

**Dorota GRZESIAK**

Wydział Budownictwa, Architektury i Sztuk Stosowanych, Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach  
ul. Rolna 43, Katowice; e-mail: [wst.dorota.grzesiak@gmail.com](mailto:wst.dorota.grzesiak@gmail.com)

**Janusz TRZEPIERCZYŃSKI**

Wydział Budownictwa, Architektury i Sztuk Stosowanych, Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach  
ul. Rolna 43, Katowice; e-mail: [janusz.trzepierzynski@gmail.com](mailto:janusz.trzepierzynski@gmail.com)

## **OCENA WPŁYWU BUDOWY PAWILONU TRÓJKONDYGNACYJNEGO NA UTRATĘ STATECZNOŚCI ZBOCZA W JASTRZĘBIU ZDROJU**

### STRESZCZENIE

Osuwisko rozwinęło się w trakcie budowy pawilonu trójkondygnacyjnego, który zlokalizowano na koronie zbocza o wysokości 12 m, w odległości 11,3 m od jego górnej krawędzi. Celem artykułu jest określenie przyczyn, które spowodowały utratę stateczności zbocza. Pawilon posadowiono na glinach pylastych (lessach) o wysokich parametrach fizyko-mechanicznych. Grunty te są wieku czwartorzędowego ze zlodowacenia północnopolskiego, w których erozja wąwozowa ukształtowała strome stateczne zbocza o współczynniku stateczności  $F_s \sim 2,0$  (program GEO 5 stateczność zbocza).

W wyniku utraty stateczności zbocza powstało osuwisko rotacyjne, asekwentne i detruzywne. Osuwisko utworzyło się z przyczyn antropogenicznych w przykrawędziowej strefie zbocza, takich jak kilkukrotne naruszenie struktury gruntu podczas prowadzenia prac budowlanych. Zmiana struktury gruntu sprzyjała jego nawodnieniu z sieciowej infrastruktury podziemnej oraz pod wpływem intensywnych i długotrwałych opadów atmosferycznych. Nawodnienie gruntu spowodowało obniżenie jego parametrów wytrzymałościowych i utratę stateczności  $F_s \sim 1,0$ .

### SŁOWA KLUCZOWE

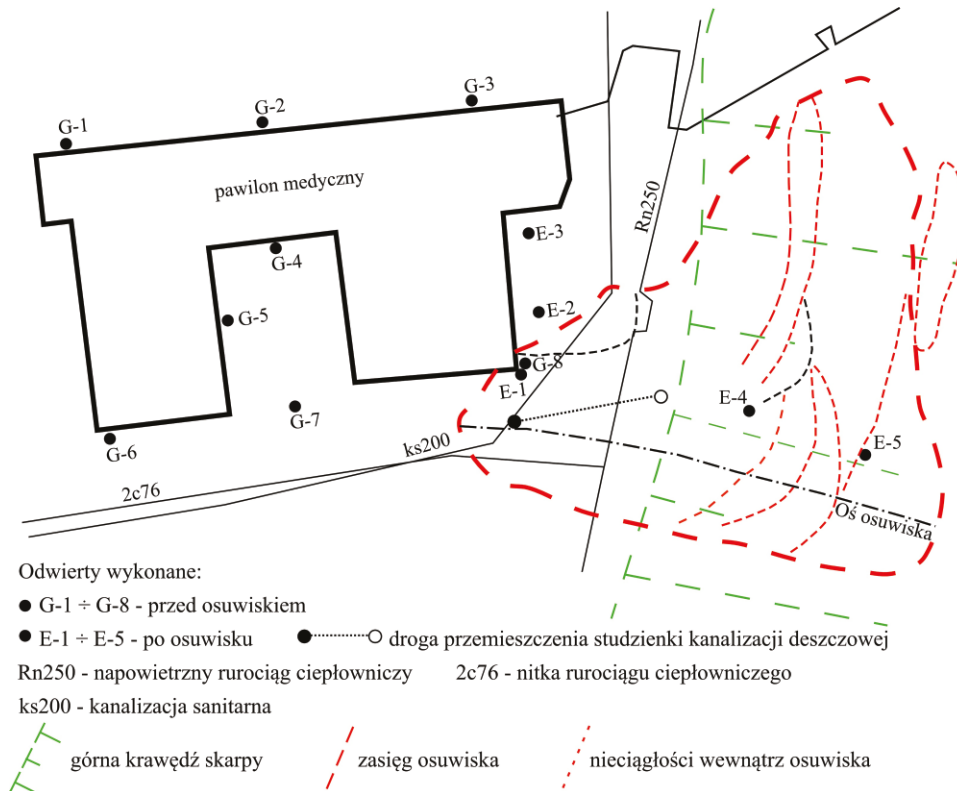
osuwisko, stateczność zbocza, lessy, roboty ziemne

### WPROWADZENIE

Zbocza kształtują się w rezultacie działania procesów endogenicznych (wnętrza Ziemi) i nałożonych na nie procesów egzogenicznych (zewnątrznych). Utworzone w trakcie rozwoju geologicznego stoki - poprzez samo istnienie - są przyczyną rozwoju w ich obrębie grawitacyjnych ruchów masowych, z których w naszym kraju największe znaczenie mają osuwiska. Osuwiska w obrębie zboczy i skarp są następstwem procesów geodynamicznych i oddziaływań antropogenicznych. Rozwój osuwisk modyfikuje powierzchnię Ziemi w dążeniu do równowagi izostatycznej litosfery. Dlatego występowanie ich należy traktować jako oczywiste [1]. Równocześnie wpływają bardzo niekorzystnie na zagospodarowanie terenu, ponieważ niszczą osiedla, drogi i pola uprawne oraz blokują doliny rzeczne [2, 3]. Na etapie planowania przestrzennego, człowiek może zabezpieczyć się przed działalnością destrukcyjną osuwisk nawet w szerokim zakresie, pod warunkiem stosowania metody prognozowania opartej na wnikliwej znajomości budowy geologicznej [1, 2, 3].

