



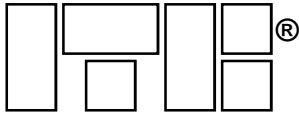
Instytut Techniki Budowlanej

00-611 Warszawa, ul. Filtrowa 1, tel. 825-04-71, fax 825-52-86

**Projekt geotechniczny
dla potrzeb określenia geotechnicznych
warunków posadowienia pawilonu
wystawowego przy ul. Parkowej w
planowanym Ogrodzie XXI wieku na terenie
Muzeum Łazienki Królewskie w Warszawie**

01344/14/Z00NG

WARSZAWA grudzień 2014



INSTYTUT TECHNIKI BUDOWLANEJ
00-611 Warszawa, ul. Filtrowa 1

Skrytka pocztowa 998
Telefony: Dyrektor - 825-13-03
Centrala - 825-04-1

ZAKŁAD GEOTECHNIKI I FUNDAMENTOWANIA

Tytuł pracy: Projekt geotechniczny dla potrzeb określenia geotechnicznych warunków posadowienia pawilonu wystawowego przy ul. Parkowej w planowanym Ogrodzie XXI wieku na terenie Muzeum Łazienki Królewskie w Warszawie

Nr pracy usługowej: 01344/14/Z00NG

Zleceniodawca/Inwestor:
Muzeum Łazienki Królewskie w Warszawie
00-460 Warszawa, ul. Agrykoli 1

Wykonawcy:

Zespół w składzie:

- dr n.t. Stanisław Łukasik- kierownik zespołu
upr. geol. VII - 1139
- dr inż. Tomasz Godlewski
upr. geol. VI-0397, certyfikat PKG nr 0235
- mgr inż. Łukasz Kaczyński
upr. geol. VII-1643
- mgr inż. Witold Bogusz
- mgr Marcin Witowski

Warszawa, grudzień 2014r.

Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Wykorzystane materiały.....	3
3. Cel i zakres prac	4
4. Lokalizacja i charakterystyka projektowanej inwestycji.....	5
5. Charakterystyka terenu prac geologicznych	5
5.1. Opis budowy geologicznej.....	5
5.2. Opis warunków hydrogeologicznych.	6
5.3. Warunki geotechniczne	7
5.4. Złożoność budowy geologicznej oraz kategoria geotechniczna	7
5.5. Inwentaryzacja zjawisk geodynamicznych.....	7
6. Model geotechniczny	8
6.1. Warstwy geotechniczne.....	8
6.2. Parametry geotechniczne.....	10
6.3. Współczynniki bezpieczeństwa	11
6.4. Stan graniczny nośności	11
6.5. Stan graniczny użyteczności	12
7. Obliczenia geotechniczne.....	13
7.1. Założenia obliczeniowe	13
7.2. Rezultaty obliczeń dla ścian szczelinowych	14
7.3. Tymczasowe kotwy gruntowe.....	16
7.4. Warunek stanu granicznego nośności z uwagi na wypór UPL.....	16
8. Stateczność skarpy warszawskiej.....	17
9. Ocena oddziaływania na obiekty sąsiednie	17
10. Wpływ na kondycję drzew i krzewów.....	18
11. Wnioski i zalecenia	19

Załączniki:

- Załącz. 1. Charakterystyczny przekrój geotechniczny na podstawie [6] w skali 1 :200
- Załącz. 2. Mapa obszarów zagrożonych procesami geodynamicznymi w skali 1 : 10 000

1. Wstęp

Niniejszy projekt geotechniczny wykonano dla potrzeb określenia geotechnicznych warunków posadowienia pawilonu wystawowego przy ul. Parkowej w planowanym Ogrodzie XXI wieku na terenie Muzeum Łazienki Królewskie w Warszawie. Opracowanie zrealizowano na podstawie umowy nr 01344/14/Z00NG z dnia 14.05.2014 r., aneksowanej 15.07.2014 r, zawartej z Inwestorem, którym jest Muzeum Łazienki Królewskie, z siedzibą przy ul. Agrykoli 1, 00-460 Warszawa.

2. Wykorzystane materiały

Niniejszy projekt geotechniczny sporządzono na podstawie następujących udostępnionych materiałów, opracowań archiwalnych własnych oraz norm i instrukcji:

- [1] Lokalizacja inwestycji oraz mapa sytuacyjno-wysokościowa w skali 1:1000 – mapa do celów projektowych.
- [2] Założenia programowe Ogrodu XXI wieku wraz z Pawilonem Wystawowym - Rewitalizacja obszaru dziedzictwa naturalnego i kulturowego Łazienki Królewskie w Warszawie, opracowane przez Mecanoo architecten, Jojko+Nawrocki architekci, Micheal R. van Gessel, DELVA Landscape Architects – koncepcja pokonkursowa, marzec 2013.
- [3] Ogród XXI wieku z pawilonem wystawienniczym. Projekt budowlany podziemnego pawilonu wystawowego i budynku technicznego wraz z ogrodem i elementami małej architektury oraz rozbiórka budynków istniejących. Tom II projekt architektoniczno-budowlany. Branża: konstrukcja. mecanoo bv, październik 2014 r.
- [4] Uwarunkowania geologiczne planowanego przedsięwzięcia polegającego na budowie pawilonu wystawienniczego przy ul. Parkowej w planowanym Ogrodzie XXI w. na terenie Muzeum Łazienki Królewskie na terenie Dzielnicy Śródmieście m. st. Warszawy. Opracowane przez GEOSYSTEM Wiesław Opęchowski, Warszawa 04.2014.
- [5] Opinia geotechniczna dla opracowania geotechnicznych warunków posadowienia dla projektowanego obiektu przy ul. Parkowej w Warszawie. Opracowana przez ITB, maj 2014.

