rynnach osuwiskowych.

## MECHANIZM RUCHU OSUWISK A MECHANIZM RUCHU LODOWCÓW

Osuwiska, lodowce gruzowe i lodowce górskie należą do tej grupy form występujących na powierzchni ziemi, w których podczas przemieszczania powstają odkształcenia nieciągłe i plastyczne. Lodowce gruzowe (ang. rock glaciers) mające jądro zbudowane z masy lodowej pokrytej warstwą gruzu stanowią formę przejściową pomiędzy osuwiskami a lodowcami (94).

Wzajemne podobieństwo morfologiczne lodowców górskich i osuwisk klasycznych (spływów ziemnych) od dawna zwracało uwagę badaczy. L. Sawicki (71) stwierdza, że jest ono oparte na analogicznej dynamice ruchu, co pociąga za sobą bardzo charakterystyczne, wspólne lodowcom i osuwiskom cechy morfologiczne. Ponadto rzeźba osuwiskowa (nisze, wały) jest tak zbieżna z rzeźbą polodowcową (cyrki, moreny), że np. na terenie Beskidów formy osuwiskowe były niejednokrotnie uważana za glacialne (102).

Przemieszczanie mas ziemnych czy lodowcowych przebiega istotnie według wspólnych prawideł ruchu ciał o własnościach elastyczno-plastycznych. Analogii tych nie można jednak przeceniać, gdyż istnieją tu zasadnicze różnice we własnościach fizycznych (tab. VII).

Pierwotna struktura materiału w osuwisku klasycznym jest prawie całkowicie rozbita. Grunt jest luźno związanym układem trójfazowym, w którym duży udział stanowi woda (25—40%), nadając mu stan plastyczny, płynny. Poszczególne cząstki mineralne przemieszczają się jedne względem drugich w warunkach zbliżonych do hydrodynamicznych, podlegając prawom płynięcia.

W lodowcu anizotropowe własności kryształów rzutują na jego deformacje podstawowe (74). Pod wpływem jednostronnego nacisku następują przesunięcia poszczególnych kryształów względem siebie oraz przesunięcie wewnątrz kryształu, głównie wzdłuż płaszczyzn poślizgu, które są prostopadłe do optycznej osi kryształu. Kryształy lodu budujące lodowiec

## Niekóre własności fizyczne materiału osuwiskowego i lodu lodowcowego

## Some physical properties of landslide material and glacier ice

Własności fizyczne	Materiał osuwiskowy	Lód lodowcowy
budowa	układ trójfazowy: części mineralne, woda, powietrze	kryształczna
ciężar właściwy g/cm <sup>3</sup>	2,7	0,91
ciężar objętościowy g/cm <sup>3</sup>	1,8	0,91—0,99
rozchodzenie się odkształceń	izotropowe w rozluźnionej masie	anizotropowe — kryształy izotropowe — masa lodu -rozluźniona
podatność na deformacje		elastyczne plastyczne

w obrębie cyрку zorientowane są w różnych kierunkach. Poniżej progu, w jezorze dadzą się wyróżnić pewne przeważające kierunki: dłuższe osie kryształów są prostopadłe do poszczególnych foliacji, powstałych wskutek laminarnego płynięcia lodu (10). Lodowiec, podobnie jak osuwisko do pewnej głębokości zachowuje własności ciała elastycznego, które wskutek nadmiernych napięć ulega spękanom. Głębiej, pod wpływem nacisku nadkładu lodowego i ciśnienia hydrodynamicznego formuje się strefa uplastyczniona. Strefa regelacyjna (97), właściwa tylko dla lodowców, powstaje na kontakcie z podłożem i jest jak gdyby uzupełnieniem plastycznego spływu. Lodowiec podlega procesowi ablacji, która wytapiając powierzchnię warstwę, szczególnie w czole, odsłania deformacje wewnętrzne, ułatwiając dostęp do nich.

Wymienione pokrótce różnice i podobieństwa cech fizycznych obu interesujących nas zjawisk stwarzają podstawy do analizy mechanizmu ruchu. Pozwoli to na uświadomienie sobie jak dalece te różne na pozór procesy geomorfologiczne podlegają takim samym prawom ruchu.

Mechanizm ruchu w trzech głównych elementach morfologicznych pozwala scharakteryzować tabela VIII (nisza — pole firnowe, jęzor i czoło), które są wspólne zarówno osuwiskom klasycznym jak i lodowcom.

Nisza — pole firnowe. W niszy osuwiskowej największe prędkości panują wewnątrz, przy powierzchni poślizgu. Ruch ma charakter ekstruzywny. Przemieszczeniu ulegają poszczególne pakiety wstecznie obalone. W cyrku lód z zaznaczającą się roczną stratyfikacją sływa w sposób ciągły. Najszybciej płyną górne partie. Roczna stratyfikacja tu wytworzona, ma prawdopodobnie wpływ na wyodrębnienie się poszczególnych warstw poruszających się z różną prędkością w niższych partiach lodowca, co w efekcie w jego czole daje tzw. „foliacje”, świadczące o sływie laminarnym (ryc. 46).

