

STACJONARNE BADANIA DYNAMIKI ZBOCZY METODAMI FOTOGRAMETRYCZNYMI

UKD 624.131.537:528.74(438)

Celem badań, które wykonano na 5 km odcinku skarpy wiślanej w Płocku, było uzyskanie informacji dotyczących — okresów aktywności, dynamiki, charakteru i rozmiarów powierzchniowych ruchów mas ziemnych. Badania powtarzane w latach 1962—1967 przy zastosowaniu fototeodolitu Zeissa pozwoliły uzyskać dotychczas 5 kompletów zdjęć skarpy. Zdjęcia wykonywano zawsze na wiosnę po przejściu wysokich wód, przed pokryciem drzew listowiem. Zakończenie prac przewiduje się po roku 1970, to znaczy po zarejestrowaniu ewentualnych skutków wywołanych spiętrzeniem wód Wisły przez stopień wodny we Włocławku. Płock znajduje się w granicach przyszłego zalewu, a przez to w strefie zagrożenia.

Na wyborze lokalizacji terenu badań zaważyło to, że w strefie ewentualnego zagrożenia znalazły się obiekty tej miary, co Katedra i Kompleks Opactwa — budowle o niemal 1000-letniej historii. Ze względu na różnice morfologiczne uwarunkowane budową geologiczną, badany teren zboczy Wisły podzielony został na 4 odcinki o następującej charakterystyce:

Odcinek I erodowany corocznie przez Wisłę, która wynosi osunięty materiał. Kąt nachylenia zboczy wynosi od 48° do 78° , wysokość wynosi od 12 do około 25 m. Wysoczyzna znajduje się w odległości 200—300 m, a przestrzeń między krawędzią skarpy a wysoczyzną rozbita jest na 4—5 stopni ułożonych tarasowo. Powstanie tych pseudotarasowych powierzchni spowodowane zostało dużym zsuwem strukturalnym gruntów czwartorzędowych po powierzchni stropu plicocenu. Na odcinku tym w wypadku braku zabezpieczeń spiętrzenie spowoduje szybki rozwój osuwisk, które zachodzą będą do chwili utworzenia platformy przybrzeżnej. Skarpa tego odcinka jest niestabilna. Obserwowane ruchy masowe związane są z wahaniami zwierciadła wody w Wiśle.

Odcinek II charakteryzuje się występowaniem dużej ilości starych nisz insekwentnych i asekwentnych osuwisk, które nakładając się na siebie tworzą w morfologii system tarasowatych stopni. Wyróżnić można wyraźne cztery stopnie, ale daje się zaobserwować również szereg mniejszych form. Generalny kąt nachylenia zbocza na tym odcinku wynosi $15-20^\circ$, zaś zboczy poszczególnych stopni około 45° . Wysokość stopni jest różna i wynosi 3—13 m. W zakleśnięciach powstających na górnych powierzchniach stopni często występuje woda tworząc jeziora i podmokłości. Koluwia przy brzegu Wisły w strefie 20—30 m od brzegu podlegają obecnie spływom.

Odcinek III rozciąga się wzdłuż starego miasta. Zbocze na tym odcinku o wysokości 45 m tworzy powierzchnię o ogólnym kącie nachylenia $32-34^\circ$. Powierzchnia ta urozmaicona jest niewielkimi wcięciami ablacyjnymi oraz obrywami.

Obecny stan częściowej stabilizacji skarpy zawdzięcza pracom regulacyjnym, wykonanym ongiś na Wiśle (ostrogi, nabrzeża) oraz pracom porządkowym na skarpie, a więc złagodzeniu i wyrównaniu nierówności, odprowadzeniu wód powierzchniowych i umocnieniu skarp roślinnością. Zbocze na odcinku III znajduje się obecnie w fazie stabilizacji, lecz na obszarach leżących na wysoczyźnie i znajdujących się w pewnej odległości od krawędzi skarpy, obserwuje się odkształcenia terenu przejawiające się w spełnieniu budynków. Warstwa piasków interglacjału wielkiego o dużej miąższości, która znajduje się

w poziomie obecnych i przyszłych wahań zwierciadła wody w Wiśle stanowi doskonały fundament dla skarpy i bardzo korzystnie wpływa na jej stateczność. Obserwowane obecnie powierzchniowe ruchy masowe odbywają się głównie w koluwjach.