- [6] Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla potrzeb określenia geotechnicznych warunków posadowienia pawilonu wystawowego przy ul. Parkowej w planowanym Ogrodzie XXI wieku na terenie Muzeum Łazienki Królewskie w Warszawie., opracowana przez ITB, lipiec 2014.
- [7] Rejestr terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi na obszarze m. st. Warszawa, opracowany przez ITB, 2008.
- [8] Sprawozdania z obserwacji Skarpy Warszawskiej w granicach administracyjnych m.st. Warszawy, ITB, 2012.
- [9] Instrukcja ITB nr 376/2002, Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów. L. Wysokiński, W. Kotlicki, Warszawa 2002
- [10] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia, Dz. U. poz 463.
- [11] Geotechnika. Badania Polowe – PN/B-04452:2002.
- [12] Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów – PN/B-02480:1996.
- [13] Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednio budowli – PN/B-03020:1981.
- [14] PN-EN 1997-1: Projektowanie geotechniczne- Część 1: Zasady ogólne.
- [15] PN-EN 1997-2:2008 Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 2: Badania podłoża gruntowego.
- [16] PN EN ISO 14688-1 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1 Oznaczanie i opis.
- [17] PN-EN ISO 14688-2:2006 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów cz. 2. Zasady klasyfikowania.
- [18] Instrukcja ITB nr 424/2006, Ocena stateczności skarp i zboczy, L. Wysokiński, Warszawa 2006.

3. Cel i zakres prac

Celem projektu geotechnicznego jest ustalenie geotechnicznych warunków posadowienia dla pawilonu wystawowego przy ul. Parkowej w planowanym Ogrodzie XXI wieku na terenie Muzeum Łazienki Królewskie w Warszawie.

4. Lokalizacja i charakterystyka projektowanej inwestycji

Budynek główny przewidziano o konstrukcji monolitycznej. Posadowienie stanowi płyta fundamentowa grubości 120 cm oraz obwodowe ściany szczelinowe grubości 80 cm, stanowiące jednocześnie zabezpieczenie głębokiego wykopu w trakcie jego realizacji. Stateczność ściany na czas realizacji wykopu będzie zapewniona poprzez zastosowanie tymczasowych kotew gruntowych z głowicami w poziomie oczepu ściany (powyżej zwierciadła wód gruntowych). Podparcie docelowe ścian będą stanowiły płyta fundamentowa i strop konstrukcji dachu.

Z uwagi na poziom zwierciadła wód gruntowych stabilizujący się powyżej poziomu posadowienia płyty oraz względnie niewielkie obciążenia przekazywane na nią z konstrukcji, przewidziano dodatkowe zakotwienie płyty fundamentowej w gruncie za pomocą układu baret. Konstrukcja obiektu składa się głównie z części podziemnej, pozbawionej dylatacji ścian. Sztywność przestrzenną obiektu zapewni układ ścian, klatek schodowych i stropów żelbetowych. Konstrukcje zaprojektowano z betonu klasy C30/37 (C50/60 dla schodów spiralnych) zbrojone stalą klasy A-IIIIN o ciągliwości B lub C. Wymiary obiektu w planie wynoszą ok. 78,4 m na 58,3 m.

5. Charakterystyka terenu prac geologicznych

Teren przewidziany pod planowaną inwestycje położony jest na niższym tarasie nadzalewowym Wisły. W odległości około 200 m na zachód przebiega Skarpa Warszawska, a około 1,9 km na północny-wschód płynie Wisła. Na obszarze „Łazienek” w odległości 200 m od inwestycji w kierunku wschodnim oraz północno-zachodnim, występują dwa zbiorniki wodne - Staw Południowy Dolny oraz Staw Belwederski. Rzędne terenu w obrębie inwestycji wynoszą około 8,0 m n.p.”0” Wisły. Powierzchnia terenu jest generalnie płaska, deniwelacje nie przekraczają 1 m.

Obecnie na fragmencie terenu badań znajduje się zabudowa w postaci kompleksu szklarni oraz budynku administracyjnego. Teren badań jest uzbrojony, częściowo pokryty różnego rodzaju nawierzchnią (asfalt, beton, chodniki).

5.1. Opis budowy geologicznej

Budowę geologiczną dla analizowanego obiektu przedstawiono w dokumentacji geol-inż. [6].

Na analizowanym obszarze stwierdzono występowanie trzech serii litologiczno-genetycznych:

- I. nasypy niekontrolowane,
- II. holocenijskie utwory akumulacji rzecznej, reprezentowane głównie przez osady facji korytowej wykształconej jako piaski i żwiry niższego tarasu nadzalewowego (praskiego), których miąższość wynosi około 5 m. Lokalnie występują również osady facji powodziowej, wykształcone w postaci glin pylastych i namułów o miąższości około 0,5 m. Maksymalna miąższość tych utworów wynosi 3,6 m, poza obrysem projektowanego budynku.
- III. mio-pliocenijskie iły formacji poznańskiej wykształcone w postaci iłów, iłów pylastych, glin pylastych, glin pylastych zwięzłych i pyłów. Do głębokości rozpoznania (15 m) utworów tych nie przewiercono.

Wykonane prace potwierdziły założony w Projekcie model budowy geologicznej.

Budowę geologiczną terenu przedstawiono na przekrojach geologiczno-inżynierskich w dokumentacji [6] oraz na charakterystycznym przekroju geotechnicznym (Zał. 1).

5.2. Opis warunków hydrogeologicznych.

Pierwszy poziom wodonośny występuje w gruntach aluwialnych na głębokości ok. 2 m p.p.t. (rzędna ok. 6 m n.p."0" Wisły). Wody tego poziomu mają generalnie charakter zwierciadła swobodnego, jedynie lokalnie napinanego przez utwory organiczne lub mady.

Głębsze (w zakresie rozpoznania) poziomy wodonośne mają charakter lokalny i nieciągły, są związane z przewarstwieniami piaszczysto-pylastymi w obrębie iłów trzeciorzędowych.

Opisany poziom wodonośny jest ściśle związany z reżimem Wisły, która na tym odcinku ma charakter drenujący oraz intensywnością opadów atmosferycznych i dopływem lateralnym ze Skarpy. Wieloletnie obserwacje wskazują na wahania sezonowe tego zwierciadła na poziomie 1÷1,5 m.

5.3. Warunki geotechniczne

Na potrzeby niniejszego projektu wykorzystano dane archiwalne, w tym badania wykonane w ramach dokumentacji geol.-inż. [6].