Z drugiej strony inżynierska działalność człowieka w strefie zboczy i skarp oraz obszarów przyległych, powoduje rozwój osuwisk antropogenicznych. Ta kategoria osuwisk jest bezpośrednio

związana z realizacją obiektów budowlanych, a w szczególności z jakością wykonywania robót ziemnych.



**Rys. 1.** Lokalizacja obiektu badań na zachodnim zboczu Parku Zdrojowego w Jastrzębiu-Zdroju.

**Fig. 1.** Location of the object of investigation at the west side of Park Zdrojowy in the city Jastrzębie-Zdrój.  
źródło: wszystkie rysunki i zdjęcia opracowane własne

W artykule przedstawiono osuwisko (rys. 1), które powstało w trakcie budowy pawilonu medycznego na koronie zbocza parku w Jastrzębiu Zdroju [1]. Celem artykułu jest:

- określenie przyczyn utraty stateczności zbocza w kontekście geologiczno-budowlanym,
- wskazanie na brak zrozumienia budowy geologicznej przedmiotowego obszaru przez projektanta i wykonawcę, których działania mogły zapobiec rozwojowi przemieszczeń osuwiskowych,
- ocena zastosowanych działań naprawczych.

Pawilon medyczny zaprojektowano jako trójkondygnacyjny budynek w technologii tradycyjnej ze ścianami murowanymi z elementów drobnowymiarowych, stropami żelbetowymi i dachem w konstrukcji drewnianej [4, 5]. Fundament wykonano w postaci schodkowych ław żelbetowych oddzielonych uskokami o amplitudzie 50 cm. Szerokość ław fundamentowych pod budynkiem wynosi 60, 80 i 120 cm - w rejonie osuwiska 80 i 120 cm. Najbardziej obciążone słupy konstrukcji nośnej stropów nad pierwszą kondygnacją opierają się na stopach żelbetowych posadowionych na głębokości 1,2 m p.p.t., zmonolityzowanych z ławami fundamentowymi.

Klatkę schodowo-windową zaprojektowano i wykonano na płycie żelbetowej o grubości 0,4 m. Fundamenty posadowiono na warstwie betonu podkładowego C 12/15 grubości 10 cm, na którym wykonano izolację poziomą z 2 warstw papy termozgrzewalnej. Powierzchnie odziemne stóp, ław i ścian fundamentowych zaizolowano powłokowo masą bitumiczną i zabezpieczono folią kubełkową. Fundamenty wykonano z betonu klasy C16/20 i stali klasy A-III [4, 5]. Budynek zdylatowano na dwa segmenty poprzez dwie równoległe ściany (słupy, belki) rozsunięte o 5 cm i oparte na wspólnej ławie fundamentowej. Segment I budynku jest niepodpiwniczony, natomiast segment II jest podpiwniczony [4,5]. W części kontaktującej z osuwiskiem piwnice są częściowo

zagłębione w gruncie.

### 1. Położenie pawilonu na tle struktury geologicznej podłoża.

#### Budowa geologiczna

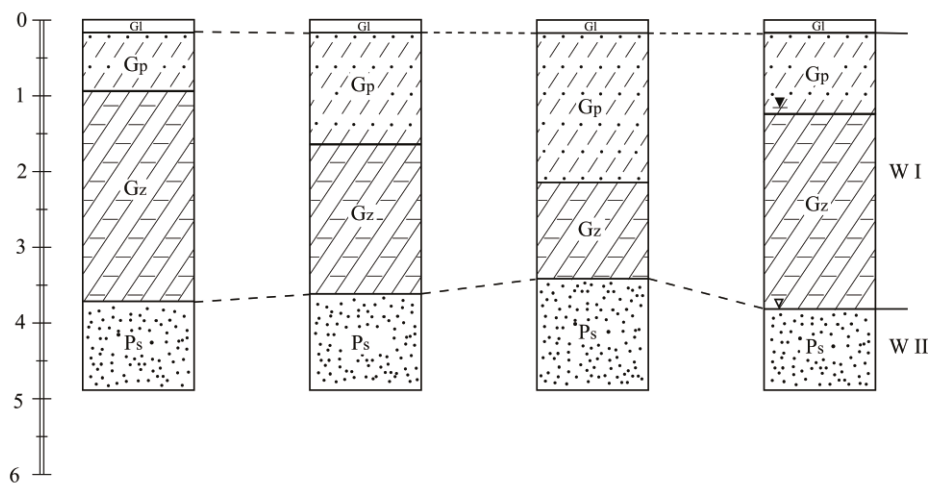
Pawilon medyczny posadowiono na koronie zachodniego zbocza Parku Zdrojowego w odległości 11,3 m od jego górnej krawędzi (rys. 1), na glinach pylastych (lessach) wieku plejstoceńskiego z okresu zlodowacenia północnopolskiego (fot. 1),