Odcinek IV. Zbocza na tym odcinku mają wysokość od 35 do 42 m. Profil zbocza na całym odcinku wskazuje dwudzielność, a mianowicie u góry występuje 6—12 m odcinek pionowej ściany, poniżej zaś odcinek skarpy nachylony pod kątem $40^\circ-46^\circ$ złożony z materiału koluwialnego.

Na całym odcinku widoczne są w morfologii ślady dawnych osuwisk, z tego dwie duże nisze są młodsze i głębiej wcięte w zbocze. W niszach tych stwierdzono, na podstawie płytów pokrywy roślinnej na płótkach osuwiskowych, płytkie występowanie wód gruntowych, co świadczyłoby o predysponowaniu tych osuwisk przez wody gruntowe.

Na odcinku IV w chwili obecnej obserwuje się obrywy rozwijające się na górnych pionowych odcinkach. Brak erozji bocznej rzeki zezwolił na częściową stabilizację dolnych odcinków skarpy, bo tylko podczas wielkich wód pod skarpe podchodzi woda.

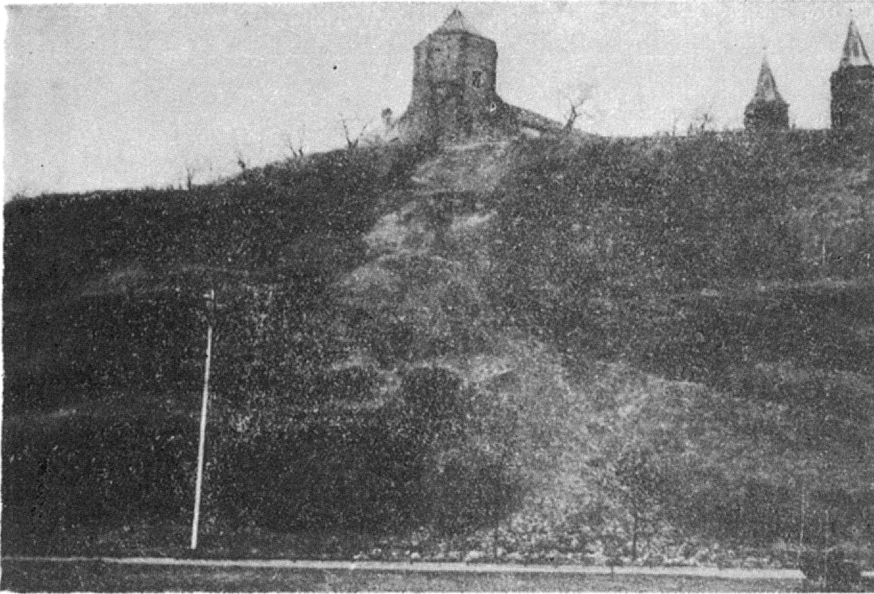
Wykonane pomiary i zdjęcia fotogrametryczne opisanych odcinków zostały opracowane na stereoautografii i steroplanigrafii w Zakładzie Kartografii Geologicznej UW. Opracowanie wykonano w postaci: 1) planów warstwicznych wybranych form powierzchniowych ruchów masowych, 2) przekrojów w skali 1:25, 1:50 wykonywanych przez zbocza co 10—20 m wzdłuż wytypowanych kierunków, 3) fotointerpretacyjnych porównań zdjęć z różnych lat. Wyniki badań zawiera tabela.