Na obszarze projektowanego obiektu występują:

- a. Grunty antropogeniczne o miąższości do ok. 1,6 m,
- b. Grunty organiczne o miąższości do ok. 0,6 m,
- c. Grunty niespoiste (piaski) o miąższości ok. 5 m,
- d. Grunty spoiste (iły plioceńskie)

W poziomie posadowienia projektowanego obiektu występują grunty nośne warstwy IIIa: iły, iły pylaste i gliny pylaste zwarte w stanie półzwałym i lokalnie twaroplastycznym. Należy zwrócić uwagę na występowanie w obrębie kompleksu gliniastego lokalnych przewarstwień i soczewek gruntów piaszczystych warstwy IIIc zawierających wodę pod ciśnieniem.

Swobodne zwierciadło wód gruntowych kształtuje się na rzędnej ~6,0 m n.p. „0” Wisły, tj. około 5 m powyżej projektowanego poziomu posadowienia.

Badania chemiczne wody opisane w dokumentacji [6] nie wykazały agresywności w stosunku do betonu - wyniki analizy poniżej dolnych wartości granicznych dla klasy XA1.

5.4. Złożoność budowy geologicznej oraz kategoria geotechniczna

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych [10], na terenie przeznaczonym pod projektowaną inwestycję, z uwagi na lokalizację w obszarze doliny rzecznej, występują skomplikowane warunki gruntowo-wodne.

Obiekt zakwalifikowano do III kategorii geotechnicznej z uwagi na występowanie w podłożu skomplikowanych warunków geotechnicznych.

5.5. Inwentaryzacja zjawisk geodynamicznych

W trakcie robót terenowych przeprowadzono obserwacje powierzchni oddalonej o około 200 m Skarpy Warszawskiej. Zasięg oraz położenie granic Skarpy w stosunku do projektowanej inwestycji przedstawiono na rys. 1 oraz w Zał. 2. Skarpa Warszawska na wysokości projektowanej inwestycji jest stabilna, nie wykazuje oznak pełzania ani osunięć ziemi.



Rys. 1 Lokalizacja terenu inwestycji na tle morfologii Skarpy Warszawskiej [7]

W trakcie wizji lokalnej nie stwierdzono oznak czynnych ruchów masowych. W rejestrze obszarów zagrożonych ruchami mas ziemi [7], Skarpa na omawianym odcinku należy do obszaru opisanego „jako niezagrożony, potencjalnie aktywny”.

6. Model geotechniczny

6.1. Warstwy geotechniczne

W oparciu o materiały archiwalne oraz wykonane wiercenia, sondowania i badania laboratoryjne w podłożu projektowanego obiektu wydzielono 7 warstw geotechnicznych. Podstawowym kryterium podziału była litologia, geneza i stan. Wartości parametrów charakterystycznych podano w tabeli 1. W podłożu projektowanego obiektu wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

Warstwa I - nasypy

Warstwę tworzą nasypy zbudowane z piasków średnich, piasków gliniastych, gruzu ceglanego i betonowego. Warstwa ta występuje przy powierzchni na całym analizowanym terenie. Miąższość tej warstwy wynosi od 0,7 do 1,8 m. Są to grunty nienośne.

Warstwa IIa – luźne osady piaszczyste

Warstwę tworzą rzeczne piaski drobne i średnie w stanie luźnym. Piaski leżą bezpośrednio pod nasypami lub osadami zastoiskowymi facji powodziowej (IIc).

Mięszczość tych osadów wynosi od ok. 0,8 m do ok. 1,1 m. Wartości parametrów charakterystycznych podano w tabeli 1.

Warstwa IIb - średniozagęszczone osady piaszczyste

Warstwę tworzą rzeczne piaski o różnej granulacji, drobnych do grubych z przewarstwieniami żwirów, otoczków i pospółek. Są to grunty nośne – w stanie średnio zagęszczonym. Piaski leżą bezpośrednio pod piaskami warstwy IIa. Mięszczość tych osadów wynosi od ok. 3 m do ok. 5 m. W warstwie tej znajduje się swobodne zwierciadło wód gruntowych. Wartości parametrów charakterystycznych podano w tabeli 1.

Warstwa IIc – utwory zastoiskowe

Warstwę tworzą występujące lokalnie namuły i gliny pylaste oraz gliny pylaste zwięzłe. Utwory te w otworach OW 2 i OW 5 stwierdzono bezpośrednio pod warstwą nasypów, a w otworze OW 1 na głębokości 5,5 m ppt. Mięszczość tych gruntów jest niewielka i nie przekracza 0,6 m. Osady te w obrębie projektowanego obiektu, występują powierzchniowo lub powyżej poziomu posadowienia pawilonu wystawowego. Zostaną one wybrane w trakcie wykonywania wykopu, a ich mięszczość jest pomijalna w obliczeniach geotechnicznych. Z tego powodu zostały potraktowane jako grunty nienośne (bez parametrów)

Warstwa IIIa, IIIb, – iły mio-plioceńskie

Warstwę tworzy ciągły poziomy iłów, iłów pylastych, glin pylastych i glin pylastych zwięzłych. Utwory te występują w stanie półzwałym i lokalnie twardoplastycznym. Na podstawie badań in situ rozdzielono tę warstwę na dwa kompleksy w zależności od wartości parametrów wytrzymałościowych. Górna (IIIa), o niższych parametrach, sięga średnio do głębokości około 2 m poniżej stropu iłów. Są to grunty nośne, w których prawie w całości posadowiony będzie obiekt. Dolne wydzielenie iłów (IIIb) cechuje się wyższymi parametrami wytrzymałościowymi, a jego spąg nie został osiągnięty badaniami. Wartości parametrów charakterystycznych podano w tabeli 1.

Warstwa IIIc – pylaste i piaszczyste przewarstwienia iłów plioceńskich

Nieciągła, występująca lokalnie w obrębie wydzieleni IIIa i IIIb, warstwa wykształcona w postaci pyłów oraz piasków zaglinionych. Osady te tworzą soczewki, w obrębie których występuje woda zarówno w postaci sączeń jak i warstw pod ciśnieniem. Wartości parametrów charakterystycznych podano w tabeli 1.

Wartości charakterystyczne parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych ustalono na podstawie wykonanych badań terenowych (w tym sondowań), badań laboratoryjnych oraz doświadczeń własnych z uwzględnieniem korelacji z normy PN-81/B-03020 (w zależności od cechy wodącej gruntu – I_L , I_D).