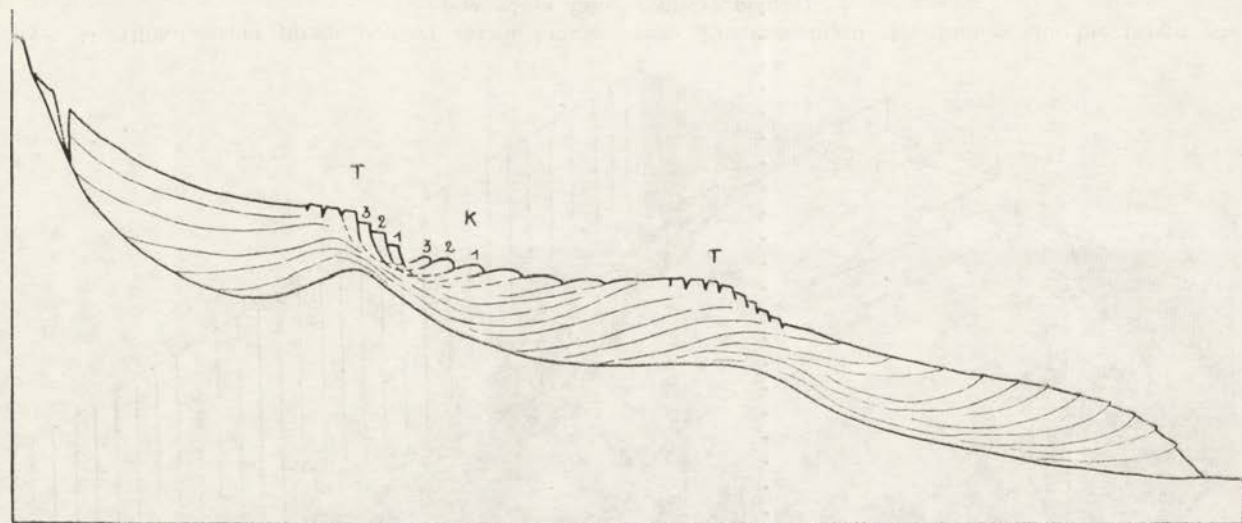
Jęzor. Ta strefa morfologiczna dla obu interesujących nas zjawisk posiada największe podobieństwo. W obu przypadkach, w zależności od kształtu podłoża, w przesuwającej się masie działają siły tensji i kompresji (47), które prowadzą do powstania podobnych odkształceń.

Zjawisko tensji występuje na progach i wychodniach skalnych, gdzie istnieją największe napięcia w zsuwającej się masie. Pod wpływem rozciągania na powierzchni tworzą się szczeliny i progi, prostopadłe do kierunku ruchu. Ich głębokość wyznacza zasięg strefy podatnej na odkształcenia nieciągłe: w przypadku większych prędkości i zróżnicowania ruchu na progach powstają seraki. Przy pokonywaniu większych przeszkód (próg poniżej niszy oraz próg w cyrku lodowym) może dojść do rotacji progów, a więc do ruchu, który poniżej powoduje wypychanie (ryc. 47). W obrębie progów pod warstwą, która ulega spękaniom, istnieje strefa, w której materiał osuwiskowy i lodowcowy sływa jako plastyczna masa w środowisku hydrodynamicznym.

Pojęcie kompresji związane jest z naciskami ścinającymi, wywieranymi przez napierające masy z obszaru progów. Pod wpływem tych nacisków poniżej progów, na powierzchni formują się regularne nabrzmienia i fałdy zwane *pressure*

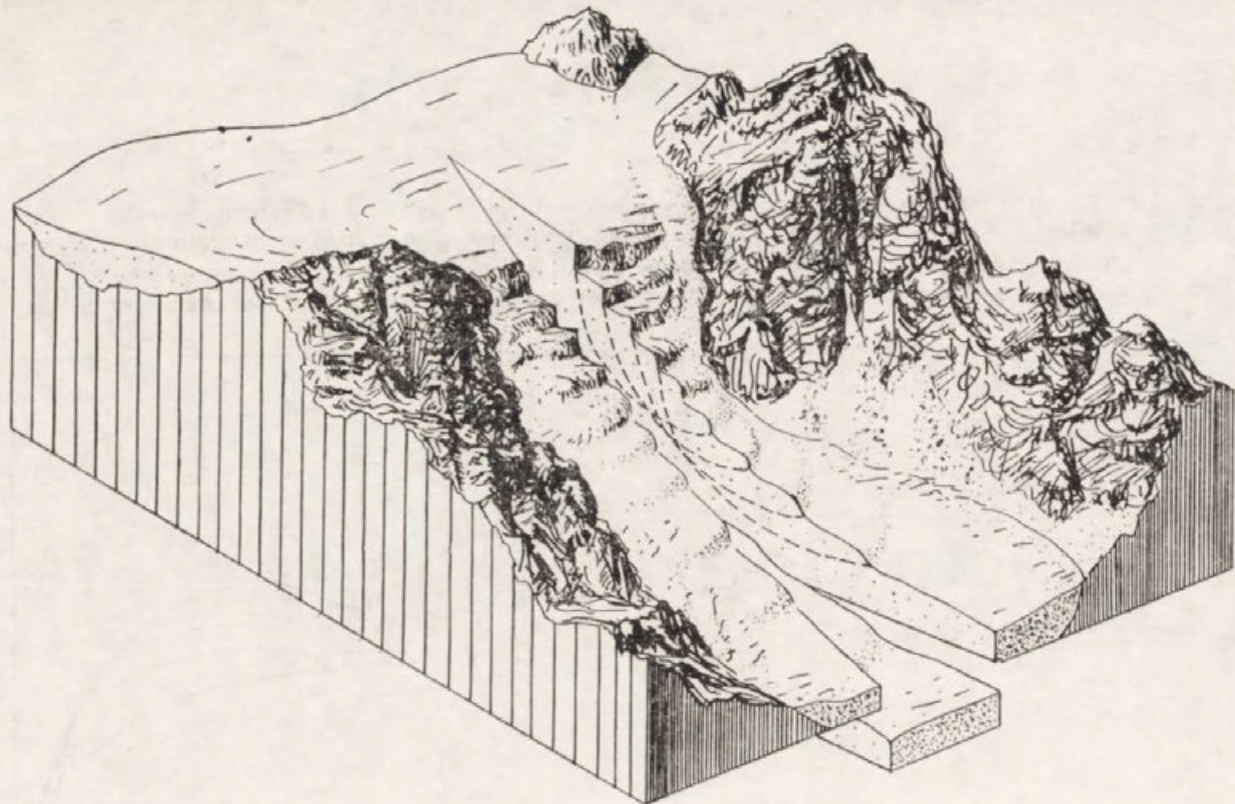
Charakterystyka kształtów i typów deformacji w osuwiskach klasycznych i lodowcach górskich  
 Characteristics of the shape and deformation types in classical landslides and mountain glaciers

