



## **SPIS TREŚCI**

<b>1.</b>	<b>WSTĘP</b>	<b>3</b>
	<b>1.1 Podstawa i zakres opracowania</b>	<b>3</b>
	<b>1.2 Lokalizacja obiektu badań i charakterystyka inwestycji</b>	<b>3</b>
	<b>1.3 Ustalenie kategorii geotechnicznej inwestycji</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>METODYKA PRAC</b>	<b>4</b>
	<b>2.1 Materiały archiwalne</b>	<b>4</b>
	<b>2.2 Prace terenowe</b>	<b>4</b>
	<b>2.3 Badania laboratoryjne</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>MORFOLOGIA I BUDOWA GEOLOGICZNA</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE</b>	<b>6</b>
<b>5.</b>	<b>CHARAKTERYSTYKA GEOTECHNICZNA OBIEKTU</b>	<b>6</b>
<b>6.</b>	<b>ZALECENIA DOTYCZĄCE ROZWIĄZAŃ PROJEKTOWYCH</b>	<b>8</b>
<b>7.</b>	<b>WYKAZ WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW</b>	<b>9</b>

### **ZAŁĄCZNIKI:**

- Mapa lokalizacyjna
- Mapa dokumentacyjna
- Przekroje geotechniczne
- Metryki otworów
- Wyniki sondowań dynamicznych

## **1. WSTĘP**

### **1.1 Podstawa i zakres opracowania**

Niniejsze opracowanie wykonane zostało przez Biuro Studiów i Projektów Gospodarki Wodnej Rolnictwa „BIPROMEL” Spółka z o.o. w Warszawie na zlecenie Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wod`y Polskie, ul. Grzybowska 80/82, 00-844 Warszawa Zarząd Zlewni W Warszawie, ul. Elektronowa 2, 03-219 Warszawa. Przedmiotem opracowania jest *„Opinia geotechniczna i dokumentacja badań podłoża gruntowego do przebudowy prawostronnego wału przeciwpowodziowego rz. Wisły w km 459+500 474+300 gmina Sobienie Jeziory”*.

Wykonane badania miały na celu rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych w miejscu wykonania planowanej inwestycji.

Zakres opracowania obejmuje:

- wykonanie 47 wierceń o głębokości 12 m,
- wykonanie 45 sondowań dynamicznych,
- makroskopową analizę próbek podczas wiercenia.

### **1.2 Lokalizacja obiektu badań i charakterystyka inwestycji**

Badany obszar zlokalizowany jest wzdłuż rzeki Wisły i rozciąga się na długości ok. 14,8 km (początek wału znajduje się w miejscowości Radwanków Szlachecki przy drodze gminnej, która łączy się z drogą wojewódzką 801; koniec wału analizowanego odcinka wału znajduje się w miejscowości Sambodzie na wysokości przejazdu wałowego położonego około 400 m powyżej przepustu, którym przepływa ciek Stara Wilga) i obejmuje prawobrzeżne obwałowania rzeki. Wał chroni przed zalaniem zabudowania mieszkalne i gospodarcze oraz tereny rolnicze głównie sady owocowe. Analizowany fragment obwałowania znajduje się w km rzeki 459+500 -474+300 w gm. Sobienie-Jeziory, pow. otwocki, woj. mazowieckie (zał. 1).

Projektowana inwestycja polega na przeprojektowaniu, odbudowie i uszczelnieniu analizowanego odcinka analizowanego odcinka wału przeciwpowodziowego.

### **1.3 Ustalenie kategorii geotechnicznej Inwestycji**

Sugeruje się Projektantowi zgodnie z przepisami (poz. 5) drugą kategorię geotechniczną (w przypadku projektowanej przebudowy są to obiekt istniejący, dla którego warunki posadowienia ustalono na etapie projektowania).

