

Inwestor:

Miasto Płock
Stary Rynek 1
09-400 Płock

**Ekspertyza geologiczno-inżynierska terenu
zagrożonego osuwiskiem w rejonie ulic:
Kazimierza Wielkiego i Jasnej
na Skarpie Płockiej**

Miejscowość: Płock
Powiat: Płock
Województwo: mazowieckie

Zespół autorski:

mgr inż. Krzysztof Pilecki
geotechnik
upr. nr VI-0332

mgr inż. Andrzej Batog
geotechnik budowlany

Batog
mgr Doman Panek
hydrogeolog *Panek*
upr. nr V-1379

mgr Marcin Kościk
geolog *Kościk*

Prezes Zarządu:

zap. T. Barock
mgr Marek Adamek

Wrocław, styczeń 2000 r.

SPIS TREŚCI:

1.0. WSTĘP	3
1.1. <i>Podstawy formalne</i>	3
1.2. <i>Cel i zakres</i>	3
1.3. <i>Materiały wykorzystane w opracowaniu</i>	4
2.0. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ	4
2.1. <i>Położenie geograficzne, morfologia i hydrografia</i>	4
2.2. <i>Budowa geologiczna</i>	5
2.3. <i>Warunki hydrogeologiczne</i>	6
2.4. <i>Warunki geologiczno-inżynierskie</i>	6
3.0. OPIS ZASTOSOWANYCH METOD BADAWCZYCH	8
3.1. <i>Roboty wiertnicze</i>	8
3.2. <i>Sondowania geotechniczne</i>	8
3.3. <i>Badania laboratoryjne</i>	9
3.4. <i>Wydzielenie warstw geotechnicznych</i>	9
4.0. WYNIKI BADAŃ	10
4.1. <i>Charakterystyka osuwiska</i>	10
4.2. <i>Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne</i>	11
4.3. <i>Warunki geologiczno-inżynierskie</i>	12
5.0. OBLICZENIA ORAZ OCENA STATECZNOŚCI	15
5.1. <i>Metoda obliczeniowa</i>	15
5.2. <i>Schematy obliczeniowe</i>	16
5.3. <i>Wyniki obliczeń</i>	17
5.4. <i>Stateczność przekrojów obliczeniowych</i>	21
6.0. PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ	22
6.1. <i>Przyczyna powstania osuwiska</i>	22
6.2. <i>Prognoza rozwoju osuwiska</i>	23
6.3. <i>Wytyczne prac zabezpieczających</i>	23
7.0. WNIOSKI KOŃCOWE	25



SPIS ZAŁĄCZNIKÓW:

1. Mapa lokalizacyjna terenu badań w skali 1:17 400
2. Mapa dokumentacyjna w skali 1:500
3. Karty otworów geotechnicznych
4. Karty sondowań geotechnicznych
5. Archiwalne przekroje geologiczne
6. Przekrój geologiczno-inżynierski przez osuwisko
7. Szkic osuwiska w rejonie ul. Kazimierza Wielkiego
8. Przekroje geometryczne przez osuwisko
9. Tabele średnich wartości parametrów warstw geotechnicznych
10. Wyniki badań laboratoryjnych
11. Wykresy uziarnienia gruntu
12. Wykresy badania granic konsystencji gruntu
13. Dokumentacja fotograficzna osuwiska
14. Schematy obliczeń stateczności – rysunki

1.0. WSTĘP

1.1. Podstawy formalne

Niniejsza „Ekspertyza geologiczno-inżynierska...” wykonana została na zlecenie Miasta Płocka nr IM.7320/564/99, w trybie zamówienia z wolnej ręki, zgodnie z art. 71, ust. 1, pkt. 7 Ustawy z dnia 10.06.94 r. o zamówieniach publicznych (Dz. U. Nr 119/98, poz. 773), na podstawie umowy nr **169/G/99** z dnia 20.12.1999 r.