	Formy erozyjne	Główne elementy	Nisza — pole firnowe				Jęzor						Czoło			
			Typ ruchu	Deformacje		Próg		Poniżej progu				Typ ruchu	Deformacje			
				na powierzchni	wewnątrz	Rodzaj siły	Typ ruchu	Deformacje		Rodzaj siły	Typ ruchu		Deformacje			
								na powierzchni	wewnątrz				na powierzchni	wewnątrz		
osuwisko	nisza, rynna	nisza, jęzor, czoło	ekstruzywny	stopnie rotacyjne	powierzchnie poślizgu, plastyczne rozwleczenia	tensja	mieszany	szczeliny, progi, seraki	plastyczne rozwleczenia, złupkowacenia ciągłe	kompresja	intruzywny	regularne nabrzmienia, półkoliste fałdy	powierzchnie ścięcia, plastyczne rozwleczenia	ekstruzywny	spękania radialne	plastyczne rozwleczenia
lodowce	cyrk, rynna	pole firnowe, jęzor, czoło	intruzywny	szczelina brzeżna górna (Berg-schrund)	powierzchnie poślizgu	tensja	mieszany	szczeliny, progi, seraki	laminacje	kompresja	mieszany	zafaldowania (ogives)	powierzchnie ścięcia, laminacje	ekstruzywny	spękania radialne	foliacje



Ryc. 46. Schematyczny przekrój podłużny przez lodowiec górski. T — strefa tensji, K — strefa kompresji. Liczby oznaczają kolejność powstawania stopni i fałdów (ogiwów) na lodowcu.

Schematic longitudinal section through mountain glacier. T — tension zone, K — compression zone. Numbers indicate the sequence of formation of scarps and folds (ogives) on the glacier.



Ryc. 47. Blokdiagram progu poniżej cyrku lodowcowego. Poszczególnym stopniom w obrębie progu odpowiadają fałdy (ogiwy) poniżej.

Block diagram of scarp below glacial cirque. The individual benches within the scarp correspond to the folds (ogives) situated below.

waves (11). Przykłady takich deformacji w osuwiskach podano na rycinach 5 i 7. W lodowcach znamy je pod nazwą „ogiwy”. Teorie tłumaczące ich genezę przyjmują między innymi decydującą rolę ablacji (16, 74). W świetle badań nad zafałdowaniami powstałymi wskutek kompresji w osuwiskach, wydaje się słuszne przyjąć za R. Haefelim (11) a ostatnio za M. M. Millerem (41), że „ogiwy” formują się w sposób następujący.

Zrzucone, względnie rotacyjnie przechylone pakiety na progu, powodują nacisk na plastyczne podłoże. Wewnątrz nacisk ten odbierany jest w postaci wytworzenia się stref o skoncentrowanym ciśnieniu, skierowanym skośnie do powierzchni, która ulega sfałdowaniu (ryc. 47). Widzimy tu, że nagłe zmiany w obrębie progu, prowadzące do zaburzeń ciągłości lodu, przekazywane są w podłoże i dalej na przedpole z pewnym opóźnieniem, wywołując jego plastyczne zafałdowania. Regularne fałdy w miarę transportowania w dół, ulegają dalszym deformacjom plastycznym i zwiększonej ablacji. Ablacja wytapia grzbiety fałdów, dając w efekcie łukowato wygięte smugi ciemniejsze oraz jaśniejsze, które są założone na siodłach. Maksymalna dostawa lodu raz w roku, pod koniec zimy decyduje o rocznym rytmie w powstawaniu „ogiwów”.

Czoło zarówno w osuwiskach jak i lodowcach ulega promienistym spękanom. W lodowcach na powierzchni ukazują się foliacje.

Od przedstawionego powyżej schematu odbiegają lodowce typu *surges*, podlegające nagłym spływom. Przez szybki transport powstają tu zaburzenia w ruchu laminarnym, właściwym dla powolnych przemieszczeń lodu. Dochodzi do rozbicia spójności poszczególnych kryształów, ruch jest nie tylko laminarny, ale i turbulentny, tworzy się nieregularna masa lodowa, poruszająca się ze średnią prędkością 150—1000 m/rok (38). Ruch tych lodowców wydaje się najbardziej przypominać sposób przemieszczania mas w osuwiskach.

Podsumowując należy stwierdzić, że oba zjawiska posiadają duże podobieństwa w sposobie przemieszczania mas. W ogólnej klasyfikacji ruchów — lodowce można by umieścić w gru-



pie ciał, w których pod wpływem powolnych przemieszczeń wykształcił się przede wszystkim ruch laminarny. Osuwiska reprezentują grupę, gdzie oprócz ruchu laminarnego pojawia się ruch turbulencyjny, będący wynikiem szybkich przemieszczeń mas ziemnych.

Oba zjawiska przy pokonywaniu przeszkód podlegają tensji i kompresji, co prowadzi do wytworzenia podobnych form.

## UWAGI KOŃCOWE

Geomorfologiczne pojęcie — osuwisko — obejmuje trzy ogniwa: przyczynę, proces, skutek. Niniejsza praca dotyczyła ogniwa środkowego — procesu. Rozpatrywane zagadnienie nie ograniczyło się do tradycyjnych w geomorfologii procesów zachodzących w warunkach naturalnych, ale sięgnięto również do form wytworzonych w warunkach częściowo naturalnych, jak i sztucznych. Pełniejszą aktualizację procesu uzyskano dzięki badaniom na modelach naturalnych. Wyniki uzyskane z prac na osuwiskach, w ośrodku gruntowym, transponowano na inne środowisko — lodowcowe (lodowce górskie). Próba ta pozwoliła na wydzielenie zasadniczych typów ruchu w podobnych pod względem morfologicznym formach na powierzchni ziemi, które rozwijają się w różnych pod względem fizycznym środowiskach.

Ujednoliconą metodą analizy strukturalnej, uzupełnioną określeniem poszczególnych stanów gruntu od płynnych, poprzez plastyczne i zwarte stworzyła podstawy do odtworzenia sferycznego obrazu powierzchniowych i wewnętrznych deformacji w różnych pod względem konsystencji typach form. Zastosowanie metody analizy strukturalnej pozwoliło w obrębie rozpatrywanych form (lodowców, osuwisk) wydzielić strefy działania różnych pod względem jakościowym sił (tensji, kompresji i ścinania) oraz wskazać właściwe im deformacje.