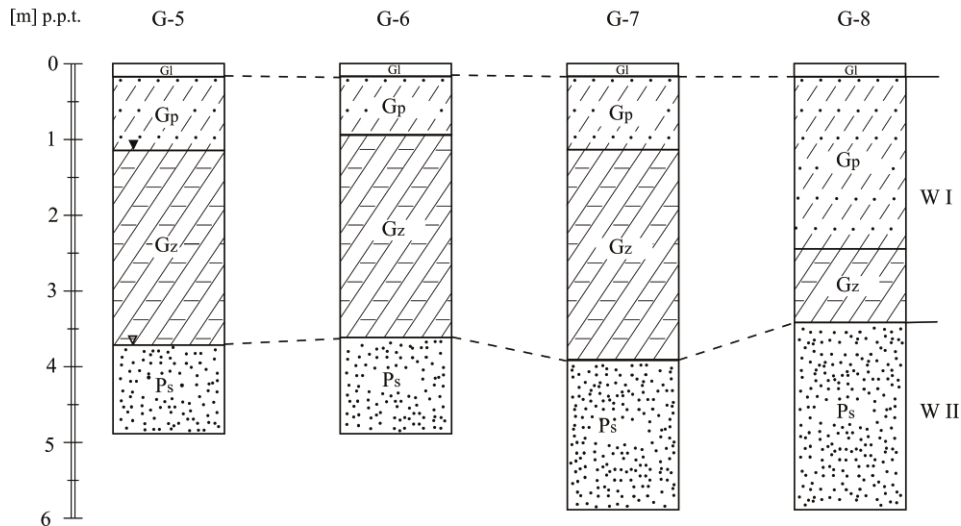


Fot. 1. Gлина pylasta w wykopie fundamentowym – warstwa I

Fot. 1. Silt in the ground – work pit – layer I

które leżą na piaskach, żwirach i glinach wodnolodowcowych zlodowacenia środkowopolskiego [6]. W dolinach rzek i cieków znajdują się holocenne mułki, piaski i żwiry rzeczne. Pod kompleksem utworów czwartorzędowych o sumarycznej miąższości

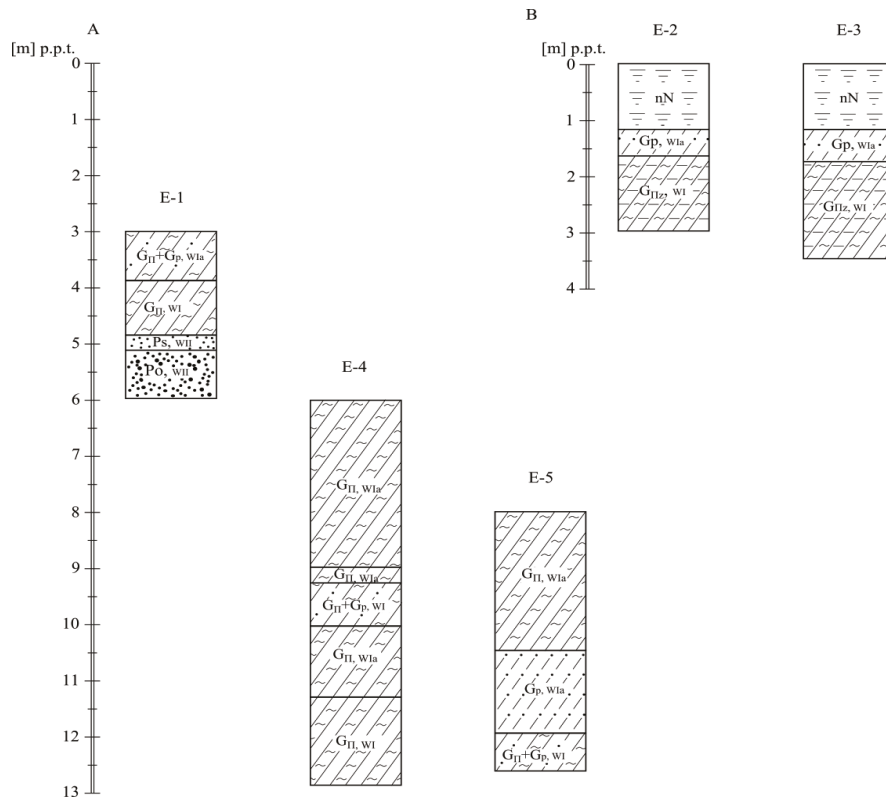




Rys. 2. Profile odwiertów geotechnicznych wykonanych przed powstaniem osuwiska

Fig. 2. Geotechnical column before appearance of the landslide

od 30 do 60 m występują osady mioceneskie zapadliska przedkarpackiego, pod którymi znajdują się utwory węglonośnej formacji górnego karbonu zapadliska górnośląskiego [6]. Formacja węglonośna jest eksploatowana przez Jastrzębską Spółkę Węglową S.A. Ruch „Jas-Mos”. Badany teren objęto kategorią górnictwa „0” z zastrzeżeniem możliwości wystąpienia drgań gruntu pochodzenia górniczego o przyspieszeniu  $a_{max} = 80 \text{ mm/s}^2$ .



Rys. 3. Profile odwiertów geotechnicznych wykonanych po powstaniu osuwiska

Fig. 3. Geotechnical column after the landslide had appeared

Warunki gruntowo-wodne rozpoznano szczegółowo przed budową pawilonu w ramach opinii geotechnicznej [7] opracowanej na podstawie 8 otworów do głębokości 5 - 6 m (rys. 2) oraz po utworzeniu osuwiska wykonano 5 otworów (rys. 3). Na podstawie profili odwiertów pod glebą i nierównomiernie występującym nasypem niebudowlanym wyróżniono następujące warstwy geotechniczne [7, 8]:

#### Warstwa I

Mięszkość warstwy I zmniejsza się w kierunku wschodnim i wynosi od 3,8 m (otwór G-7) do 0,7 m (otwór E-5). Stanowią ją gliny pylaste zwięzłe jasnobrązowe i szare, pylasto-piaszczyste szare i szarobrązowe, mało wilgotne w stanie twaroplastycznym. Na jęzorze osuwiskowym w otworze E-4 wykonanym do głębokości 7 m, nie osiągnięto spągu tej warstwy (rys. 4).

#### Warstwa Ia

Jest to warstwa o miąższości od 0,6 (otwór E-3) do 4 m (otwór E-5). W otworze E-1, wykonanym 1,9 m poniżej dolnej powierzchni odśloniętej ławy fundamentowej (po powstaniu osuwiska), miąższość warstwy wynosi 0,9 m. Tworzy ją glina jasnoszarobrązowa, pylasta i piaszczysta w stanie plastycznym, w której wyróżniono kilka powierzchni nieciągłości (rys. 4). Warstwa Ia to przeobrażona część warstwy I pod wpływem nawodnienia, z której powstało koluwium.