1.2. Cel i zakres

Celem niniejszego opracowania jest określenie aktualnego stanu stateczności, genezy oraz prognozy dalszego rozwoju osuwiska na skarpie przy ul. Kazimierza Wielkiego w Płocku. Dane te stanowiły podstawę określenia zakresu prac zabezpieczających

Zakres przeprowadzonych prac geologiczno-inżynierskich obejmował wykonanie:

- 5 otworów badawczych oraz ich opróbowaniu,
- sondowań geotechnicznych,
- badań laboratoryjnych próbek gruntu w celu oznaczenia parametrów fizykomechanicznych,
- pomiarów geometrii osuwiska.

Prace kameralne obejmowały zebranie i analizę materiałów archiwalnych, analizę wyników przeprowadzonych prac geologiczno-inżynierskich i badań laboratoryjnych oraz informacji zebranych w trakcie przeprowadzania wizji lokalnej.

Na ich podstawie dokonano:

- wyboru przekrojów obliczeniowych,
- doboru parametrów geotechnicznych poszczególnych warstw,
- wielowariantowych obliczeń stateczności skarpy.

1.3. *Materiały wykorzystane w opracowaniu*

1. „*Dokumentacja geologiczno-inżynierska do projektu technicznego budowy Zakładu Przepompowni Ścieków i rurociągów tłocznych przy ul. Wieczorka w Płocku*” – GEOPROJEKT Warszawa, 1985 r.
2. „*Przemieszczenia Skarpy Płockiej*” – Konferencja Naukowo-Techniczna, Płock, 22 maja 1998 r.
3. Tomasz Dąbrowski, Biuro Pomiarów i Map „Geodezja” – *informacja ustna* – Płock grudzień 1999 r.
4. „*Zarys geotechniki*” – Z. Wiłun, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1987 r.

2.0. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

2.1. *Położenie geograficzne, morfologia i hydrografia*

Pod względem geograficznym badany teren zlokalizowany jest na lekko falistej, glacialnej Wysoczyźnie Płockiej, w zachodniej części miasta Płock. Skarpa objęta badaniami położona jest powyżej ul. Kazimierza Wielkiego (dawnej ul. Wieczorka), a jej dolna krawędź przylega do ul. Kazimierza Wielkiego.

Pod względem morfologicznym badany teren charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem. Głównym elementem morfologicznym jest tu skarpa doliny Wisły o wysokości około 35 m, stanowiąca południową granicę Wysoczyzny Płockiej. Rzeźba skarpy wiślanej kształtowana jest od dawna w wyniku nakładania się procesów erozyjnych Wisły i szeroko pojętych procesów zboczowych, jak też działalności człowieka. Skarpa w rejonie badań wykazuje dwudzielność (Zał. nr 5a). W części dolnej (poniżej ul. Kazimierza Wielkiego) nachylenie jej wynosi około 10° - 60° i około 40° - 60° w części górnej (powyżej ul. Kazimierza Wielkiego). Na zachód od terenu badań wysoczyzna rozcięta jest do głębokości około 35 m doliną niewielkiej rzeki Brzeźnicy, prawostronnego dopływu Wisły. Górna krawędź skarpy (powyżej ul. Kazimierza Wielkiego) położona jest na rzędnych około 88 - 89 m npm, ul. Kazimierza Wielkiego na rzędnych 75 - 80 m npm, a podstawa skarpy (stanowiąca brzeg Wisły) na około 60 m npm.



Pod względem hydrograficznym głównym elementem jest rzeka Wisła przepływająca około 350 m na południe od terenu badań, u podstawy Skarpy Płockiej. W odległości około 250 m na zachód od terenu badań przepływa rzeka Brzeźnica, tworząca głęboko wciętą dolinę (Zał. nr 1).

2.2. Budowa geologiczna

Budowa geologiczna w rejonie badań jest stosunkowo dobrze rozpoznana, ze względu na wykonywane w 1985 r. badania geologiczno-inżynierskie dla projektowanej rozbudowy Zakładu Przepompowni Ścieków przy ul. Jasnej [1], oraz ze względu na trwające od kilkadziesiąt lat badania przemieszczeń Skarpy Płockiej [2].