Umieszczone w klasyfikacji osuwiska — spływy błotne, ziemne, zerwy oraz zsuwy są kombinacją zasadniczo dwóch typów ruchu intruzywnego i ekstruzywnego. Różnią się one rozkładem wektorów prędkości w przekroju pionowym. Oprócz

tych dwóch istnieje jeszcze trzeci, zależny od struktury, w którym prędkości w całym przekroju pionowym są takie same.

Przedstawione w niniejszej pracy badania kilkudziesięciu osuwisk w różnych środowiskach uzupełnione wycinkowymi obserwacjami w poszczególnych regionach, zmierzały do jakościowej analizy zjawisk zachodzących w czasie przemieszczeń mas ziemnych. Zaproponowana systematyka wydaje się stwarzać podstawy do ilościowej analizy tego zagadnienia.

Wniośki odnośnie procesu osuwiskowego w różnych środowiskach można przedstawić w sposób następujący:

1. Niezależnie od przyczyn, przebieg procesu osuwiskowego w trzech badanych środowiskach jest podobny. Najczęściej istnieje dążność do wytworzenia zerwy o cylindrycznej, względnie zbliżonej do cylindrycznej powierzchni poślizgu. Materiał wyciśnięty poza obszar niszy, zwykle przybiera formę spływu.

2. Wykształcenie drugorzędnych form osuwiskowych w obrębie niszy, jęzora i czoła zależne jest od warunków geologicznych, morfologicznych i fizycznych własności utworu.

3. Deformacje powstałe w czasie ruchu są funkcją zawartości wody, stopnia rozdrobnienia gruntu, prędkości masy i jej miąższości.

4. W środowiskach różnych pod względem fizycznym (osuwiska, lodowce), w trakcie przemieszczania powstają podobne deformacje pod wpływem działania sił tensji i kompresji.

5. Procesy osuwiskowe, podobnie jak inne zjawiska geomorfologiczne mają charakter rytmiczny.

6. W świetle przedstawionych materiałów wydaje się słusznym pogląd M. Klimaszewskiego (30), że osuwiska posiadają strukturę fluidalną. W osuwisku o typie spływu, w przekroju pionowym istnieją tendencje do wytworzenia się stref jednakowych prędkości, co wskazywałoby na ruch laminarny. Do zaburzeń tego ruchu dochodzi w obrębie progów, gdzie w związku z działającą tu tensją i kompresją, tworzą się strefy rozciągania (na progach) i stłaczania materiału (poniżej progów). Ruch turbulentny w osuwiskach występuje lokalnie, przy dużych prędkościach.

## SPIS TABEL

- I. Wielkość przesunięcia reperów w czole osuwiska III w Trzebnicy.  
Displacement of bench marks at the toe of landslide III at Trzebnica.
- II. Niektóre własności fizyczne utworów budujących zwałowisko zewnętrzne w Turosszowie.  
Some physical properties of soils building the external spoil heap at Turosszów.
- III. Skład granulometryczny utworów zwałowiska zewnętrznego w Turosszowie.  
Granulometric composition of soils from the external spoils heap at Turosszów.
- IV. Skład granulometryczny prób pobranych z monolitów w ilach warwowych.  
Granulometric composition of samples taken from monoliths in varved clays.
- V. Wydajność drenów w osuwiskach koło Raciborza.  
Yield of drains on landslides near Racibórz.
- VI. Typy ruchu w osuwiskach i zjawiskach pokrewnych.  
Types of movement in landslides and related phenomena.
- VII. Niektóre własności fizyczne materiału osuwiskowego i lodu lodowcowego.  
Some physical properties of landslide material and glacier ice.
- VIII. Charakterystyka kształtu i typów deformacji w osuwiskach klasycznych i lodowcach górskich.  
Characteristics of the shape and deformation types in classical landslides and mountain glaciers.

## LITERATURA

- 1 Almagia R., Studi geografici sulle frane in Italia. Memoria della Societa Geografica Italiana, 13 — 1907. 14 — 1910. Roma, 1910.
- 2 Billings M. P., Structural Geology, New York, 1946.
- 3 Boulton G. S., Flow tills and related deposits on some Vest-spitsbergen glaciers, Journ. Glaciol., Vol. 7, N. 51, 1968.
- 4 Chwastek J., Pomiary deformacji terenu odkrywtek, Węgiel Brunatny, nr 1, 1968.
- 5 Crandell D. R., Fahnestock R. K., Rockfalls and avalanches from Little Tahoma Peak on Mount Rainer Washington, Geol. Surv. Bull. 1221 — A, Washington, 1965.
- 6 Dumanowski B., Zagadnienie rozwoju stoku na przykładzie Gór Stołowych, Czasop. Geogr., t. XXXII, z. 3, 1961.
- 7 Fencel J., Typy sesuvů v české křidové pánvi, Sbornik Geolog. Véd. hydrogeolog. inženýrska geologie, řada HIG, sv. 5, 1966.
- 8 Fencel J., Svatoš A., Soloflukění kamenny proud na Dlouhém vrchu u Žlutic, Sbornik Geolog. Véd. Antropozoikum, řada A, sv. 5, 1968.
- 9 Flis J., Formy terenu wywołane grawitacyjnymi ruchami mas skalnych w Sądecczyźnie, Roczn. Nauk.-Dydakt. WSP z. 8, Kraków, 1958.
- 10 Gunn B. M., Flow rates and secondary structures of Fox and Franc Josef Glaciers, New Zealand, Journ. Glaciol., V. 5, N. 38, 1964.
- 11 Haefeli R., Some observations on glacier flow, Journ. Glaciol., Vol. 1. No. 9. 1951.
- 12 Heusser C. J., Marcus M. G., Surface movement, hydrological changes and equilibrium flow on Lemon Creek Glacier, Alasca, Journ. Glaciol. V. 5, N. 37, 1964.
- 13 Hutchinson J. N., B. Sc., A.M.I.C.E., A landslide on a thin layer of quick clay at Furre, Central Norway, Geotechnique, London, 1961.