#### Warstwa II

Warstwa II to pospółka (otwór E-1) oraz piasek średni żółtoszary, średnio zagęszczony, mokry. W piaskach lokalnie nawiercono wodę gruntową (otwory G-4 i G-5) na głębokości 3,8 i 3,9 m p.p.t., o zwierciadle napiętym, które ustabilizowało się na głębokości 1,2 m p.p.t.

Tab. 1. Parametry geotechniczne gruntów

Tab. 1. Geotechnical parameters of the ground

Parametr geotechniczny	Warstwa I głina pylasta zwięzła [wartość]	Warstwa I głina pylasta zwięzła [wartość]	Warstwa II piasek średni [wartość]
$I_L/I_D$	0,1	0,45	0,65
$w_n^{(n)}$	22%	25%	22%
$\rho^{(n)}$	2,0 t/m <sup>3</sup>	1,9 t/m <sup>3</sup>	2,0 t/m <sup>3</sup>
$c_u^{(n)}$	22 kPa	9,0 kPa	-
$\Phi_u^{(n)}$	16°	10°	3°
$M_o^{(n)}$	37 000 kPa	17 000 kPa	121 000 kPa
$M^{(n)}$	62 000 kPa	28 000 kPa	135 000 kPa
$E_o^{(n)}$	26 000 kPa	12 000 kPa	102 000 kPa
$E^{(n)}$	45 000 kPa	21 000 kPa	120 000 kPa

## 2. Geomorfologia

Projektowanie i budowa obiektu w strefie oddziaływania zboczy wymaga rozpoznania nie tylko warunków gruntowo-wodnych, ale również geomorfologicznych, ponieważ wpływają one na geotechniczne warunki posadowienia, a w wielu sytuacjach mogą odgrywać rolę decydującą.

Zachodnią granicę Parku Zdrojowego tworzy południkowe obniżenie o charakterze wąwozu, który rozwinął się w utworach spoiстых – lessach i glinach pylastych na skutek działania erozji wąwozowej. Głębokość wąwozu wynosi około 8-12 m przy nachyleniu zachodniej skarpy w granicach 15-35°. Forma ta należy do zmywowych utworzonych w wyniku działania wód opadowych, spływających linijnie, które powodują rozmywanie, wymywanie, wydzieranie i przenoszenie cząstek gruntu. Erozja wąwozowa jest kontynuacją erozji bruzdowej, ale o intensywniejszym natężeniu procesu, związanym z większą koncentracją spływu [9]. Rozmywaniu

i wynoszeniu materiału często towarzyszy erozja wsteczna oraz sufozja, która doprowadza do tworzenia zagłębień erozyjnych o różnej głębokości, długości i kształcie. Wąwóz ten należy do wysoczyznowych, które tworzą się pod wpływem erozji skoncentrowanych wód opadowych, rozcinających wstecznie pokrywę pylastą od krawędzi w kierunku działów wodnych. Główny rozwój struktury wąwozu nastąpił przed objęciem tego obszaru przez szatę roślinną a więc przed holocenem lub po usunięciu pierwotnej szaty roślinnej, wskutek oddziaływań antropogenicznych.

W konsekwencji erozji wąwozowej utworzyła się sucha dolina o dnie wąskim, niewyrównanym, małym spadku i stromych zboczach z niewielkim sączącym się po opadach ciekim. Zachodnie zbocze doliny jest porożcinane na ogół niegłębokimi wcięciami dolinnymi o profilu poprzecznym w kształcie litery V i stosunkowo dużym niewyrównanym spadku. Formy te reprezentują debrze, które rozwijają się na stokach stromych przeważnie zalesionych w obrębie gruntów gliniastych i piaszczysto-gliniastych. Debrze powstają na stokach długich, na których układają się równolegle względem siebie i prostopadle lub pod kątem do osi głównej doliny z reguły w obszarach ponadźródłowych. Geneza debrzy jest związana z okresową działalnością erozyjną wód deszczowych i roztopowych. Są to produkty erozji żłobieniowo-wąwozowej [9], której towarzyszą przemieszczenia grawitacyjne. Debrze na ogół mają duży spadek, koncentrują duży spływ i zmyw przemieszczający duże ilości materiału zwietrzelinowego. Proces ten doprowadza do rozczłonkowania powierzchni stoków do ich fragmentacji i degradacji. W dalszym rozwoju debrze przechodzą we wciosy. Przedstawione formy morfologiczne zbliżają się do zabudowanych działek na koronie zbocza i mogą wywierać wpływ na ich stateczność. Reasumując, procesy które kierują rozwojem stoków nie powinny być pomijane przy ocenie warunków gruntowo-wodnych oraz na etapach projektowania i realizacji budowli, zwłaszcza w obszarach o dynamicznym rozwoju geomorfologii terenu.

### 3. Budowa osuwiska i analiza stateczności zbocza

W osuwisku wyróżniono następujące główne elementy strukturalne: niszę osuwiskową, jęzor osuwiskowy i garb przedosuwiskowy oraz rynnę osuwiskową zakrytą przez koluwium.

Nisza osuwiskowa tworzyła asymetryczną powierzchnię wklęsłą pomiędzy budynkiem a ogrodzeniem sąsiedniej działki o amplitudzie obsunięcia około 3,5 m (fot. 2, 3, 4). Jęzor osuwiskowy był asymetryczny z podziałem na dwa tarasy wyższy i niższy [8, 10]. Granicę pomiędzy tarasami stanowiły rozpadliny i szczeliny rozwinięte na wychodniach powierzchni poślizgu. Na jęzorze osuwiskowym drzewa zostały powalone w kierunku zachodnim, czyli przeciwnym względem przemieszczanych mas gruntu. Natomiast w strefie czołowej osuwiska, w kierunku wschodnim czyli zgodnie z transportem mas gruntu [8, 10].