## **2. METODYKA PRAC**

### **2.1 Materiały archiwalne**

Przy opracowywaniu dokumentacji wykorzystywano informacje ze szczegółowych map geologicznych Polski, jak również informacje zawarte w objaśnieniach do tych map [12, 13, 14] oraz dokumentacjach archiwalnych wykonanych na potrzeby analizowanego obiektu [15, 16, 17].

### **2.2 Prace terenowe**

W celu oceny parametrów geotechnicznych wału i podłoża pod projektowaną inwestycję w programie badań wykonano wiercenia (sondy przelotowe) oraz sondowania dynamiczne sondą lekką DPL. Lokalizację otworów wiertniczych oraz sondowań przedstawiono na mapie (zał. 2).

Badania terenowe podłoża i korpusu obwałowań wykonano w punktach zlokalizowanych w charakterystycznych miejscach wskazanych przez projektanta. Lokalizację, ilość punktów oraz ich głębokości przyjęto zgodnie z wytycznymi projektanta. Rozpoznanie budowy obwałowania i podłoża przeprowadzono wierceniami o głębokości 12 m wykonanymi z korony wału. W sumie wykonano 47 otworów geotechnicznych, łącznie 564 mb. Badania wykonano w 47 przekrojach geotechnicznych (zał. 2).

W badaniach zastosowano lekką, przewoźną wiertnicę mechaniczną małośrednicową, ze świdrami spiralnymi w gruntach spoistych i okienkowymi w gruntach niespoistych.

W czasie wierceń wykonywano makroskopowe badania gruntów i rozpoznawano ich rodzaj oraz stan. W trakcie wierceń prowadzono również obserwacje położenia zwierciadła wody gruntowej. Profile gruntowe otrzymane na podstawie wierceń przedstawiono w zał. 4.

Po zakończeniu prac wszystkie nierurowane otwory zlikwidowano poprzez zasyp wydobywym urobkiem z odtworzeniem nawiercanych warstw.

W pobliżu wszystkich otworów (oprócz OW-42 i OW-45) wykonano łącznie 45 sondowań dynamicznych sondą lekką (DPL), zgodnie z wymogami PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe i normą Eurokod 7 (PN-EN 1997-2). Lokalizację sondowania przedstawiono w zał. 2 a wyniki sondowania w zał. 5. Interpretacja wyników sondowania pozwoliła na określenie stanu gruntów niespoistych podłoża oraz wbudowanych w korpus wału. W zależności od występowania w profilu gruntowym gruntów niespoistych sondowani wykonywano do głębokości od 5 do 8,9 m, łącznie 361 mb.

Wykonane badania pozwoliły określić budowę geologiczną i sytuację hydrogeologiczną w podłożu analizowanego obiektu. Wyniki wierceń i sondowań dynamicznych zostały

wykorzystane do wydzielenia w podłożu warstw geotechnicznych pokazanych na przekrojach (zał. 3).

### **2.3 Badania laboratoryjne**

Rodzaj gruntu określono na podstawie analizy makroskopowej. Dla potrzeb niniejszej dokumentacji nie wykonano badań laboratoryjnych parametrów mechanicznych gruntów. Wartości współczynników filtracji dla gruntów przyjęto według poz. 10)

## **3. MORFOLOGIA I BUDOWA GEOLOGICZNA**

Obszar objęty badaniami zaliczany jest do prowincji Niż Środkowoeuropejski, podprowincji Niziny Środkowopolskie, makroregionu Nizina Środkowomazowiecka, mezoregionu: Dolina Środkowej Wisły (Kondracki 2001).

Obszar badań zlokalizowany jest w Dolinie Środkowej Wisły na tarasie zalewowym, który na zachód od badanego terenu oddzielony jest od wysoczyzny morenowej – Równiny Warszawskiej wyraźną krawędzią erozyjną (Kondracki 2001).