- 14 Hutchinson J. N., The landslide of February, 1959, at Vibstad in Namdalen, Norwegian Geotechn. Institut, Publ. 61, 1963.
- 15 Hutchinson J. N., A coastal mudflow on the London Clay cliffs at Beltinge, Kent, Geotechnique, December 1970.
- 16 Ives J. D., King C.A.M., Glaciological observations on Morsarjökull S. W. Vatnajökull. Journ. Glaciol. Vol. 2. No. 16. 1954.
- 17 Jahn A., Badania stoków w Polsce, Przegl. Geogr. t. XXVIII, z. 2, 1956.
- 18 Jahn A., Czwartorzęd Sudetów, Regionalna Geologia Polski, t. III, z. 2, Kraków 1960.
- 19 Jahn A., Some features of mass movement on Spitsbergen slopes, Geogr. Annaler, Vol. 49, ser. A 2—4, 1967.
- 20 Jakubowski K., Płytkie osuwiska zwietrzelinowe na Podhalu, Prace Muzeum Ziemi, nr 6, 1964.
- 21 Jakubowski K., Procesy spelzywania zwietrzelin na obszarze wschodniego Podhala, Prace Muzeum Ziemi, nr 9.
- 22 Jakubowski K., Rola płytkich ruchów osuwiskowych zwietrzelin w procesach zboczowych na terenie wschodniego Podhala, Prace Muzeum Ziemi, nr 13, 1968.
- 23 Jerzykiewicz T., Sedymentacja górnych piaskowców ciosowych Niecki Śródsudeckiej (górną kreda), Geologica Sudetica, Vol. IV, 1968.
- 24 Jerzykiewicz T., Uwagi o orientacji i genezie ciosu w skałach górnokredowych Niecki Śródsudeckiej, Geologica Sudetica, Vol. IV, 1968.
- 25 Karaś-Brzozowska C., Zasięg zlodowacenia środkowo-polskiego w Kotlinie Raciborskiej, Przegl. Geogr. t. XXXIX, z. 3, 1963.
- 26 Kasza L., Budowa geologiczna górnego dorzecza Białej Ładeckiej, Geologica Sudetica, Vol. I, 1964.
- 27 Kirschke J., Karta rejestracyjna złoża cegielni w Jeleniej Górze, Woj. Zjedn. PTMB Wrocław, 1961, (maszynopis).
- 28 Kisiel I., Uwagi o stateczności świeżo sypanych skarp nakładu, Węgiel Brunatny nr 1, 1963.
- 29 Kleczkowski A., Osuwiska i zjawiska pokrewne, Warszawa, 1955.
- 30 Klimaszewski M., Geomorfologia ogólna, Warszawa, 1963.
- 31 Kollis W., Gruntoznawstwo techniczne, Warszawa 1966.
- 32 Kozłowski S., Wulkanizm permski w rejonie Głuszycy i Świerków na Dolnym Śląsku, Roczn. PTGeol., t. XXVIII, 1958.
- 33 Krajewski R., Osuwiska skarp roboczych w polskich kopalniach węgla brunatnego, ich typ i skala, Węgiel Brunatny nr 2, 1967.

- 34 Krejčí J., Sesuv na uzemi na Zlinsku, Prace Moravske Přírodovědecké Společnosti XV, Brno, 1943.
- 35 Książkiewicz M., Geologia Dynamiczna, Warszawa, 1968.
- 36 Łoziński W., O mechanicznym wietrzeniu piaskowców w umiarkowanym klimacie, Rozpr. Wydz. Mat.-Przr. A.U. Seria III, t. 9, Dz. A, 1909.
- 37 Martini A., Preliminary experimental studies on frost weathering of certain rock types from the West Sudetes, Biul. Perygl. No. 16, 1967.
- 38 Meier M. F., Post A., What are glacier Surges? *Cau. J. of Earth Sciences*, V. 6, N. 4 part 2, 1969.
- 39 Meissner K., Tektonika wewnętrzna ilów poznańskich w rejonie Konina, *Przegl. Geolog.* nr 2, 1966.
- 40 Michalik A., Osuwisko w Cichem na Podhalu, *Roczn. Nauk.-Dydakt. WSP*, z. 10, Kraków, 1962.
- 41 Miller M. M., Freers T. F., Kittredge F. T., Havas T., Wave ogive formation and associated phenomena on the Vanghan Lewis and Gilkey Glaciers, Junean Icefield, Alaska B. C., 19th Alasca Sci. Conference, Abstracts of Papers, August 1968.
- 42 Mokrzycka M., Morfogenezę starego osuwiska w Piwnicznej, praca magisterska, Kraków 1961, (maszynopis).
- 43 Morariu T., Diaconeasa B., Girbacea V., Age of landslidings in the Transylvanian Tabelaand, *Rev. Rom. Geol. Geophys. Geogr., Ser. Geogr.*, t. 8, 1964.
- 44 Mycielska E., Nowakowska T., Asymetria pokryw peryglacialnych w Górach Izerskich, *Biul. Perygl.* nr 2, 1955.
- 45 Nossin J. J., Comparative study of the Kalagarh Landslip Southern Himalayas, *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.* Bd. 11, Heft 3, 1967.
- 46 Novosad S., Porušení svahů v godulských vrstvách Moravsko-slezských beskyd, *Sbornik Geolog. Véd, hydrogeolog. inž. geolog. řada HIG*, sv. 5, 1966.
- 47 Nye J. F., The flow of glaciers and ice — sheets as a problem in plasticity. *Proceedings of the Royal Society, A*, vol. 207, 1951.
- 48 Nye J. F., The distribution of stress and velocity in glaciers and ice sheets, *Proc. Roy. Soc. Vol. 239, N. 1216*, 1957.
- 49 Pachucki G., Badania geologiczne na arkuszach 1:100 000 Trzebnica i Syców, *Biul. PIG* nr 66, 1952.
- 50 Pašek J., Schollenartige Hangbewegungen, *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.* 18, Bd. 1967.
- 51 Pašek J., Demek J., Mass movements near the community of Stadice in North Western Bohemia, *Studia Geogr.* z. 3, Brno 1969.