Wyniki badań potwierdzają słuszność podziału skarpy na omówione odcinki, którego dokonano na podstawie przesłanek geologicznych bez udziału fotogrametrii. Na wydzielonych odcinkach stwierdzono wyraźnie zróżnicowaną intensywność i różny charak-



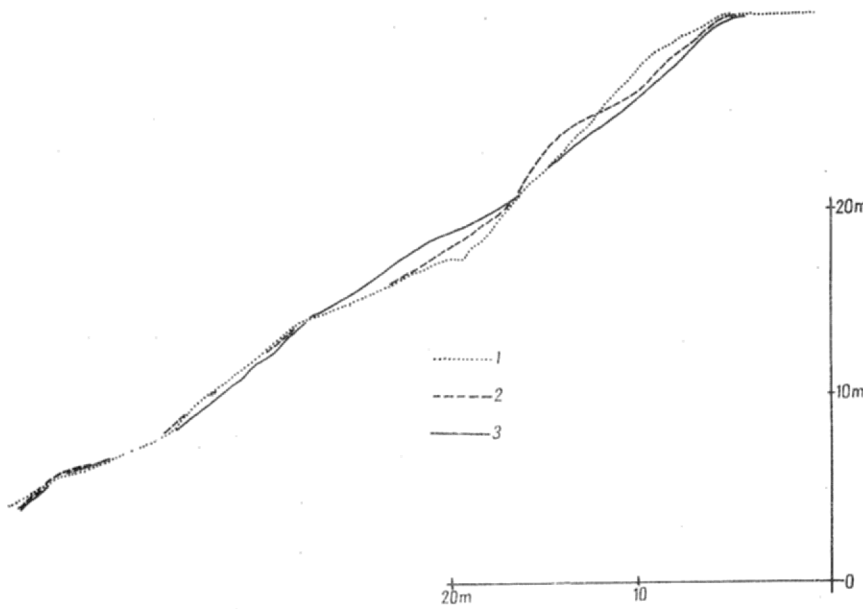
Ryc. 1. Deformacje przygotowujące osuwisko, skarpa pod Domem Turysty wiosną 1967 r.

Fig. 1. Deformations preparing a landslide; slope near the Tourist Home in the spring 1967.



Ryc. 2. Osuwisko poniżej Wieży Szlacheckiej w kompleksie Zamku Płockiego, wiosna 1967 r.

Fig. 2. Landslide below Wieża Szlachecka within the complex of Płock castle; spring 1967.