W obrębie tarasu zalewowego wyróżnia się dwa tarasy: wyższy i niższy (Sarnacka 1968). Analizowany obszar zlokalizowany jest na tarasie zalewowym wyższym. Na poziomie tarasu zalewowego wyższego występują starorzecza, częściowo wypełnione wodą.

Podłoże osadów czwartorzędowych stanowią ropy plioceńskie, wykształcone w postaci ropy pstrych, miejscami występują przewarstwienia mułków i piasków drobnoziarnistych. Ich powierzchnia stropowa leży na wysokości 71, 0 m n. p. m (Brzumin).

Mięgkość utworów czwartorzędowych w rejonie badań wynosi niewiele ponad 20 m. Plejstocen reprezentowany jest przez utwory rzeczne z okresu interglacjału emskiego (Q<sub>r3</sub>) i zlodowacenia Wisły (Q<sub>r4</sub>), holocenne są rzeczne osady facji korytowej i wezbraniowej (Q<sub>h</sub>).

Najstarszymi osadami, w wykonanych dla potrzeb badań wierceniach są utwory rzeczne facji korytowej z okresu zlodowacenia Wisły. Są to piaski średnie, szare. Z osadów tych zbudowany jest taras nadzalewowy Wisły. Powyżej występują osady holocenne z których zbudowany jest taras zalewowy wyższy. W rejonie badań budują go piaski średnie, piaski średnie z domieszką piasków drobnych i pylastych. Mięgkość tych utworów waha się od 0,2 do 4,8 metra. Na powierzchni osadów facji korytowej występują osady facji wezbraniowej o miękkości od 0,2 m do 6,4 m Są to pyły, pyły piaszczyste i piaski gliniaste oraz gliny piaszczyste i gliny pylaste.

#### **4. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE**

W rejonie badań występuje jeden poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym, które w okresie badawczym leżało na głębokości od 2,6 m p.p.t do 5,0 m p.p.t. Budują go piaszczysto-żwirowe osady interglacjału emskiego, zlodowacenia Wisły i holocenu. Jego miąższość wynosi 17-18 m.

Miejscami zwierciadło ma charakter napięty, co związane jest z występowaniem dość grubej warstwy słabo przepuszczalnych gruntów spoistych.

Poziom wodonośny zasilany jest na drodze infiltracji wód opadowych i roztopowych z powierzchni terenu, lateralny dopływ z wyżej położonych obszarów oraz przez Wisłę w czasie występowania wysokich stanów rzeki.

W okresie badawczym (wrzesień/październik 2018) zwierciadła wody gruntowej nawiercono we wszystkich otworach. Nawiercone zwierciadło wody gruntowej, w zależności od warstw gruntowych występujących w podłożu, ma charakter zarówno swobodny jak i napięty. Swobodne zwierciadło wody nawiercono na głębokości od 5,2 m ppt do 7,4 m ppt (wiercenia z korony wału). Napięte zwierciadło związane z występowaniem warstw nieprzepuszczalnych pyłów i glin nawiercone na głębokości 6,4 – 7,1 m ustabilizowało się na głębokości 6,1 – 6,5 m pod powierzchnią terenu. Układ zwierciadła wody gruntowej ilustrują przekroje geotechniczne (zał. 3) oraz metryki otworów (zał. 4) dołączone do dokumentacji.

#### **5. CHARAKTERYSTYKA GEOTECHNICZNA OBIEKTU**

Analizowane odcinki obwałowań usypane zostały z lokalnego materiału, jakim są grunty niespoiste i spoiste. Materiał ziemny, z którego budowano wał nie był starannie sortowany. W warstwach piaszczystych budujących nasyp znajdują się przewarstwienia pylasto-gliniaste natomiast w pyłach i glinach spotykane są przewarstwienia gruntów niespoistych o różnicowanym uziarnieniu. W korpusie wału występują piaski drobne i średnie oraz piaski pylaste. Tworzące wał grunty niespoiste są w stanie luźnym na średnio zagęszczony, średnio zagęszczonym i zagęszczonym. Grunty spoiste budujące nasyp (piaski gliniaste, gliny i pyły) są w stanie twardoplastycznym ( $I_L \cong 0,20$ ).