- 52 Pašek J., Rybař J., Rozbor svahových pohybů na černomořském pobřeží Bulharska (maszynopsis).
- 53 Pawlikowa B., Materiały do postglacialnej historii roślinności Karpat Zachodnich. Torfowisko na Bryjarce. Folia Quaternaria, nr 18, 1965.
- 54 Penck W., Morphologische Analyse, Geographische Abhandlungen 2, Reihe H. 2, Berlin — Stuttgart 1924.
- 55 Pierron W. F., Sjeljowyje potoki Chibinskogo gornogo massiwa, Westnik Mosk. Uniw. Nr 1, 1966.
- 56 Piwocki M., Utwory trzeciorzędowe w okolicach Nysy, Kwart. Geolog., t. IX, z. 1, 1965.
- 57 Płaneta B., Zjawiska pseudokrasowe w grupie Szczelińca w Górach Stołowych, praca magisterska, Uniw. Wrocław, Wrocław 1967 (maszynopsis).
- 58 Pociask J., Efekty krajobrazowe ruchów masowych na zboczu doliny Odry koło Raciborza, praca magisterska, Wrocław 1968 (maszynopsis).
- 59 Prior D. B., Stephens N., Archer D. R., Composite mudflows on the Antrim Coast of North-East Ireland, Geogr. Annaler, Vol. 50, Ser. A, z. 2, 1968.
- 60 Pulinowa M. Z., Geomorfologiczne metody badania zwałowisk na przyklądzie Zagłębia Turosszowskiego, Czasop. Geogr. t. XXXVIII, z. 3, 1967.
- 61 Pulinowa M. Z., Osuwisko w Momczil na wybrzeżu czarnomorskim w Bułgarii, Czasop. Geogr. t. XXXIX, z. 3, 1968.
- 62 Pulinowa M. Z., Pulina M., Analiza spękań Jaskini Niedźwiedziej, Acta Univ. Wratisl. no. 127, t. XIV, Wrocław 1970.
- 63 Pulinowa M. Z., Mazur R., Stare osuwisko w Grzmiącej w Sudetach, Wszechświat nr 7—8, 1970.
- 64 Ramsay J. G., The geometry and mechanics of formation of „similar” type folds, Journ. Geolog. v. 70, 1962.
- 65 Rapp A., Recent development of mountain slopes in Kärkevagge and surroundings, Northern Scandinavia, Geogr. Annaler, Vol. XLII, N. 2—3, 1960.
- 66 Rapp A., The debris slides at ülvådal, Western Norway. Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Nr 13, 1963.
- 67 Reichelt G., Die Rutschungen am Eichberg bei Achdorf (Wutach) Erscheinungsformen, Mechanik, Ursachen, Erdkunde, Heft 3, 1967.
- 68 Rejestracja osuwisk powiatu Nysa, Żąbkowice Śląskie, Archiwum „Geoprojektu” Wrocław 1969 (maszynopsis).
- 69 Rogaliński J., Słowiok G., Rzeźba Gór Stołowych w świetle teorii pedyplanacji, Czasop. Geogr. t. XXIX, z. 4, 1958.



- 70 Rybař J., Dobr J., Vrášove deformace v severnočeske hnědo-uhelne pánvi, Sbornik Geolog. Věd, hydrogeologie, inž. geolog. řada HIG, sv. 5, 1966.
- 71 Sawicki L., Osuwisko ziemne w Szymbarku i inne zsuwy pow- stałe w 1913 r. w Galicji Zachodniej, Rozpr. Wydz. Mat.-Przyr. A.U. 1916. Ser. III, dz. A, Kraków 1917.
- 72 Sawicki L., Prace poszukiwawcze za tufami na terenie arkusza Jedlina Zdrój i Wałbrzych, Archiwum Inst. Geolog. we Wrocławiu, 1951.
- 73 Segerstrom C. U., Falcon M., Quaternary mudflow depo- sits near Santiago, Chile, Art. 152 in U.S. Geol. Survey Prof. Paper 475 — D, Washington 1964.
- 74 Sharp R. P., Glaciers, Eugene, Oregon — 1960.
- 75 Snopko L., Study of deformation elements developed in the Handlova landslide, Geolog. Práce, Zprawy 28, Bratislava 1963.
- 76 Szczepankiewicz S., Rozwój doliny górnego Bobru u kra- wędzi lodolodu w Sudetach, Czasop. Geogr. t. XXIII/XXIV, 1954.
- 77 Śliwa P., Wilk Z., Osuwisko w Bańskiej Wyżnej na Podhalu, Z badań geolog. wykonanych w Tatrach, Biul. IG nr 86, 1954.
- 78 Śliwa P., Osuwisko Bachledzkiego Wierchu w Zakopanem, Z ba- dań geologicznych wykonanych w Tatrach i na Podhalu, Biul. IG nr 96, 1955.
- 79 Śliwa P., Badania nad skłonnością do tworzenia osuwisk niektó- rych ilów trzeciorzędowych, Z badań geolog.-inż. w Polsce, Biul. IG nr 163, 1960.
- 80 Świdorski B., Przyczynki do badań nad osuwiskami karpac- kimi, Przegl. Geogr., t. XII, 1932.
- 81 Świdorski B., Objąsnienia do mapy geologicznej — Arkusz Rabka, 1:50 000, Instytut Geologiczny 1953.
- 82 Teisseyre H., Kilka drobnych obserwacji morfologicznych w Karpatach, Przegl. Geogr., t. IX, 1929.
- 83 Teisseyre H., Osuwisko koło Spasa nad Dniestrem, Czasop. Geogr., t. IX, 1931.
- 84 Teisseyre H., Osuwisko w Krasnolili, Czasop. Geogr., t. XII, 1934.
- 85 Teisseyre H., Dalsze spostrzeżenia nad osuwiskiem w Kra- snolili, Sprawozdania PIG, 8, s. 9, 1935.
- 86 Teisseyre H., Materiały do znajomości osuwisk w niektórych okolicach Karpat i Podkarpacia, Rocznik PTG, t. XII, 1936.
- 87 Ter-Stepanian G. I., Klasyfikacja opolzniewnych tręszčin, Izd. An SSSR, t. XI, No. 5, 1958.
- 88 Terzaghi K., Mechanism of landslides, Geol. Soc. of Am. Ber- key — Vol. New York 1950.