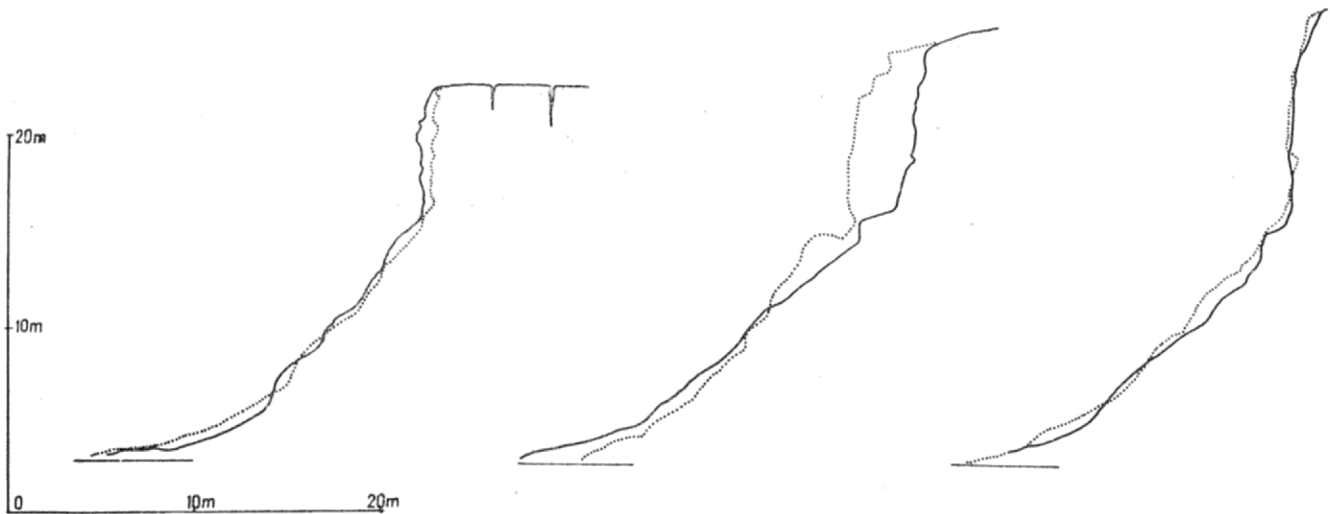


Ryc. 3. Profile powierzchni terenu z różnych lat przez osuwisko poniżej Wieży Szlacheckiej.

1 — powierzchnia terenu w 1963 r.,
2 — powierzchnia terenu w 1966 r.,
3 — powierzchnia terenu w 1967 r. po osuwisku.

Fig. 3. Cross sections of terrain surface through landslide during various years, below Wieża Szlachecka.

1 — terrain surface in 1963, 2 — terrain surface in 1966, 3 — terrain surface in 1967 after landslide.



Ryc. 4. Charakter zmian profilu zbocza na odcinku I.

..... profil zbocza w 1963 r., — profil zbocza w 1967 r.

Fig. 4. Character of changes in the profile of slope in sector I.

..... profile of slope in 1963, — profile of slope in 1967.

WSKAŹNIKI POWIERZCHNIOWYCH RUCHÓW MASOWYCH NA TERENIE WISŁY W PŁOCKU OBLICZONE
DLA OKRESU 1963-1967

Odcinek	% powierzchni objętej zmianami (uwagi)	ubytki (obrywy, osuwiska)	ruchy przygotowawcze i płytkie pełznięcia	bezpośrednia erozja rzeczna	przesunięcie górnej krawędzi
I. Maszt — Grabów	100% (met. stałych profilów i paralaksy czasowej)	5400 m ³ (15,9% obrywy)	7,6%	75,5% (3600 m ³)	60 cm
II. Maszt — jar ulicy Mostowej	7,9% (met. paralaksy czasowej i fotointerpretacja)	praktycznie 0 m ³ (0% — brzeg ochroniony opaską)	7,9%	—	0 cm
III. Jar ulicy Mostowej — Jar Kazimierza Wielkiego	20,8% (met. j. w.)	100 m ³ (0,6% obrywy)	20,2%	—	praktycznie 0 cm
IV. Jar Kazimierza Wielkiego — Brzeźnica	15,6% (met. j. w.)	700 m ³ (6,1% obrywy)	9,5%	—	10 cm

ter powierzchniowych ruchów masowych. Jako charakterystyczne wskaźniki dla oceny dynamiki zmian i przekształcania zboczy przyjęto:

- procent powierzchni terenu objętego zmianami w stosunku do powierzchni całego odcinka. Obliczenia tych powierzchni dokonywano planimetrując zaznaczone na zdjęciach obszary, w których następowały na przestrzeni kolejnych lat zmiany położenia punktów lub ubytki mas. Dokładność oceny zmiany położenia punktów zależna od odległości fotografowania wynosiła średnio ± 5 cm, wykonywane były metodą tzw. „paralaksy czasowej”, to znaczy wykonywano obserwacje porównawcze zdjęć z różnych lat. W jednym przypadku ze względu na brak odpowiednich zdjęć z jednej bazy obejmujących cały odcinek czasu oceny dokonano metodą fotointerpretacji.
- drugim wskaźnikiem, który wyznaczono, był procent powierzchni skąpy z zarejestrowanymi ubytkami mas wywołanymi osuwiskami lub obrywaniami; określono też masę tych ubytków. Podobnie potraktowano skutki erozji bocznej rzeki obliczając procent powierzchni skarpy, na której zarejestrowano ubytki mas oraz masy wyniesionej ze skąpy przez rzekę materiału.
- trzecim wskaźnikiem zarejestrowanym i obliczonym są ruchy przygotowujące osuwiska i płytkie spływy oraz spełyzywania — charakteryzujące się brakiem dotychczas wyraźnej powierzchni poślizgu (ryc. 1). Deformacje wywołane tymi ruchami od 5 do 60 cm mają charakter ciągły — granice obszarów, które doznały przemieszczenia bardzo często są niewyraźne. Tak np. osuwisko poniżej Katedry powstałe w 1966 r., które objęło ok. 100 m³ mas gruntów jeszcze w 1965 r. wyglądało jako odkształcenie przygotowawcze. (ryc. 2 i 3).