6.2. Parametry geotechniczne

Wartości charakterystyczne parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych ustalono na podstawie wykonanych badań terenowych (w tym sondowań), badań laboratoryjnych oraz doświadczeń własnych z uwzględnieniem korelacji z normy PN-81/B-03020 (w zależności od cechy wodącej gruntu – I_L , I_D).

Tabela 1. Charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych dla wydzielonych warstw

Warstwa geotechniczna	Litologia	Stan gruntu I_b/I_L [-]	Gęstość objętościowa $[Mg/m^3]$	Badania terenowe				Badania laboratoryjne			
				CPTU		SDMT		Kąt tarcia wewn. ϕ [°]	Spójność c [kPa]	Moduł odkształcenia E_0 [MPa]	Współczynnik filtracji k [m/s]
				Opór na stożku q_c [MPa]	Wytrzymałość na ścianie w warunkach bez odpyływu C_u (S_u) [kPa]	Moduł odkształcenia M_{DMT} [MPa]	Moduł ścinania G_0 [MPa]				
I (nasypty)	NN	-	-	0,2÷1,5 <u>~0</u>	-	-	-	-	-	-	-
IIa (piaski rzeczne luźne)	Pd, Ps,	I_n $I_b = 0,29$	1,90	4,0÷5,2 <u>4,9</u>	-	<u>35</u> *	<u>50</u>	<u>29</u> *	<u>0</u> *	120*	$10^{-4} - 10^{-5}$
IIb (piaski rzeczne zagęszczone)	Pd, Ps, Pr, Ż, Po	szg $I_b = 0,48$	1,90	6,3÷11,4 <u>11</u>	-	80÷100 <u>100</u>	46÷80 <u>60</u>	<u>33</u> *	<u>0</u> *	190*	$10^{-3} - 10^{-4}$
IIc (osady zastoiskowe)	Nmp, Gπz, Nm	~pl $I_L \sim 0,5$	-	0,4÷1,2 <u>0,8</u>	-	-	-	-	-	-	-
IIIa (iły plicieńskie)	I, Iπ, Gπ, Gπz, Π,	tpl $I_L = 0,1$	2,10	4,0÷5,2 <u>2,1</u>	30÷200 <u>140</u>	25÷27 <u>2</u>	42÷59 <u>48</u>	12	28	140*	$10^{-9} - 10^{-10}$
IIIb (iły plicieńskie)	I, Iπ, Gπ, Gπz, Π,	pzw $I_L = 0,0$	2,10	3,1÷5,2 <u>5,2</u>	300÷600 <u>355</u>	43÷92 <u>45</u>	56÷102 <u>80</u>	14÷15 <u>14</u>	26÷37 <u>35</u>	211÷560 Śr.385	$10^{-9} - 10^{-10}$
IIIc (iły plicieńskie)	Π, Pzag	tpl	2,00	5,8÷6,9 <u>6,9</u>	-	<u>0</u> **	-	<u>25</u> *	<u>5</u> *	-	$10^{-5} - 10^{-6}$

0,2÷1,5 - min÷max.

10- ustalona wartość charakterystyczna jako wartość średnia lub oszacowanie eksperckie zgodnie z EC

*- wartości z badań terenowych (in situ)

** - wartość ustalona na podstawie doświadczeń

Podane wartości charakterystyczne wykorzystane do modeli obliczeniowych ustalono jako wartość średnie lub oszacowanie eksperckie zgodnie z EC7 [14], [15].

6.3. Współczynniki bezpieczeństwa

Zgodnie z normą PN-EN 1997-1 [14] w celu uzyskania obliczeniowych wartości oddziaływań, parametrów geotechnicznych i oporów gruntu, ich wartość charakterystyczną należy pomnożyć lub podzielić przez odpowiedni współczynnik bezpieczeństwa. Wartości współczynników przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Wartości współczynników częściowych przy sprawdzaniu stanów granicznych nośności (GEO) według tablicy NA.2 normy [14].

			Stany graniczne nośności – podejście 2*			Stateczność – podejście 3		
			A1	M1	R2	A2	M2	R3
Do oddziaływań	Stałe	Niekorzystne	1,35			1,0		
		korzystne	1,0			1,0		
	zmienne	niekorzystne	1,5			1,3		
Do właściwości gruntu	tan ϕ' (efektywny)			1,0		1,25		
	efektywna spójność			1,0		1,25		
	wytrzymałość bez odpływu			1,0		1,4		
	wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie			1,0		1,4		
	ciężar objętościowy			1,0		1,0		
Do oporu gruntu	fundamenty bezpośrednie	wyparcie		1,4				
		poślizg		1,1				
	pale	podstawa		1,1				
		pobocznicza		1,1				
		całkowity opór		1,1				
		wyciąganie		1,15				
	kotwy	tymczasowe		1,1				
		trwałe		1,1				
	ściany oporowe	wyparcie		1,4				
		opór ze względu na poślizg		1,1				
		odpór graniczny		1,4				
	skarpy	opór graniczny					1,0	

6.4. Stan graniczny nośności

Wymagany w normie PN-EN 1997-1 [14] sposób sprawdzania uzależniony jest od typu rozważanego stanu granicznego nośności. Typy stanów granicznych, które należy rozważyć:

- Utrata stateczności konstrukcji (równowagi jako ciała sztywnego) EQU
- Utrata nośności konstrukcji (elementu) STR
- Utrata nośności podłoża lub katastrofalne odkształcenia GEO
- Utrata stateczności konstrukcji na skutek ciśnienia wody (wypór) UPL
- Wypiętrzenie lub przebicie hydrauliczne gruntu HYD

Sprawdzenie stanu granicznego nośności GEO (z wyjątkiem stateczności skarp), zgodnie z załącznikiem krajowym do normy PN-EN-1997-1 [14] wymaga zastosowania podejścia obliczeniowego DA2*. Należy przyjąć następującą kombinację zestawów współczynników częściowych dla tego podejścia:

A1 “+” M1 “+” R2

Analiza prowadzona jest dla charakterystycznych wartości parametrów geotechnicznych, a w celu uzyskania wartości obliczeniowych, współczynniki bezpieczeństwa stosuje się do wartości obciążeń oraz oporu podłoża.