- 89 Tomaszewski J., O niektórych podstawowych problemach dotyczących potoków błotno-kamienistych, *Czasop. Geogr.*, t. XXXVIII, z. 4, 1967.
- 90 Tufescu V., Procese de panta in bazinul Sitnei, la nord de Botoșani, *Probl. de Geografie*, Vol. IX, 1963.
- 91 Tufescu V., Moddarea naturala a reliefuli și eroziunea accelerată, *Acad. Rep. Soc. Romania, Bucuresti* 1966.
- 92 Turner F. J., Weiss L. E., *Structural analysis of metamorphic tectonites*, U.S.A. 1963.
- 93 Ulanicki W., Plan ruchu dla cegielni Kamienna Góra w Kamienniej Górze, w woj. wrocławskim na okres 1965—66 (maszynopis).
- 94 Wahrhaftig C., Cox A., *Rock glaciers in the Alasca Range*, *Bull. Geolog. Soc. Am.* Vol. 70, 1959.
- 95 Walczak W., *Sudety*, Warszawa 1968.
- 96 Watson R. A., Wright H. E., *Landslides on the east flank of the Chuska Mountains, Northwestern New Mexico*, *Am. Journ. Sci.* Vol. 261, 1963.
- 97 Weertman J., *On the sliding of glaciers*, *Journ. Glaciol.*, Vol. 3, No. 21, 1957.
- 98 Wilczyńska J., *Budowa geologiczna wschodniej części arkusza Międzylesie (okolice Potoczka)*, praca magisterska, Wrocław 1962 (maszynopis).
- 99 Williams E., *The deformation competent granular layers in folding*, *Am. Journ. Sci.* Vol. 263, No. 3, 1965.
- 100 Woldřich J. N., *Sesuti u Klapého z roku 1898*, *Vest. Král. Česke Společn. Nauk Třída matem.-přirod.* Praha 1899.
- 101 Zaruba Q., Mencil V., *Landslides and their control*, Prague 1969.
- 102 Ziętara T., *O pseudoglacjalnej rzeźbie Beskidów Zachodnich*, *Roczn. Nauk.-Dydakt. WSP*, z. 10, Kraków 1962.
- 103 Ziętara T., *O odmładzaniu osuwisk w Beskidach Zachodnich*, *Roczn. Nauk.-Dydakt. WSP*, z. 22, Kraków 1964.
- 104 Ziętara T., *W sprawie klasyfikacji osuwisk w Beskidach Zachodnich*, *Studia Geomorph. Carp.-Balc.* Vol. III, Kraków 1969.

## Summary

The paper is an attempt at providing explanation for the mechanism of movement of various types of landslides. The investigations were performed on the basis of the actualization method by comparing small experimental forms with large landslides developed in natural conditions.

With consideration to the degree of involvement of the anthropogenic factor, landslides were investigated in the following environments:

- a) artificial environments — spoil heaps built of loams, clays and sands in the Turoszów Basin,
- b) partly natural environment — walls of pits working varved brick clays, situated near Jelenia Góra, Marciszów and Kamienna Góra,
- c) natural environment in geologically and morphologically differentiated areas: the piedmont of Central Sudetes and the Racibórz Basin, the Stolowe Mts, the Western Beskids, the Black Sea shore in Bulgaria, the Transylvanian Upland and northern Bohemia.

In all cases, the analysis of small tectonics was used in addition to the traditional methods of geomorphology and soil science. This method consists in recording the deformations, developed during the movement, in three planes: in the horizontal plane on ground surface and in longitudinal and transversal sections. The soil analyses were performed with the purpose to determine the type of soil and its sensitivity to water.

Full specification of 22 landslides supported by complementary observations of several tens of slides from 12 regions, permitted the determination of some types of movement which occur repeatedly in the three environments investigated. They are:

- a) intrusive movement,
- b) extrusive movement.

The two types of movement differ in the distribution of velocity vectors in vertical section. In the intrusive movement higher velocity is observed in the upper part of slide mass, whereas the extrusive movement shows higher velocities in the bottom part, at the slip surface. There is also a third type of movement, dependent chiefly on the geological structure, in which the velocities are equal throughout the vertical section.

The sliding movement is usually rhythmical in character. Rarely there is only a single movement; usually there are several of them, mutually intertongued and difficult to separate. The landslides included in the classification are combinations of the above mentioned types of movement. The basic criteria adopted in the classification are: the distribution of deformations resulting from the mechanism of movement, the degree of disintegration of the material, and the participation of water. The following main types of landslides were established: mudflows, earthflows, slumps with cylindrical or nearly cylindrical slip surface and slides along a predisposed slip surface (Tab. VI).

The material gathered made it possible to perform a systematization of the forms of landslides, from the simplest ones to those developed in full extent (Fig. 46). The following forms were distinguished:

1. Partly developed landslide with the niche as the most important part (slumps, slides),
2. Fully developed landslide with well developed niche, tongue and toe (earthflows — classical landslides) or in the form of several slumps benched one above another (slumps on the Turaszów spoil heaps).

In the synthetical part of work, the analysis of slip surface has been also performed. In the extrusive movement one general shearing surface develops and is accompanied by second-order surfaces of individual rotational scarps. In the case of intrusive earthflows, a wide zone plasticization is developed as a function of displacement velocity, state and type of soil. The slip surfaces are accompanied by the following deformations: slide scratches, slickensides, plastic draggings and continuous schistosity.

A more general view of the mechanism governing the investigated landslide movements was obtained by comparing them with the theoretical model of mountain glacier. The glaciers which are subjected to elastoplastic deformations show similar morphological features (Tab. VIII). In a general classification of movements, glaciers may be assigned to the group of plastic bodies where laminar movement has been developed gradually under the influence of small displacements. The landslides, on the other hand, represent a group in which turbulent

movement is manifested in addition to the shearing and laminar movements. Both landslides and glaciers are subjected to tension and compression when they overcome the obstacles (scarps), and this results in similar deformations.