Podłoże wałów stanowią głównie grunty niespoiste i spoiste oraz lokalnie grunty organiczne. Grunty niespoiste wykształcone w postaci piasków średnich oraz piasków drobnych i pylastych są w stanie luźnym na średnio zagęszczony, średnio zagęszczonym, zagęszczonym i bardzo zagęszczonym. Grunty spoiste – piaski gliniaste, gliny piaszczyste, gliny i gliny pylaste oraz pyły piaszczyste i pyły - są głównie w stanie twardoplastycznym i plastycznym oraz lokalnie w stanie miękkooplastycznym. Lokalnie występujące grunty

organiczne wykształcone w postaci namulów organicznych. Budowę wału i podłoża najlepiej ilustrują przekroje geotechniczne dołączone do dokumentacji (zał.3).

Dla potrzeb projektowania w podłożu projektowanej inwestycji wydzielono następujące warstwy geotechniczne, charakteryzujące się ujednoliconymi parametrami geotechnicznymi. Jako kryterium wydzielenia warstw geotechnicznych przyjęto stan analizowanych gruntów (stopień zagęszczenia dla gruntów niespoistych oraz stopień plastyczności dla gruntów spoistych) oraz ich uziarnienie.

Warstwa I. Są to utwory spoiste wbudowane w nasyp – piaski gliniaste, gliny piaszczyste i pylaste, gliny, pyły i pyły piaszczyste w stanie twardoplastycznym ( $I_L \cong 0,20$ ).

Warstwa II. Są to utwory niespoiste (piaski drobne i pylaste) wbudowane w nasyp – IIa - w stanie luźnym na średnio zagęszczony ( $I_D \cong 0,35$ ) - IIb - w stanie średnio zagęszczonym ( $I_D \cong 0,45$ ) – IIc - w stanie zagęszczonym ( $I_D \cong 0,70$ ).

Warstwa III. Są to grunty niespoiste (piaski średnie) tworzące nasyp. Grunty te znajdują się w stanie średnio zagęszczony ( $I_D \cong 0,45$ ) – IIIa oraz w stanie zagęszczonym ( $I_D \cong 0,70$ ) – IIIb.

Warstwa IVa. Warstwę tą tworzą grunty spoiste podłoża wału w postaci pyłów piaszczystych i pyłów w stanie miękkoplastycznym ( $I_L \cong 0,55$ ).

Warstwa IVb i IVc. Warstwę tą tworzą grunty spoiste podłoża wału w postaci piasków gliniastych, glin piaszczystych, glin pylastych, glin, pyłów i pyłów piaszczystych w stanie: IVb - plastycznym ( $I_L \cong 0,30$ ), IVc - twardoplastycznym ( $I_L \cong 0,15$ ).

Warstwa V. Są to słabonośne grunty organiczne podłoża (namuły).

Warstwa VI. Są to grunty niespoiste (piaski drobne i pylaste) podłoża w stanie:

- VIa - luźnym na średnio zagęszczony ( $I_D \cong 0,35$ ),
- VIb - średnio zagęszczonym ( $I_D \cong 0,60$ ),
- VIc - zagęszczonym ( $I_D \cong 0,70$ ).

Warstwa VII. Jest to warstwa utworów niespoistych budujących podłoże w postaci piasków średnich i grubych w stanie: luźnym na średnio zagęszczony (VIIa,  $I_D \cong 0,33$ ), średnio zagęszczonym (VIIb,  $I_D \cong 0,55$ ), zagęszczonym (VIIc,  $I_D \cong 0,70$ ) oraz bardzo zagęszczonym (VIId,  $I_D \cong 0,96$ ).