Utwory trzeciorzędowe

W podłożu utworów czwartorzędowych występują trzeciorzędowe osady plioceńskie. Są one reprezentowane głównie przez ropy i ropy pylaste. Strop pliocenu zapada w kierunku przeciwnym do skarp (asekwentnym) i obniża się poniżej bazy erozyjnej. Jego wypiętrzenie do rzędnej 52 - 58 m npm zaznacza się u podstawy skarpy Wisły, przecinając dolinę Brzeźnicy w rejonie ul. Szpitalnej [1].

Utwory czwartorzędowe

Najstarszymi utworami czwartorzędowymi są gliny morenowe zalegające na łożach plioceńskich, stwierdzone w otworze archiwalnym nr 26 (Zał. nr 5a). Kolejnym ogniwem są piaski i żwiry wodnolodowcowe, których miąższość w otworze na terenie projektowanej wtedy przepompowni przekracza 17 m [1]. Wyżej zalegają gliny morenowe miąższości do około 17 m, bądź lokalnie ropy zastoiskowe. W interglacjale pomiędzy zlodowaczeniem środkowopolskim, a bałtyckim powstała niewielkiej miąższości, ciągła warstwa osadów zastoiskowych (ropy i glin pylastych). Z okresu zlodowaczenia bałtyckiego pochodzą gliny morenowe z przeławiczeniami lub soczewkami piasków. W strefie przypowierzchniowej występują też osady zastoiskowe (piaski drobne i pylaste lub pyły) osadzone w niewielkich zbiornikach wytopiskowych (Zał. nr 5b).

Odmienne typy osadów występują w dolinach rzecznych. W dolinie Brzeźnicy, w jej części dolnej, występują plejstoceńskie piaski i żwiry, a w górnej - holocenijskie



grunty organiczno-gliniaste. Dolinę Wisły w części przyskarpowej wypełnia holocenińska seria piasków i żwirów z kamieniami oraz z przewarstwieniami namułów w stropie (Załącznik nr 5a).

Wiek holoceniński są też zmiennie litologicznie grunty piaszczysto-gliniaste (utwory koluwalne), pokrywające zbocza dolin Wisły i Brzeźnicy.

2.3. Warunki hydrogeologiczne

Ze względu na zakres i charakter niniejszej ekspertyzy, opis warunków hydrogeologicznych ograniczono tylko do piętra czwartorzędowego.

Piętro czwartorzędowe

Warunki hydrogeologiczne obszaru badań kształtowane są w głównej mierze przez głęboko wcięte doliny Wisły i Brzeźnicy, które drenują przykrawędziowe obszary wysoczyzny. Według danych z 1985 r. [1], swobodne zwierciadło wody podziemnej występuje na rzędnej około 57 m npm (Załącznik nr 5a). Warstwę wodonośną stanowią piaski i żwiry wodnolodowcowe interglacjalu wielkiego. Płytsze występowanie wody podziemnej stwierdzono w rejonie istniejącej przepompowni (Załącznik nr 2) na głębokości 5 – 12 m ppt w poziomie glin morenowych, podścielonych nieprzepuszczalną warstwą glin pylastych i ilów zastoiskowych. Jest to woda typu zawieszona, utrzymująca się w niewielkich i nieciągłych przeławiceniach piasków śródmorenowych [1].

2.4. Warunki geologiczno-inżynierskie

Ze względu na charakter powierzchni stropowej pstrych ilów pliocenijskich i charakter koluwiów, Skarpę Płocką podzielono generalnie na 3 odcinki. Rejon badań zlokalizowany jest na tzw. odcinku trzecim (Jar Kazimierza Wielkiego – dolina Brzeźnicy), zwanym też odcinkiem „Sobótka”. Na całej jego długości widoczne są w morfologii ślady dawnych osuwisk i innych procesów geodynamicznych [2].