The conclusions with respect to the landslide processes occurring in the three environments investigated, may be presented as follows:

1. Whatever may be the causes, the course of a landslide process in the three environments investigated is similar. Most often there is a tendency to form a slump with cylindrical or nearly cylindrical slip surface. The material pressed outside the bottom scarp of the niche usually gives rise to a flowing movement.
2. The character of landslide forms developing within the niche, tongue and toe is usually dependent on geological, morphological and physical properties of the deposit.
3. Deformations developed during the movement are a function of water content, degree of disintegration of soil, velocity and thickness of the mass.
4. In environments which are different in physical respect (landslides, glaciers) similar deformations occur during displacement under the influence of compressive and tensile forces.
5. Landslide processes like other geomorphological phenomena are cyclic in character.
6. The analysis of structure and small tectonics used in this work makes it possible to reconstruct the landslide history, to determine its phase of development and to predict its tendencies. The adopted viewpoint permitted the determination of some laws which control the mechanism of movement in various types of landslides.

Translated by W. Olszewski

## WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ

za ostatnie lata

1967

- 1 PRACA ZBIOROWA — **Użytkowanie ziemi w krajach Europy środkowo-wschodniej**, s. 125 + nlb., tab., ryc., zł 27,—
- 2 E. DROZDOWSKI — **Objaśnienia do mapy geomorfologicznej — okol. CHELMNO**  
A. TOMCZAK — **Objaśnienia do mapy geomorfologicznej — okol. TORUN**, s. 110 + ryc. nlb., zł 18,—
- 3/4 A. JELONEK — **Ludność miast i osiedli typu miejskiego na ziemiach Polski od 1810 do 1960 r.**, s. 33 + tab. nlb., zł 21,—
- 5 PRACA ZBIOROWA — **Rozwój komunikacji kolejowej i autobusowej w Polsce w okresie 1946—1965**, s. 142 + ryc. nlb., zł 27,—
- 6 R. CZARNECKI — **Stosunki wodne środkowej części dorzecza Opątkówki**, s. 79 + ryc. nlb., zł 27,—

1968

- 1 PRACA ZBIOROWA — **National and Regional Atlases — Supplement for 1963—1967**, s. 73, zł 21,—
- 2 M. STOPA — **Temperatura powietrza w Polsce. Część I**, s. 210, zł 30,—
- 3 PRACA ZBIOROWA — **Land Use Studies in East-Central Europe**, s. 89, zł 24,—
- 4 PRACA ZBIOROWA — **Problematyka i metody geografii rolnictwa w pracach Zakładu Geogr. Roln. IG PAN**, s. 113, zł 24,—
- 5 PRACA ZBIOROWA — **Objaśnienia do mapy geomorfologicznej okol. NOWOGRÓD — 1 : 50 000**, s. 45 + tab. i mapy nlb., zł 18,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — **Abstrakty prac habilitacyjnych i doktorskich, 1967**, s. 186, zł 30,—

1969

- 1 J. OSTROWSKI — **Mapy hipsometryczne Polski**, s. 173 + nlb. zł 27,—
- 2/3 PRACA ZBIOROWA — **Analiza i ocena środowiska geograficznego powiatu ropczyckiego**, s. 126 + nlb., zł 27,—
- 4 A. GAWRYSZEWSKI — **Polskie mapy narodowościowe, wyznaniowe i językowe. Bibliografia za lata 1827—1967**, s. 155, zł 24,—
- 5 PRACA ZBIOROWA — **Użytkowanie ziemi i rolnictwo w krajach Europy Środkowo-Wschodniej. Wyniki badań**, s. 168, zł 24,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — **Abstrakty prac habilitacyjnych i doktorskich, 1968**.

1970

- 1 PRACA ZBIOROWA — *Agricultural Typology Selected Methodological Materials*, s. 60 + nlb., zł 15,—
- 2 PRACA ZBIOROWA — *Materiały do klimatologii Polski*, s. 118 + nlb., zł 21,—
- 3 PRACA ZBIOROWA — *Badania fizyczno-geograficzne otoczenia Stacji Naukowo-Badawczej IG PAN w Szymbarku (Tom I)*, s. 72 + nlb., zł 18,—
- 4/1/ZS *Wody podziemne w dorzeczu Skarlanki i ich stosunek do rynien jeziornych*, s. 70 + nlb., zł 18,— (do użytku wewnętrznego)
- 5/2/ZS PRACA ZBIOROWA — *Objaśnienia do map geomorfologicznych okol. Wąbrzeźno i Lębork*, s. 110 + nlb., zł 18,— (do użytku wewnętrznego)
- 6 PRACA ZBIOROWA — *Abstrakty prac habilitacyjnych i doktorskich 1969*, s. 156, zł 27,—

1971

- 1 A. ŻUREK — *Bibliografia polskich prac o migracjach stałych, wewnętrznych ludności w Polsce (lata 1916—1969/70)*, s. 120, zł 18,—
- 2 PRACA ZBIOROWA — *Przeglądowe zdjęcie użytkowania ziemi (projekt instrukcji)*, s. 29 + nlb., zł 18,—
- 3 PRACA ZBIOROWA — *Człowiek a środowisko geograficzne w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym (wybrane zagadnienia)*, s. 80 + nlb., zł 18,—
- 4/5 PRACA ZBIOROWA — *Rio Aconcagua*, s. 245 + nlb., zł 45,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — *Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich 1970*, s. 147, z. 24,—

1972

- 1 PRACA ZBIOROWA — *Katalog rękopisów geograficznych. Zeszyt 2*, s. 72.
- 2 PRACA ZBIOROWA — *Bilans użytkowania ziemi*, s. 135, zł 21,—
- 3 PRACA ZBIOROWA — *National and Regional Atlases. For 1968—1971*, s. 92, zł 21,—
- 4 MARIA Z. PULINOWA — *Procesy osuwiskowe w środowisku sztucznym i naturalnym*, s. 112 + nlb., zł 24,—
- 5 J. OSTROWSKI — *Kartografia jako nauka (w druku)*
- 6 PRACA ZBIOROWA — *Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1971 r. (w druku)*