Ważnym efektem opracowania było poznanie charakteru i rozmiarów ruchów na poszczególnych odcinkach (ryc. 4).

Na odcinku zbocza młodego (I, IV) proces naturalnego przekształcania skąpy przebiega poprzez powstawanie kolejnych obrywów, w których jednorazowo bierze udział 5—200 m³ gruntu oraz przez powolne osypywanie i zmywanie drobniejszych mas ze skarpy. Na odcinku miejskim II i III, gdzie zbocza są względnie ustabilizowane proces ten ma inny charakter, mianowicie początkowo powstają deformacje przygotowawcze, a następnie, jak świadczy o tym cytowany przykład (ryc. 2 i 3), rozwinąć się mogą tu osuwiska.

Ciekawym efektem uchwyconym w niniejszych badaniach jest niewątpliwa zmiana położenia północnej części Domu Turysty rzędu 2—3 cm. Wydaje się jednak, że zaobserwowane odkształcenie nie jest jeszcze sygnałem niebezpieczeństwa. Dodatkowym efektem zastosowania fotogrametrii do oceny procesów zboczowych jest możliwość uzyskania tą tanią metodą dużej ilości precyzyjnych profili skarpy.

Uzyskane dotychczasowe wyniki badań pozwalają sądzić, że na tej drodze uwzględniając wpływ całego zespołu warunków naturalnych będzie można dokonywać ścisłych inżyniersko-geologicznych prognoz rozwoju i stateczności zboczy — co będzie miało niewątpliwie znaczenie podczas prowadzonych prac nad budową kaskady Wisły.

LITERATURA

- Ostaficzuk S., Wysokiński L. — Badania fotogrametryczne w Płocku. Mat. LVI Sesji IG W Gdańsku 1966 r.
- Ostaficzuk S. — Fotogrametryczne metody badania osuwisk XXXIII Konf. N-T Stow. Geod. Pol. Katowice 1965.
- Wysokiński L. — Wpływ spekań w glinach zwałowych na stateczność skarpy wiślanej w Płocku na tle analizy aktualnych powierzchniowych ruchów masowych. Biul. geol. UW 1967.

SUMMARY

The researches of the right slope of the Vistula river valley made in the region of Płock using stationary photogrammetric surveys, have been carried on since 1963.

The following are coefficients necessary for quantitative determination of the dynamics of processes on the slope in study:

- Percentage of the terrain surface covered with changes,
- Percentage of the terrain surface with diminution of mass,
- Percentage of the terrain surface covered with shallow landslides and preliminary movements.

The accepted coefficients allow to distinguish areas of various character and dynamics of the processes that take place on the slopes, and make possible to prognosticate the further development of a slope.

РЕЗЮМЕ

С 1963 г. ведутся наблюдения на правом склоне долины р. Вислы в районе г. Плоцка включающие стационарную фотограмметрическую съемку.

Для количественной характеристики динамики склоновых процессов были приняты следующие показатели:

1. Процент поверхности, охваченный изменениями.
2. Процент поверхности с потерей массы.
3. Процент поверхности, охваченной неглубокими оползнями и подготовительными движениями.

Принятые показатели позволяют определить участки с различным характером и динамикой склоновых процессов и облегчают прогнозирование развития склоновых процессов.