Fot. 2. Nisza osuwiskowa ze zniszczoną infrastrukturą podziemną

Fot. 2. Landslide scar and destroyed underground waterworks



**Fot. 3.** Nisza osuwiskowa pod ławą fundamentową  
**Fot. 3.** Landslide scar under continuous footing



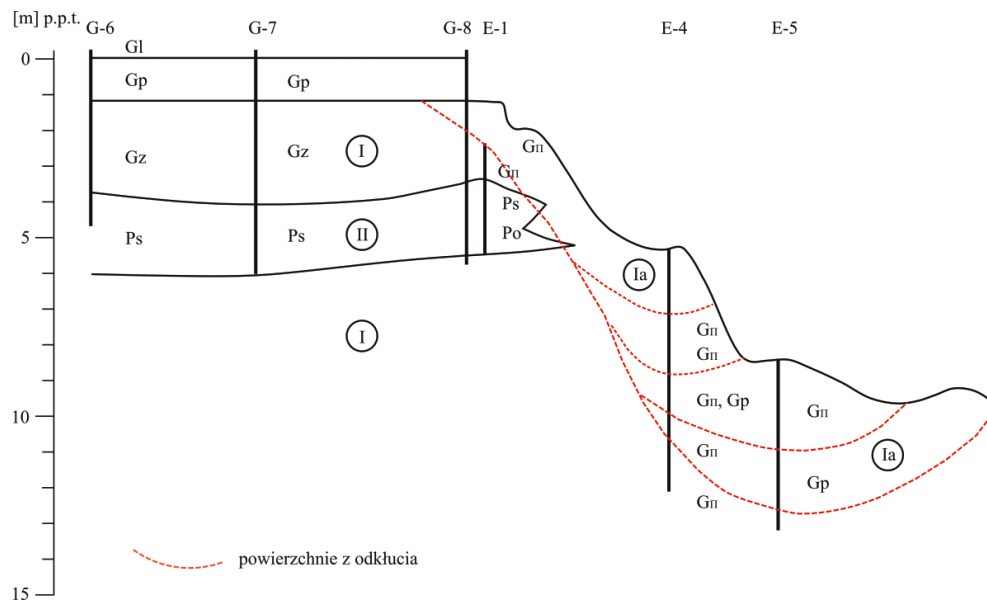
**Fot. 4.** Trasa przemieszczenia studzienki w niszy osuwiskowej  
**Fot. 4.** The route of the well running along landslide scar

Garb przedosuwiskowy to wypiętrzony fragment podłoża gruntowego w strefie frontalnej osuwiska (fot. 5). Równocześnie z wypiętrzaniem garbu następował rozwój w jego obrębie szczelin tensyjnych. W trakcie wypiętrzania, drzewa po północnej stronie garbu uległy odchyleniu od pionu w kierunku wschodnim, natomiast po stronie południowej w kierunku zachodnim (fot. 5).



**Fot. 5.** Garb przedosuwiskowy ze szczelinami tensyjnymi  
**Fot. 5.** Forelandslide hump with open tension fracturing

Identyfikacja powierzchni poślizgu w gruntach jednorodnych takich jak na analizowanym terenie jest bardzo trudna do przeprowadzenia. Na podstawie prac wiertniczych wykonanych po rozwoju osuwiska powierzchnię poślizgu zidentyfikowano pomiędzy gliną twar doplastyczną i plastyczną (otwory E-1, E-4, rys. 4) oraz w obrębie gliny plastycznej (otwór E-5). Lokalnie wzdłuż tej powierzchni stwierdzono smugi roztartej gleby [8, 10].



**Rys. 4.** Przekrój geotechniczny przez osuwisko  
**Fig. 4.** Geotechnical crossection of the landslide

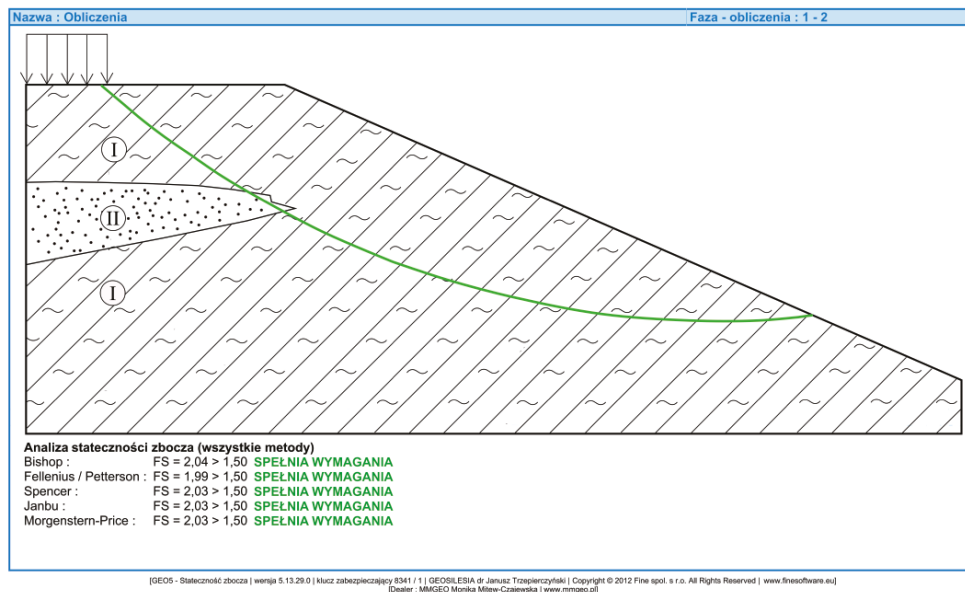


Budowa geologiczna oraz parametry wytrzymałościowe gruntów (rys. 2, tab.1) w przykrawędziowej strefie zbocza, na etapie projektowania obiektu, wskazywały na zbocze stateczne. Potwierdza to analiza stateczności wykonana programem GEO 5 – stateczność zbocza, na podstawie której obliczony współczynnik stateczności wynosi  $F_s \sim 2,0 > 1,5$  (rys. 5).