W części górnej (powyżej ul. Kazimierza Wielkiego), dwudzielnej w rejonie badań Skarpy Płockiej, występuje stroma skarpa o wysokości dochodzącej do kilkunastu metrów, zbudowana głównie z glin zwałowych. Jej nachylenie wynosi około 40 - 60° i złagodzone jest pokrywą piaszczysto-gliniastych utworów



zboczowych - koluwia. Część dolna (poniżej ul. Kazimierza Wielkiego) posiada przeciętne nachylenie około 30° i charakteryzuje się występowaniem różnorodnych form morfologicznych oraz zmienną budową geologiczną (p. 2.2.). Obie te formy rozdziela prawdopodobnie płaszczyna starego osuwiska (paleosuwisko), sięgającego aż do stropu iłów plioceńskich [1] (Zał. nr 5a). Grunty o znacznie osłabionej płaszczynami odspojeń i spękań spójności, występują pod ul. Kazimierza Wielkiego, od podstawy górnej części skarpy do powierzchni obrywu dolnej części z 1982 r. (Zał. nr 5a) [1].

Procesy geodynamiczne występują zarówno w górnej, jak i w dolnej części Skarpy Płockiej. Stanowią one przedmiot wieloletnich badań i pomiarów, zmierzających do objęcia kontrolą procesów deformacji i zabezpieczenia stateczności skarpy [2].

W części dolnej stanowią je obrywy, cofające skarpę w kierunku ul. Kazimierza Wielkiego, z których ostatni miał miejsce w 1982 r. i spowodowany był prawdopodobnie podtopieniem skarpy w czasie powodzi [1] (Zał. nr 5a). Do roku 1985 obrywy i spełzywania widoczne były na co dzień. Procesy geodynamiczne w dolnej części skarpy powodowane mogą być spękaniami warstwy glin morenowych, ruchem pojazdów na ul. Kazimierza Wielkiego, okresowymi przepływami wód roztopowych oraz ewentualnymi przeciekami kanalizacji i wodociągów pod ul. Kazimierza Wielkiego (Zał. nr 5a, 5b). W większości przypadków, w pierwszej fazie powstania osuwiska, uruchamiane są jedynie utwory koluwialne, dopiero w drugiej fazie naruszana jest stateczność wysoczyzny (przykładem – tzw. osuwisko „Na Zdunach” [2]). W celu zabezpieczenia skarpy na odcinku od Jaru Kazimierza Wielkiego do Jaru rzeki Brzeźnicy, w latach 1984 – 1991 wykonana została przypora ziemna o kubaturze około 400 000 m³ wraz z zagospodarowaniem biologicznym [2].

W górnej części, wzdłuż krawędzi skarpy powyżej ul. Kazimierza Wielkiego, stanowiącej górną krawędź paleosuwiska [1], mają miejsce niewielkie obrywy oraz spełzywanie materiału obrywowego (Fot. 4,5). Procesy te mogą być intensyfikowane okresowymi wysiękami wód opadowych spływających po powierzchni warstwy iłów i glin zastoiskowych. Opady letnie mają często charakter gwałtownych deszczów i bardzo szybko spływają po powierzchni terenu, nie zawilgacają więc znacznie gruntów i mają mniejsze znaczenie dla rozwoju osuwisk. Bardziej niekorzystny wpływ na procesy deformacji mają wody roztopowe (z roztopionego śniegu i odmarzania gleby), kiedy cała wilgoć trafia do głębszych partii gruntu. Z tego powodu maksimum



dynamiki procesu deformacji występuje głównie w marcu i kwietniu. Niekorzystne jest też znaczne przesuszenie skarpy. Przy wysychaniu, gliny, z których zbudowane są skarpy kurczą się, otwierają się powierzchnie spękań, w związku z czym maleje wytrzymałość górotworu. Gdy po okresie suchym spadnie deszcz, woda dostająca się do szczelin i działając jak smar ułatwia powstanie powierzchni poślizgu [2].