Dla sprawdzenia stateczności skarp nasypów i wykopów, zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 1997-1 [14] przy sprawdzeniu stanu granicznego nośności GEO, należy wykorzystać podejście obliczeniowe DA3. W podejściu tym stosuje się następującą kombinacją zestawów współczynników częściowych:

A2 “+” M2 “+” R3

W celu uzyskania wartości obliczeniowych, częściowe współczynniki bezpieczeństwa stosuje się do wartości obciążeń oraz parametrów geotechnicznych.

Kryterium nośności dla rozpatrywanego stanu granicznego przyjmuje postać:

$$E_d \leq R_d$$

gdzie: E_d – wartość obliczeniowa skutków oddziaływań wg normy PN-EN 1997-1,

R_d – wartość obliczeniowa oporu na oddziaływanie wg normy PN-EN 1997-1.

6.5. Stan graniczny użyteczności

Norma *PN-EN 1990:2004 Podstawy projektowania konstrukcji*, podaje, że stany graniczne użyteczności należy rozpatrywać w aspekcie:

- deformacji (ugięcia, obroty), która wpływa na wygląd konstrukcji, powoduje uszkodzenia warstw wykończeniowych (tynków, obudowy itp.) i elementów

niekonstrukcyjnych, czego efektem jest pogorszenie komfortu użytkowania i funkcji obiektu;

- drgań konstrukcji powodujących dyskomfort dla użytkownika obiektu oraz obniżających funkcjonalność obiektu;
- uszkodzeń (np. rysy w elementach betonowych), które wpływają niekorzystnie na wygląd, trwałość i funkcje konstrukcji.

Warunkiem spełnienia tego stanu granicznego jest zachowanie nierówności:

$$E_d \leq C_d$$

gdzie: E_d – wartość obliczeniowa skutków oddziaływań,

C_d – wartość graniczna efektów oddziaływań.

Dla sprawdzenia stanu granicznego użytkowalności należy przyjąć współczynniki częściowe bezpieczeństwa równe 1,0, zarówno po stronie obciążeń, jak i parametrów geotechnicznych.

7. Obliczenia geotechniczne

7.1. Założenia obliczeniowe

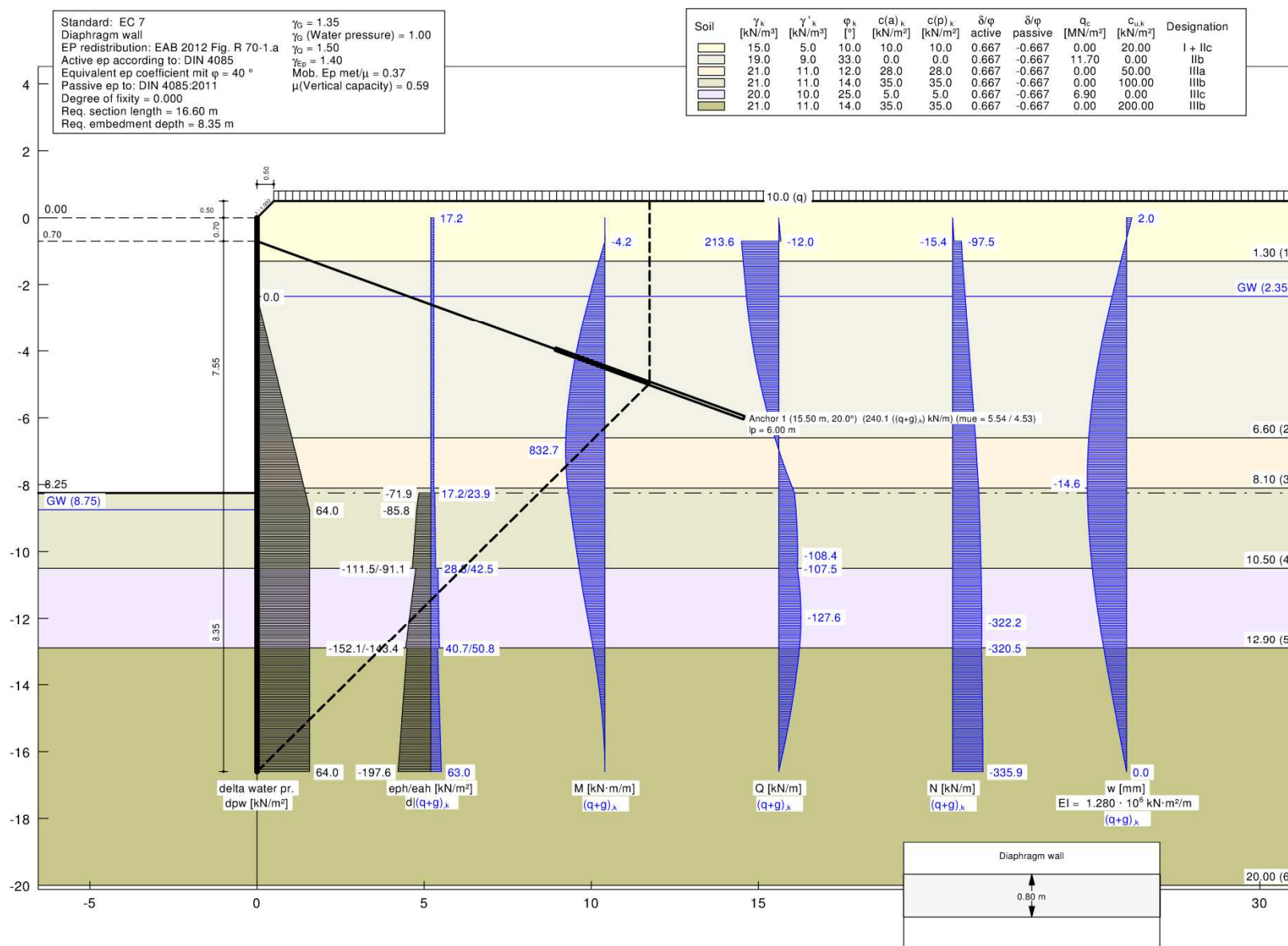
W ramach niniejszego projektu geotechnicznego przeprowadzono wstępne obliczenia mające na celu sprawdzenie najważniejszych stanów granicznych nośności związanych z realizacją i posadowieniem obiektu. Obliczenia zabezpieczenia wykopu za pomocą ścian szczelinowych przeprowadzono wykorzystując program GGU-RETAIN 7. Analizę wykonano zgodnie z zaleceniami Eurokodu 7 [14]. Wartości charakterystyczne parametrów geotechnicznych przyjęto na podstawie tabeli nr 1, natomiast wartości współczynników częściowych według zaleceń załącznika krajowego do Eurokodu 7 na podstawie tabeli nr 2. Obliczenia przeprowadzono dla profilu gruntowego według otworu OW8 [6] oraz w oparciu o ogólne informacje udostępnione przez Zamawiającego [2] i [3].