Proces osuwiskowy rozwija się w trzech stadiach: przygotowania, ruchu i stabilizacji [3, 11]. W stadium przygotowania następuje wzrost naprężeń, których powierzchniowym objawem są szczeliny i spękania. Obecności takich powierzchni nieciągłości nie stwierdziły osoby prowadzące wówczas budowę pawilonu medycznego. Stadium przygotowania może być nie do rozdzielenia od stadium głównego [3, 11, 12], zwłaszcza przy braku szczegółowych pomiarów geodezyjnych. Skłon zbocza jako całość pozostaje wówczas nieruchomy, natomiast lokalnie w jego obrębie zachodzą przemieszczenia w gruncie bez objawów zewnętrznych.

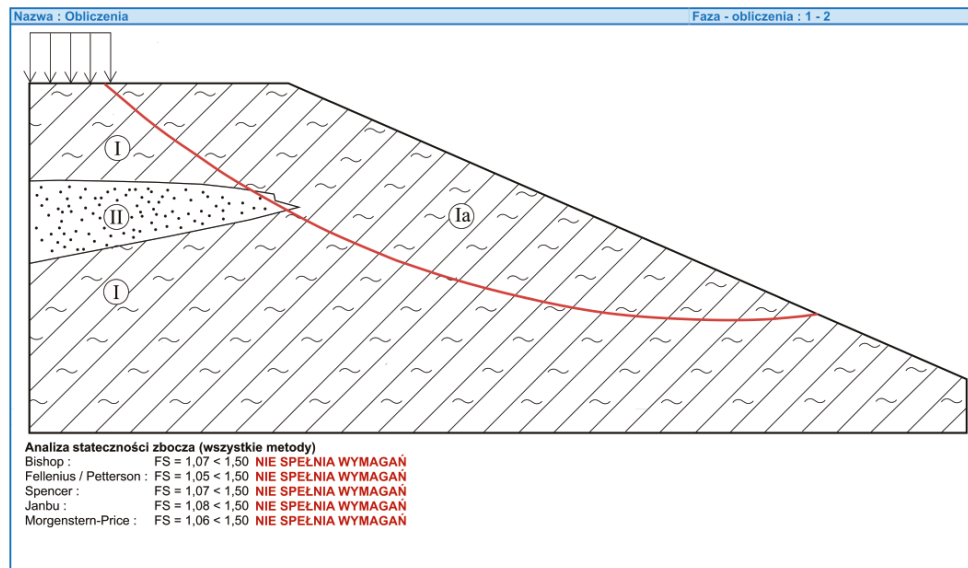
Stadium główne charakteryzuje się jednoczesnym oderwaniem masy gruntu jako całości w postaci zsuwającego się klina. Koluwium w górnej części jęzora osuwiskowego było wykształcone w postaci gruntu wymieszanego, natomiast w dolnej jego części struktura wewnętrzna gruntu została zachowana w postaci odkłutych skib tworzących charakterystyczne zerwy (rys. 4). Jest to osuwisko rotacyjne, asekwentne i detruzywne.

W stadium końcowym w ciągu kilku dni, następowało osiadanie koluwium co oznaczało osiągnięcie stanu równowagi nowo ukształtowanego zbocza.



**Rys. 5.** Analiza stateczności w programie GEO5- przed powstaniem osuwiska

**Fig. 5.** Analysis of the stability (GEO5 programme) before appearance of the stability



Rys. 6. Analiza stateczności w programie GEO5- po powstaniu osuwiska

Fig. 6. Analysis of the stability (GEO5 programme) after the landslide had appeared

Utrata stateczności nastąpiła po obniżeniu parametrów wytrzymałościowych warstwy I w szczególności kąta tarcia wewnętrznego i spójności. Potwierdza to wartość współczynnika stateczności, który wynosi  $F_s \sim 1,0 < 1,50$  (rys. 6) dla zbocza z uwzględnieniem parametrów wytrzymałościowych warstwy Ia (tab. 1).

#### 4. Przyczyny powstania osuwiska

W trakcie prowadzenia budowy i przebudowy przewodów: ciepłowniczych, kanalizacji deszczowej oraz sanitarnej, wielokrotnie naruszano strukturę gruntu rodzimego co spowodowało osłabienie zbocza w strefie przykrawędziowej.

##### Rurociąg ciepłowniczy

Napowietrzny rurociąg ciepłowniczy Rn 250, od którego odchodzi nitka 2c76 zbudowano nieco poniżej górnej krawędzi skarpy na spłaszczeniu zbocza. W trakcie budowy nitki 2c76 (inf. wywiad środowiskowy) uszkodzono przewody drenarskie. Dowodem na to są liczne fragmenty zniszczonych drenów zawarte w glinie. Woda z uszkodzonego przewodu drenarskiego infiltrowała w rozluźniony pracami ziemnymi grunt oraz spływała po powierzchni, na której żłobiła rynnę erozyjną „umacnianą” prowizorycznie gruzem budowlanym. Rurociąg Rn 250 na odcinku objętym osuwiskiem został zniszczony.

##### Kanalizacja deszczowa

Wzdłuż budynku przy ścianie poprowadzono przewód kanalizacji deszczowej z rynien i z krtek ściekowych, które uchodzą do studzienek chłonnych umieszczonych po północnej stronie budynku przy krawędzi skarpy. Jęzor osuwiskowy przemieścił studzienkę kanalizacji deszczowej o około 11 m.

##### Kanalizacja sanitarna

Studzienka kanalizacji sanitarnej w trakcie osuwiska uległa uszkodzeniu. Ze studzienki następowało wylewanie się „czystej” wody opadowej. Nie wyklucza się również wcześniejszego uszkodzenia studzienki i wskutek jej nieuszczelnienia przecieku wody do gruntu.