3.0. OPIS ZASTOSOWANYCH METOD BADAWCZYCH

3.1. Roboty wiertnicze

Małośrednicowe wiercenia penetracyjne zostały wykonane ręcznie przy użyciu zestawu typu *Eijkelkamp*. W trakcie wykonywania robót wiertniczych prowadzono na bieżąco opis geotechniczny gruntów zgodnie z normą PN-86/B-02480 oraz pobierano próbki do analiz laboratoryjnych. Po opróbowaniu otwory zostały zlikwidowane przez zasypanie urobkiem, z zachowaniem kolejności przewiercanych warstw.

Odwierconych zostało 5 otworów penetracyjnych, głównie na jednej linii przekrojowej w osi osuwiska (Zał. nr 2). Wiercenia przeprowadzono wzdłuż linii przekroju archiwalnego [1] przedstawionego na zał. nr 5b. W trakcie prowadzenia robót wiertniczych pobrano 5 próbek gruntu dla określenia składu ziarnowego i parametrów fizykomechanicznych.

Lokalizację małośrednicowych wierceń penetracyjnych przedstawiono na zał. nr 2, a ich profile geotechniczne zamieszczono na zał. nr 3. Na podstawie profili otworów oraz materiałów archiwalnych wykreślono aktualny przekrój geologiczno-inżynierski przez osuwisko (Zał. nr 6).

3.2. Sondowania geotechniczne

W miejscu lokalizacji małośrednicowych wierceń penetracyjnych zostały wykonane sondowania geotechniczne lekką sondą wbijaną typu SL, zgodnie z PN - 81/B-02030 (Zał. nr 4). Sondowania geotechniczne posłużyły do określenia stopnia zagęszczenia gruntów niespoistych.



Sondowania geotechniczne, łącznie z wynikami badań laboratoryjnych (Zał. nr 10), wierceń penetracyjnych oraz z danymi z materiałów archiwalnych [1] posłużyły do wydzielenia warstw geotechnicznych (p.3.4.), przedstawionych na zał. nr 9, a tym samym do określenia warunków geologiczno-inżynierskich (p.4.3).

3.3. *Badania laboratoryjne*

Analizie cech fizykomechanicznych, na podstawie normy PN-88/B-04481, poddano 5 reprezentacyjnych próbek gruntu pobranych w czasie wierceń z otworów penetracyjnych (Zał. nr 10). Badania obejmowały oznaczenie: gęstości właściwej, objętościowej i objętościowej szkieletu gruntowego, wilgotności naturalnej i granic konsystencji (Zał. nr 12) oraz wykonanie analiz granulometrycznych w celu sporządzenia wykresów uziarnienia gruntów (Zał. nr 11).

3.4. *Wydzielenie warstw geotechnicznych*

Na podstawie wyników wierceń penetracyjnych (p.3.1), sondowań geotechnicznych (p.3.2.) oraz badań laboratoryjnych (p.3.3), a także dostępnych materiałów archiwalnych [1], wydzielono warstwy geotechniczne w gruntach budujących skarpę. Wydzielenie warstw, jednorodnych pod względem cech fizycznych i mechanicznych, przeprowadzono zgodnie z „Wytycznymi wydzielenia warstw geotechnicznych” – „Geoprojekt”, Warszawa – 1987 r. Parametry geotechniczne poszczególnych warstw (Zał. nr 9) określono metodą C, zgodnie z PN-81/B-04452 i PN-88/B-04481, oraz metodą B, w przypadku określania I_D , zgodnie z PN-81/B-03020.

Charakterystykę warstw geotechnicznych przedstawiono w formie tabelarycznej na zał. nr 9. Przebieg warstw przedstawiono na przekrojach geologiczno-inżynierskich (Zał. nr 5b, 6).