W tabeli 1 zestawiono parametry geotechniczne wydzielonych warstw obliczone w oparciu o parametry wiodące oznaczone w terenie.

Tabela I. Zestawienie wyprowadzonych parametrów geotechnicznych

Warstwa	Podwarstwa	Numer warstwy	$I_L/I_D$	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$k$ [m/d]	$M_0^{(n)}$ [MPa]	$\gamma^{(n)}$ [kN/m <sup>3</sup> ]
Nasyp	Pg, Gp, G $\pi$ , G, $\Pi$ , $\Pi p$	I	0,15-0,25	15	7	-	25	20,5
	Pd, P $\pi$	IIa	0,30-0,40	30	-	5-20	50	16,0
		IIb	0,40-0,50	32	-		55	16,5
		IIc	0,65-0,75	33	-		85	16,5
	Ps	IIIa	0,40-0,50	34	-	20-40	80	17,0
		IIIb	0,65-0,75	36	-		120	17,0
Podłoże spoiste	$\Pi$ , $\Pi p$ ,	IVa	0,50-0,55	11	12	0,002-0,004	14	20,0
	Pg, Gp, G $\pi$ , G, $\Pi$ , $\Pi p$	IVb	0,25-0,35	13	88	0,0003-0,0006	23	20,5
		IVc	0,10-0,20	17	20		30	20,5
Grunty organiczne	No	V	-	5*	10*	0,07-0,09	5*	12*
Podłoże niespoiste	Pd, P $\pi$	VIa	0,30-0,40	31	-	5-20	50	16,0
		VIb	0,55-0,65	32	-		65	16,5
		VIc	0,65-0,75	33	-		82	17,0
	Ps, Pr	VIIa	0,30-0,40	34	-	Ps 20-50	65	19,5
		VIIb	0,50-0,60	36	-		95	17,5
		VIIc	0,65-0,80	37	-	Pr 40-80	105	18,0
		VIIId	0,95-1,00	39	-		190	20,0

\* wartość dla torfu oszacowana na podstawie badań i doświadczeń własnych

## 6. ZALECENIA DOTYCZĄCE ROZWIĄZAŃ PROJEKTOWYCH

- Projektowaną inwestycję, wg Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. „w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych” (Dz. U. z 2012, poz. 463), można zaliczyć do drugiej kategorii geotechnicznej.
- W oparciu o wykonane prace laboratoryjne i terenowe sporządzono 47 schematyczne przekroje geotechnicznych ilustrujących budowę wału i podłoża na poszczególnych odcinkach. W tabeli 1 podano wartości parametrów geotechnicznych poszczególnych warstw.
- Korpus wału uformowany został z gruntów spoistych w stanie twardoplastycznym oraz z przepuszczalnych gruntów niespoistych w stanie luźnym na średnio zagęszczony, średnio zagęszczonym i zagęszczonym. Miejscami charakteryzuje go więc niska odporność filtracyjna.