W obliczeniach przyjęto schemat statyczny, zakładając realizację jednego rzędu tymczasowych kotew gruntowych z głowicami zlokalizowanymi na poziomie oczepu ściany. Przyjęto swobodne podparcie części ściany szczelinowej zagłębionej w gruncie. Założono, że obciążenie zmienne naziomu (np. na skutek prowadzenia prac budowlanych) nie przekroczy 10 kPa.

7.2. *Rezultaty obliczeń dla ścian szczelinowych*

Rezultaty obliczeń statycznych ściany dla przyjętych wstępnie założeń oraz profilu gruntowego przedstawiono na rys. 2. Niezbędne zagłębienie ściany w gruncie zostało obliczone iteracyjnie w celu osiągnięcia koniecznego odporu gruntu zapewniającego stateczność ściany szczelinowej, a tym samym spełnienie stanu granicznego nośności GEO. Maksymalne obliczone przemieszczenie poziome ściany wynosi 15 mm. Maksymalny moment zginający wynosi 833 kNm/m.

Na etapie opracowania projektu wykonawczego konstrukcji należy przeanalizować wszelkie istotne stany graniczne nośności i użytkowości w oparciu o ostatecznie przyjęte rozwiązania projektowe.



Rys. 2 Obliczenia statyczne ściany szczelinowej z uwagi na warunek stanu granicznego nośności GEO

7.3. Tymczasowe kotwy gruntowe

Na etapie opracowania projektu wykonawczego tymczasowych kotew gruntowych, po sprecyzowaniu stosowanej metody techniki realizacji i ostatecznego zakresu strefy zakotwienia, zalecane jest wykonanie dodatkowych badań uzupełniających podłoża poza obrysem ścian szczelinowych. Dodatkowo należy przy doborze technologii wziąć pod uwagę lokalizację buławy kotwy. Nie zaleca się lokalizacji buław kotew w gruntach charakteryzujących się różną odkształcalnością (częściowo w gruntach gruboziarnistych, częściowo w drobnoziarnistych), gdyż może to negatywnie wpływać na mobilizację ich nośności. Z uwagi na realizację kotew z poziomu oczepu ścian szczelinowych, należy zwrócić szczególną uwagę na przewidywany nadkład gruntu ponad buławą kotwy. W przypadku kotew iniekcyjnych nie powinien być on mniejszy niż 4,5 m.

7.4. Warunek stanu granicznego nośności z uwagi na wypór UPL

Przeprowadzono analizę stanu granicznego nośności UPL dla etapu realizacji wykopu, przed obciążeniem konstrukcją. Przyjęto profil gruntu i poziom ciśnienia hydrostatycznego wody na podstawie otworu OW8. Wartość charakterystyczna ciśnienia hydrostatycznego (wyporu) działającego na spąg warstw nieprzepuszczalnych:

$$V_{dst,k} = 10kN / m^3 \cdot (11.0m - 5.0m) = 60.0kPa$$

Wartość charakterystyczna sił stabilizujących od nadkładu gruntu:

$$G_{stb,k} = 21.0kN / m^3 \cdot (11.0m - 8.8m) = 46.2kPa$$

Warunek stanu granicznego nośności z uwagi na wypór wody według PN-EN 1997-1 przyjmuje postać:

$$V_{dst,d} \leq G_{stb,d}$$

$$\gamma_{G,dst} \cdot V_{dst,k} \leq \gamma_{G,stb} \cdot G_{stb,k}$$

$$1,00 \cdot V_{dst,k} \leq 0,90 \cdot G_{stb,k}$$

Porównując obliczeniowe wartości oddziaływań destabilizujących i stabilizujących otrzymujemy:

$$(1,00 \cdot 60.0kPa = 60.0kPa) > (0,90 \cdot 46.2kPa = 41.6kPa)$$

Warunek stanu granicznego nośności (UPL) dla stateczności dna wykopu nie jest spełniony.