4.0. WYNIKI BADAŃ

4.1. *Charakterystyka osuwiska*

Nie jest znana dokładna data powstania badanego osuwiska na skarpie ponad ul. Kazimierza Wielkiego. Po raz pierwszy zostało zaobserwowane w roku 1997, po intensywnych, lipcowych opadach, gdy woda ze starego kolektora poniżej ulicy wybijała studzienki kanalizacyjne. Według informacji pochodzących od osób z firmy „Geodezja” [3], wykonujących pomiary Skarpy Płockiej, które pierwsze zaobserwowały osuwisko, nie nastąpiło wówczas spęływanie materiału ze skarpy na ulicę. Proces powstania osuwiska miał prawdopodobnie charakter jednorazowego obrywu, bez znacznego przemieszczenia masy gruntu. Dotychczasowe pomiary wykonywane w rejonie przepompowni ścieków (Zał. nr 2) wykazały brak istotnych przemieszczeń pionowych i poziomych. W ciągu ostatnich 2 lat nie stwierdzono też świeżych objawów dalszego rozwoju osuwiska [3].

Osuwisko rozwinęło się na długości około 45 m, na skarpie o wysokości około 6 - 9 m (Zał. nr 7). Górna część skarpy jest gęsto porośnięta krzewami i drzewami, które występują też pojedynczo w jej dolnej części (Fot. 1). Kąt nachylenia skarpy jest zmienny i wynosi od około 45 - 50° w części zachodniej, do około 30 - 40° w części wschodniej. Płaszczyzna poślizgu osuwiska (o wysokości zrzutu max. 1,5 m) (Zał. nr 8) jest trudna do zaobserwowania, ze względu na silne zadrzewienie górnej części skarpy (Fot. 1,2,3). Oprócz głównej płaszczyzny poślizgu zaobserwować można kilka niewielkich spękań i szczelin w bryle osuwiska. Bezpośrednio nad ulicą widoczna jest ostra krawędź (zwłaszcza w części zachodniej osuwiska), od której następują niewielkie obrywy górotworu (Fot. 4,5).

Poniżej przedstawiono aktualne parametry geometryczne badanego osuwiska.

CHARAKTERYSTYKA GEOMETRII OSUWISKA

Lp.	Parametr	Wielkość
1	H - Wysokość skarpy	9 – 6 m
2	AG - Zasięg na górnym poziomie	2,5 – 7,0 m
3	AD - Zasięg na dolnym poziomie	0,0 m
4	BG - Szerokość na górnym poziomie	36 m
5	BD - Szerokość na dolnym poziomie	45 m
6	Z - Zrzut skarpy w osi osuwiska	1,5 m
7	P - Powierzchnia osuwiska	około 400 m ²
8	Q - Kubatura osuwiska	około 1 500 m ³

Geometria osuwiska w formie rzutu pionowego od strony ul. Kazimierza Wielkiego przedstawiona jest na zał. nr 7, a 3 przekroje geometryczne na zał. nr 8. Dokumentację fotograficzną osuwiska stanowi zał. nr 13.

4.2. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

Na podstawie przeprowadzonych wierceń stwierdzić można, że skarpe, na której występuje osuwisko, budują zróżnicowane utwory geologiczne. Pokrywają ją holocenijskie utwory koluwalne o zróżnicowanej miąższości, wykształcone jako gliny piaszczyste i pylaste, a także piaski drobne i średnie oraz gliniaste. U podnóża skarpy nawiercono ility zastoiskowe o miąższości około 4,0 m. W podłożu pod ul. Kazimierza Wielkiego do głębokości kilku m ppt występują nasypy budowlane. Poza gliniasto-piaszczystymi utworami koluwalnymi pokrywającymi skarpe, występują głównie grunty spoiste – gliny piaszczyste, podrzędnie piaski gliniaste i niewielkie soczewki piasków drobnych. Na głębokości około 8,0 m ppt (na rzędnej 82,0 m npm) występuje warstwa nieprzepuszczalnych utworów zastoiskowych – iłów i glin pylastych (Zał. nr 5b,6).

W żadnym z odwierconych otworów nie stwierdzono występowania wody podziemnej.

Wyniki wierceń penetracyjnych potwierdziły generalnie budowę geologiczną skarpy znaną z materiałów archiwalnych [1,2]. Jediną różnicą jest występowanie