- Podłoże wału stanowią głównie utwory przepuszczalne oraz utwory słaboprzepuszczalne (lokalnie organiczne). W czasie wezbrań dochodzić może do sytuacji podtapiania zawala wodami filtrującymi przez podłoże nawet w sytuacji dobrego stanu technicznego obwałowania. Układ warstw gruntów niespoistych oraz ich ograniczona odporność filtracyjna sprzyja występowaniu zjawisk przebiccia hydraulicznego.
- W trakcie badań zwierciadła wody gruntowej zwierciadła wody gruntowej nawiercono we wszystkich otworach. Nawiercone zwierciadło wody gruntowej, w zależności od warstw gruntowych występujących w podłożu, ma charakter zarówno swobodny jak i napięty. Swobodne zwierciadło wody nawiercono na głębokości od 5,2 m ppt do 7,4 m ppt (wiercenia z korony wału). Napięte zwierciadło (OW-5, 18, 31, 33, 36 i 45) związane z występowaniem warstw nieprzepuszczalnych pyłów i glin nawiercone na głębokości 6,4 – 7,1 m ustabilizowało się na głębokości 6,1 – 6,5 m pod powierzchnią terenu.
- Największym zagrożeniem dla korpusu i podłoża wału jest utrata stateczności miejscowej w postaci odkształceń filtracyjnych, która w skrajnym przypadku może doprowadzić do utraty stateczności ogólnej.
- Projektowane zabiegi modernizacyjne powinny pójść w kierunku uszczelnienia podłoża, uszczelnienia i dogęszczenia korpusu wału oraz wydłużenia drogi filtracji. Wybór sposobu dogęszczenia wału i uszczelnienia korpusu i podłoża zależy od projektanta oraz wymogów, jakie analizowane obwałowanie musi spełniać po uwzględnieniu warunków gruntowo-wodnych podłoża.
- W przypadku podnoszenia korony wału (nadbudowy wału) należy pamiętać, że w podłożu pod wałem lokalnie występują warstwy gruntów słabonośnych (spoistych w stanie plastycznym - warstwa IVa i IVb oraz gruntów organicznych - warstwa V) i zaleca się sprawdzenie współczynnika stateczności nowoprojektowanych skarp osiadań podłoża gruntowego gdyż osiadania mogą limitować prawidłowe warunki użytkowania..

## **7. WYKAZ WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW**

Dla potrzeb niniejszego opracowania wykorzystano następujące materiały:

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994r. „Prawo budowlane” – Dz. U. Nr 89, poz. 414, (z późn. zmianami),
2. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011r. „Prawo geologiczne i górnicze „ – Dz. U. Nr 163, poz. 981,
3. Ustawa z dnia 18 lipca 2001r. „Prawo Wodne” – Dz. U. Nr 115, poz. 1229,
4. Rozporządzenie MTBiGM z dnia 25 kwietnia 2012r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych – Dz. U., poz. 463,

5. PN-81/B-03020, Grunty budowlane, Posadowienie bezpośrednie budowli, Obliczenia statyczne i projektowanie,
6. PN-86/B-02480, Grunty budowlane, Określenia, symbole, podział i opis gruntów,
7. PN-EN 1997-1: 2008. Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
8. PN-EN 1997-2. 2009. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2. Rozpoznanie i badania podłoża gruntowego.
9. PN-EN ISO-14688: 2006. Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikacja gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis,
10. PN-EN ISO-14688: 2006. Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikacja gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania,
11. Kondracki J. 2001: Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN.
12. Sarnacka Z. 1968: Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski. Arkusz Osieck. Wydawnictwa Geologiczne Warszawa.
13. Sarnacka Z. 1968: Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. Arkusz Osieck. Wydawnictwa Geologiczne Warszawa.
14. Sarnacka Z. 1968: Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski. Arkusz Góra Kalwaria. Wydawnictwa Geologiczne Warszawa.
15. Ocena stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa wałów przeciwpowodziowych. Wał prawy rzeka Wisła Sobienie Jeziory [11,1km] Warszawa od km 459.5 do km 470.6 województwo mazowieckie. IMGW. Warszawa, 2010r.
16. Ekspertyza Stanu Technicznego Wałów Wisły w Powiecie Otwockim po powodzi 2010r. Odcinek wału: Radwanków Szlachecki – Sambodzie (km wału: 14+800 – 25+900, km rzeki: 459+500 – 470+600) gm. Sobienie Jeziory. GEOTEKO. Warszawa, 2012
17. Wykonanie pomiarów, badań i ocena stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa wałów przeciwpowodziowych stanowiących własność Skarbu Państwa. Wał prawa rzeki Wisły (dł. 11,00 km) od km 14+800 do km 25+900, km rzeki 459+500 – 470+600. Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych w Warszawie Inspektorat Otwock z siedzibą w Sobiekursku. IMGW. Warszawa, 2017r.