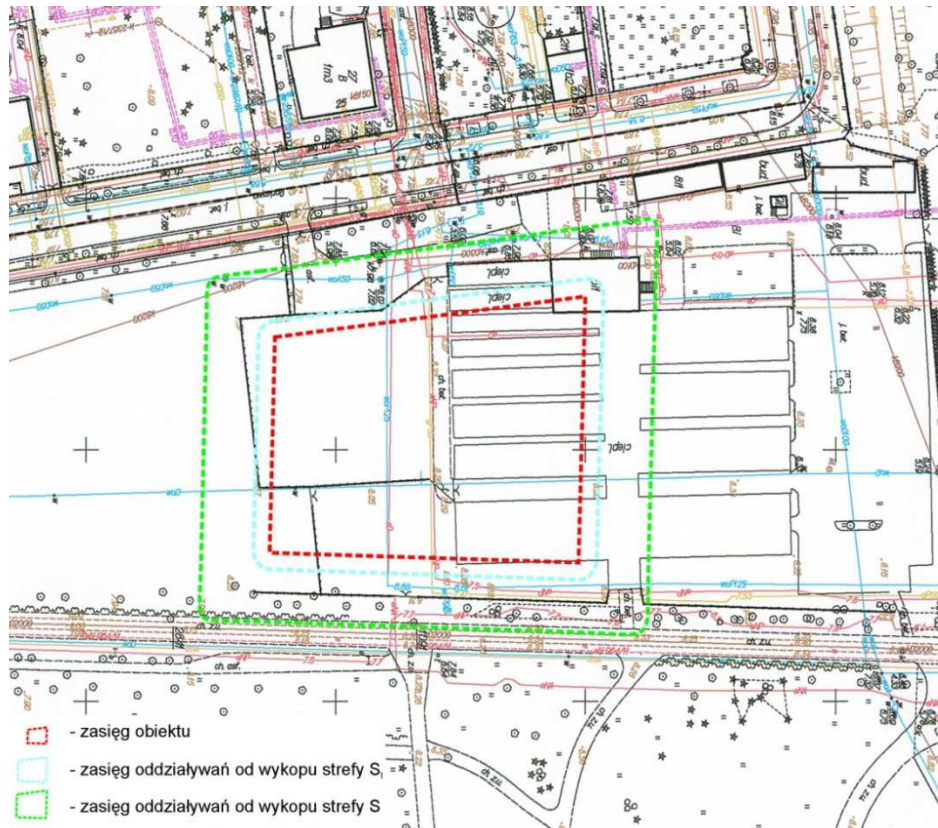
W obliczeniach statycznych konstrukcji należy założyć, że na płytę fundamentową obiektu będzie oddziaływało parcie hydrostatyczne. Z uwagi na względnie niewielki ciężar konstrukcji oraz fakt, że stanowi ją głównie część zagłębiona w gruncie, we wstępnym projekcie konstrukcji [3] przewidziano zastosowanie baret kotwiących. Mają one na celu zakotwienie konstrukcji z uwagi na wypór w docelowym układzie pracy konstrukcji oraz zmniejszenie momentów zginających w płycie fundamentowej wywołanych parciem hydrostatycznym. Z uwagi na wstępnie przewidywaną długość baret równą 14 m poniżej projektowanego poziomu posadowienia, zaleca się realizację dodatkowych geotechnicznych badań uzupełniających w celu uszczegółowienia i potwierdzenia budowy podłoża w obrębie warstw ilów plioceńskich. Ma to związek z występującymi w nich przewarstwieniami nawodnionych gruntów gruboziarnistych (piaszczystych) z wodą pod ciśnieniem oraz potwierdzeniem przyjętych założeń projektowych.

8. Stateczność skarpy warszawskiej

Z uwagi na znaczną odległość projektowanego obiektu od skarpy warszawskiej (ok. 200 m) nie zachodzi potrzeba przeprowadzenia szczegółowych obliczeń wpływu niniejszej inwestycji na stateczność skarpy. Projektowany obiekt zlokalizowany jest poza strefą zagrożoną ruchami masowymi.

9. Ocena oddziaływania na obiekty sąsiednie

Zasięg oddziaływania wykopu związany z przemieszczeniami gruntu, zgodnie z instrukcją ITB [9], nie obejmuje żadnych obiektów budowlanych leżących w sąsiedztwie projektowanej inwestycji. Obszar wpływu inwestycji przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Zasięg oddziaływań związanych z osiadaniem gruntu od wykopu

Wyznaczone na rys. 3 strefy zasięgu oddziaływań w funkcji głębokości wykopu z uwagi na warunki gruntowe wyniosły:

- dla strefy oddziaływań bezpośrednich S_1 - $0,5H_w$ ($\sim 3,5\text{m}$),
- dla strefy oddziaływań S – $2,0H_w$ ($\sim 14\text{m}$),

Pomimo braku obiektów w strefie oddziaływania wykopu zaleca się prowadzenie obserwacji przemieszczeń ścian szczelinowych (pomiaru poziome i pionowe), w celu kontrolowania założeń projektowych i jako podstawa do podjęcia ewentualnych działań w przypadku stanów awaryjnych.

10. Wpływ na kondycję drzew i krzewów

Wpływ na kondycję drzewostanu został szczegółowo opisany w załączniku nr 14 do dokumentacji geologiczno-inżynierskiej [6]. Przedstawiono w nim aktualny stan drzew oraz wskazano wytyczne dotyczące sposobu ich zabezpieczenia. Nie przewiduje się obniżenia zwierciadła wód gruntowych poza obrębem wykopu realizowanego w obudowie ścian szczelinowych. Odwodnienie nie wywoła depresji zwierciadła wód gruntowych, a tym samym nie będzie miało negatywnego wpływu na otaczającą roślinność.

11. Wnioski i zalecenia

1. Na obszarze projektowanego obiektu występują:
 - a. Grunty antropogeniczne o miąższości do ok. 1,6 m,
 - b. Grunty organiczne o miąższości do ok. 0,6 m,
 - c. Grunty niespoiste (piaski) o miąższości ok. 5 m,
 - d. Grunty spoiste (iły plioceńskie) - w poziomie ich stropu przewidywane jest posadowienie płyty dennej.
2. Zwierciadło wód gruntowych kształtuje się około rzędnej 6,0 m n „0” Wisły, tj. około 5 m powyżej projektowanego poziomu posadowienia.
3. Obiekt zakwalifikowano do III kategorii geotechnicznej z uwagi na lokalizację w obszarze doliny rzecznej.
4. W podłożu obiektu wydzielono 7 warstw geologiczno-inżynierskich, dla których podano charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych (tab. 1).
5. W poziomie posadowienia występują głównie iły plioceńskie warstwy IVa oraz lokalnie piaski warstwy III w stanie średniozagęszczonym.
6. Realizacja wykopu zabezpieczonego obudową ze ścian szczelinowych zagłębionych w iłach „plioceńskich” zapewni odcięcie pierwszego poziomu wodonośnego.
7. Obszar, na którym zaprojektowano inwestycje leży poza obszarem zagrożonym podtopieniami.
8. Analizy stanów granicznych nośności należy prowadzić zgodnie z zaleceniami Eurokodu 7 stosując współczynniki podane w załączniku A normy, z których najważniejsze zestawiono w tab. 2 niniejszego projektu.
9. Poziom dna wykopu zlokalizowany jest poniżej zwierciadła wód gruntowych. Po odcięciu dopływu wód za pomocą ścian szczelinowych niezbędne jest odwodnienie wewnątrz wykopu, z uwzględnieniem konieczności obniżenia ciśnienia hydrostatycznego wody w przewarstwieniach gruntów gruboziarnistych zlokalizowanych w obrębie utworów ilastych.
10. Z uwagi na znaczną odległość analizowanej inwestycji od Skarpy Warszawskiej, jej realizacja nie będzie miała wpływu na stateczność skarpy i szczegółowa analiza stateczności nie jest konieczna.
11. Nie przewiduje się odwodnienia skutkującego wytworzeniem leja depresji poza obrębem wykopu, a tym samym nie będzie miało ono negatywnego wpływu na