Zastosowane obsypki piaszczystej kanalizacji deszczowej i sanitarnej oraz fundamentów

rurociągu ciepłowniczego Rn 250 stworzyły przestrzenny system drenowania terenu i przepływu wód infiltrujących oraz gruntowych w strefę przykrawędziową zbocza. Ponadto nawodnienie tej strefy zostało wzmożone długotrwałymi intensywnymi opadami atmosferycznymi w dniach poprzedzających powstanie osuwiska. Obfite nawodnienie gruntu spowodowało wzrost ciśnienia wody w pospółce i piaskach, które oddziałując na wyżej położone gliny (warstwa I), ułatwiło rozwój powierzchni poślizgu. Systematyczne nawadnianie gruntów w strefie przykrawędziowej doprowadziło do zmiany stosunków wodno-koloidalnych w glinie (fot. 6, 7), a w konsekwencji do obniżenia jej parametrów wytrzymałościowych i utraty stateczności zbocza. Przemieszczenie się kolumwium odspojonego w niszy osuwiskowej zostało przyhamowane na przewodach naziemnej instalacji ciepłowniczej (fot. 8). Detruzywny rozwój osuwiska pod wpływem zwiększania nacisku mas gruntu odspojonych z niszy osuwiskowej na nasiąkniętą wodą glinę przedpola powodował w dolnej części zbocza ich odspajanie i grawitacyjne ześlizgiwanie. Poszczególne odspojone fragmenty zbocza utworzyły na jego skłonie charakterystyczne zerwy, których nacisk wypiętrzył garb przedpola.



**Fot. 6.** Kolumwium - spękania w glinie pylastej  
**Fot. 6.** Colluvium – fissures in silt



**Fot. 7.** Kolumwium - szczeliny w glinie pylastej  
**Fot. 7.** Colluvium – fracturing in silt



**Fot. 8.** Zniszczony odcinek napowietrznego rurociągu ciepłowniczego Rn 250

**Fot. 8.** Destroyed part of the aerial heating pipeline Rn 250

### 5. Prace naprawcze osuwiska

Prace naprawcze w obrębie osuwiska wykonano w dwóch etapach. W etapie pierwszym wypełniono strefę niszy osuwiskowej gruntem antropogenicznym złożonym z łupka nieprzepalonego, a także piaskiem i gliną (fot. 9). W drugim etapie wykonano prace na zboczu osuwiska, które polegały na usunięciu drzew, nadmiaru gruntu i wyrównaniu zbocza oraz założeniu dwóch nitek drenażu północnego i południowego (fot. 10). W ramach przeprowadzonych prac nie uwzględniono wzmocnienia strefy niszy osuwiskowej konstrukcją z gruntu zbrojonego [13, 14]. Zastosowanie takiej konstrukcji umożliwiłoby uzyskanie przestrzeni użytkowej na koronie skarpy pomiędzy budynkiem a jej górną krawędzią oraz zabezpieczyłoby przed reaktywacją procesu osuwiskowego.



**Fot. 9.** Korona zbocza po rekultywacji

**Fot. 9.** Top of the slope after restoration



**Fot. 10.** Zbocze po rekultywacji  
**Fot. 10.** Slope after restoration

Natomiast w strefie jęzora osuwiskowego działania naprawcze należało ograniczyć tylko do zasklepienia otwartych szczelin glebą i w ten sposób zabezpieczenia ich przed doływem wód atmosferycznych, ponieważ osuwisko przywróciło grawitacyjną stateczność zbocza.

## 6. Wnioski

Rozpoznanie budowy geologicznej zachodniego zbocza Parku Zdrojowego w Jastrzębiu Zdroju przed i po powstaniu osuwiska, sprofilowanie ścian wykopów budowlanych, wyniki marszrut geologiczno-kartograficznych oraz uwzględnienie przebiegu infrastruktury podziemnej prowadzą do następujących wniosków:

1. Pawilon trójkondygnacyjny posadowiono na koronie zbocza doliny wciosowej w odległości 11,3 m od jej górnej krawędzi (rys. 1). Budowa geologiczna miejsca inwestycji podobnie jak zboczy otaczających dolinę jest prosta reprezentowana głównie przez warstwę geotechniczną I, złożoną z gliny pylastej (less) zwięzłej w stanie twardoplastycznym (fot. 1). Grunty te tworzą strome stateczne zbocza wzdłuż zachodniej granicy Parku Zdrojowego, dla których obliczony współczynnik stateczności wynosi  $F_s \sim 2,0$  (rys. 5).
2. W obrębie warstwy I występuje warstwa II wykształcona jako pospółka i piaski średnie o miąższości 2,5 m (rys. 4). Przed rozpoczęciem budowy piaski były mało wilgotne, natomiast po utracie stateczności nawodnione. Na zboczach doliny brak wychodni tych piasków, a zatem warstwa II ulega wyklinowaniu w kierunku zbocza skarpy (rys. 4)
3. Utrata stateczności nastąpiła przy obniżeniu współczynnika stateczności do  $F_s \sim 1,0 < 1,5$  (rys. 6). Główną przyczyną utraty stateczności zbocza było naruszenie struktury gruntu podczas prac budowlanych wykonanych w celu ułożenia przewodów liniowych kanalizacji deszczowej, sanitarnej i przewodu ciepłowniczego oraz niesprawny drenaż. Rozluźnione strefy macierzystego gruntu i zasypki piaskowej oraz niespoistych gruntów warstwy II podczas intensywnych i długotrwałych opadów przekształciły się w „kanały” wzmożonej infiltracji wód. Wzrost nasycenia wodą macierzystych gruntów spoistych spowodował zmianę ich parametrów fizyko-mechanicznych wyrażonych utworzeniem warstwy Ia (fot. 6, 7).
4. Osuwisko pod względem strukturalnym zalicza się do rotacyjnego, asekwentnego o wklęsłej powierzchni poślizgu, która utworzyła się w poziomie odkucia gliny plastycznej od twardoplastycznej na głębokości około 3m p.p.t.. Gлина plastyczna zsuwała się po glinie twardoplastycznej w formie jęzora osuwiskowego (rys. 4). Osuwisko należy do kategorii detruzywnych, w którym przemieszczanie koluwium postępowało od góry do dołu.

5. Osuwisko spowodowało przywrócenie stanu równowagi pod względem stateczności analizowanego zbocza. Odbudowę zbocza przeprowadzono w sposób uproszczony. Strefę niszy osuwiskowej wypełniono gruntem antropogenicznym i rodzimym, a nawierzchnię utwardzono (fot. 10). Na zboczu osuwiska usunięto nadmiar gruntu, wyrównano zbocze oraz założono dwa przewody drenarskie (fot. 9). Wykonana odbudowa w szczególności w strefie niszy osuwiskowej pozbawia możliwości wykorzystania tego terenu dla celów komunikacyjnych, jak pierwotnie planowano, oraz nie stanowi pełnego zabezpieczenia przed nawrotem rozwoju procesu osuwiskowego w przyszłości. Poważne zastrzeżenia wzbudza estetyka prac budowlanych wykonanych dla likwidacji osuwiska w bezpośrednim sąsiedztwie Parku Zdrojowego.

6. Osuwisko należy do antropogenicznych, a więc spowodowanych oddziaływaniem człowieka na podłoże gruntowe. Do czynników tych należą:

- mała odległość obiektu od górnej krawędzi zbocza nie wzmocnionego konstrukcją oporową,
- nieprawidłowo wykonane posadowienie podziemnej infrastruktury liniowej w gruntach spoiстых,
- brak fachowego dozoru geologiczno-geotechnicznego umożliwiającego uchwycenie stadium przygotowania osuwiska.

#### Literatura:

- [1] Trzepierczyński, J.: Inżyniersko-geologiczne badania zboczy i skarp w aspekcie grawitacyjnych ruchów masowych. Mat. Szkol. PZITB Oddz. Bielsko-Biała. 2013.s.2-29
- [2] Wysokiński, L.: Metody prognozowania i zabezpieczania osuwisk. Awary Budowlane 2011. XXV Konferencja Naukowo-Techniczna, Międzyzdroje 24-27 maja 2011. s. 291-320.
- [3] Kowalski, W.C.: Geologia inżynierska, Warszawa: Wyd. Geol. 1988. s. 365-389
- [4] Projekt budowlany. Tom II. Konstrukcja. Projektant: mgr inż. Maciej Biegun. ALBIS Biuro Budowlane, 43-300 Bielsko Biała, ul. Batorego 13, marzec 2008
- [5] Projekt wykonawczy konstrukcji. Projektant: mgr inż. Maciej Biegun. ALBIS Biuro Budowlane, 43-300 Bielsko Biała, ul. Batorego 13, czerwiec 2008 r
- [6] Rytko, W., Paul, Z.: Mapa Geologiczna Polski w skali 1:200 000 ark. Cieszyn. Wyd. PiG. 1992.
- [7] Opinia geotechniczna określająca warunki gruntowo-wodne dla posadowienia pawilonu medycznego, miejscowość Jastrzębie Zdrój. Mgr inż. Mirosław Hojka. Przedsiębiorstwo Geologiczno-ekologiczne GRAFIT. 43-400 Cieszyn, ul. Bóźnicza 2, Cieszyn, maj 2007.
- [8] Trzepierczyński, J.: Ekspertyza geotechniczna dotycząca oceny stateczności stoku i metod jego zabezpieczenia przed osuwaniem na zachodniej skarpie Parku Zdrojowego w Jastrzębiu-Zdroju, GEOSILESIA, Katowice, czerwiec 2010. s. 2-24.
- [9] Klimaszewski, M.: Geomorfologia. Warszawa: PWN, 1978. s.194-322
- [10] Grzesiak, D.: Analiza wpływu budowy szpitala na powstanie osuwiska w zachodniej skarpie parku w Jastrzębiu Zdroju. Praca dyplomowa. Archiwum WST w Katowicach. 2011. s. 1-69
- [11] Wysokiński, L.: Ocena stateczności skarp i zboczy. Zasady wyboru zabezpieczeń. Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 424/2011, ITB Warszawa. 2011. s. 7-148. ISBN: 978-83-249-3257-3.
- [12] Wysokiński, L., Kotlicki, W., Godlewski, T.: Projektowanie geotechniczne według Eurokodu 7. Poradnik, ITB, Warszawa 2011. s. 269-278. ISBN. 978-83-249-4831-4.
- [13] Spyra, K., Dulski, M.: Projektowanie i roboty geoinżynierskie związane z zabezpieczaniem osuwisk – wyzwania i problemy. Geoinżynieria drogi mosty tunele, 5/2011. s. 44-46.
- [14] Kania, M.: Bezpieczne skarpy i zbocza. Geoinżynieria drogi mosty tunele, 1/2013. s. 28-33.

## **EFFECT OF LOSS OF THE SLOPE STABILITY IN THE CITY JASTRZĘBIE ZDRÓJ DUE TO CONSTRUCTION OF THREE - STORIED HIGH BUILDING**

### SUMMARY

The surface landslide developed in process of construction of three-storied high building located at the top of the slope of 12 m high and the distance 11,3 m of its upper edge. In the paper, some factors that implicated loss of the slope stability were described. Geologically, the slope is built of loesses of the Quaternary north-Poland glaciation of high physical and mechanical parameters. Steep stable slopes of  $F_s \sim 2,0$  (according to GEO 5 programme of slope stability) assumed a shape during the gully erosion. Rotary and detrusive landslide is the effect of loss of the slope stability caused by antropogenous activity at the edge zone of the slope, i.e. spoiling of soil structure in process of construction of building. Spoiled ground absorbed much more water of different sources of water – supply: ground water, water in underground waterworks, as well as rain water. Resistance paramethers of hydrated ground were changed and loss of stability down to  $F_s \sim 1,0$  then appeared.

### KEYWORDS

landslide, slope stability, loesses, earthworks