- analizowaną roślinność. Szczegółową dokumentację drzewostanu i sposobu jego zabezpieczenia przedstawiono w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.
12. Bezpieczna realizacja wykopu wymaga stałego nadzoru geotechnicznego na etapie głębiania ścian szczelinowych, weryfikującego na bieżąco projektowaną min. głębokość zagłębienia ścian z uwagi na występowanie nawodnionych przewarstwień i lokalnych soczewek w iłach.
 13. Prowadzenie prac odwodnieniowych wewnątrz wykopu powinno być prowadzone z poziomów zapewniających bezpieczne ich ujmowanie tak, aby nie dopuścić do przebiccia hydraulicznego i zalania wykopu.
 14. Ponieważ roboty ziemne i posadowienie całego obiektu dotyczy bezpośrednio warstwy iłów „plioceńskich” należy zwrócić szczególną uwagę na staranność prowadzenia robót w wykopie:
 - a. Niedopuszczalne jest zawilgocenie iłów w wykopie z uwagi na jego właściwości ekspansywne,
 - b. Realizacja wykopu do rzędnej docelowej powinna być wykonywana niewielkimi odcinkami z zachowaniem zasady „ostatniego metra” tzn. odkrywania gruntu tuż przed realizacją płyty dennej. Pozwoli to zminimalizować wypiętrzanie dna wykopu w wyniku odprężenia podłoża.
 15. W trakcie budowy monitoring można ograniczyć do obserwacji stanu wód zarówno na zewnątrz jak i wewnątrz obudowy wykopu. Wskazane jest wykonanie między wschodnią granicą obiektu budowlanego a linią drzew dwóch piezometrów w celu porównania położenia zwierciadła wody gruntowej przed i po wykonaniu części podziemnej budynku. W zasięgu oddziaływań związanych z osiadaniem gruntu od wykopu nie występują żadne budynki (poza szklarniami i budynkiem administracyjnym, które zostaną usunięte).
 16. Po wyborze ostatecznych rozwiązań projektowych i technologii realizacji na etapie projektu wykonawczego, należy wykonać geotechniczne badania uzupełniające w celu uszczegółowienia budowy podłoża, ze szczególnym uwzględnieniem strefy zakotwienia poza obrysem ścian szczelinowych oraz głębokości poniżej zaprojektowanych ścian i baret.
 17. Do projektu ścian szczelinowych można przyjmować parametry geotechniczne podane w niniejszej dokumentacji.

18. Po zakończeniu prac należy przeprowadzić ocenę stanu drzew i ich środowiska w celu określenia indywidualnej pielęgnacji drzew, które znalazły się w strefie oddziaływania inwestycji.
19. W czasie budowy powinien być pełniony niezależny nadzór dendrologiczny.

NE

m. n. "0" Wisły

OW 6
8.05

SDMT
8.17

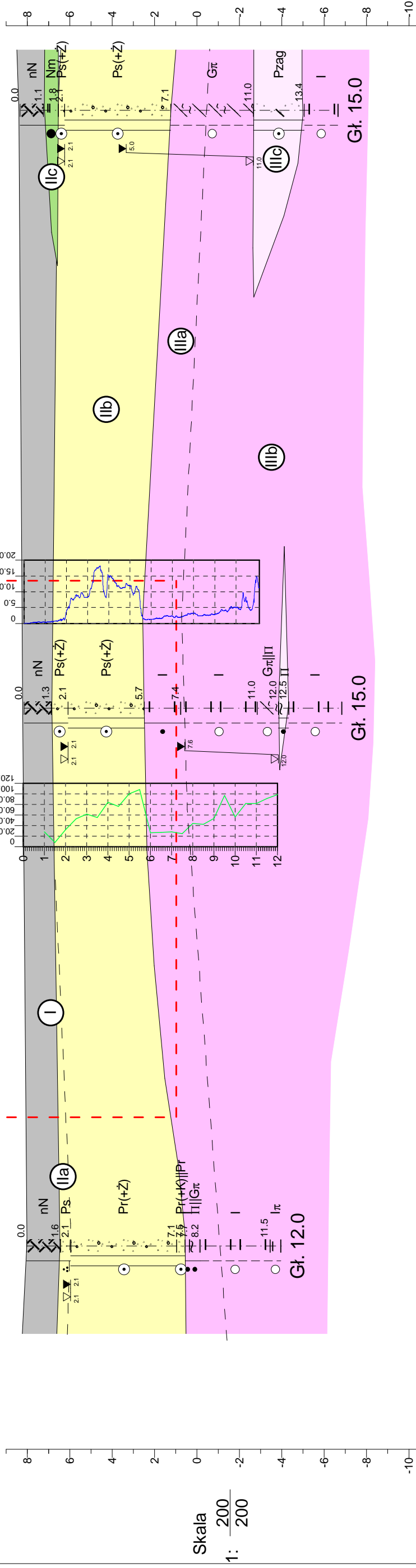
OW 7
8.17

CPTU
8.17

OW 8
8.34

WWS

m. n. "0" Wisły



Skala
1: 200

25.4m

0.0m

OW 6

OW 7

OW 8

--- orientacyjny obrys budynku



Instytut Techniki Budowlanej

Zař.Nr
1.1


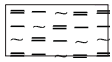
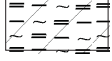
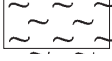
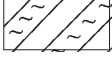
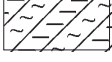
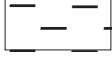
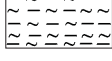
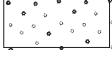

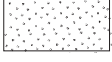
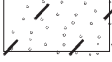
Opracował	Data	Nazwisko	Podpis
Weryfikował	06.2014	mgr inż. Ł. Kaczyński	<i>[Signature]</i>
	06.2014	dr inż. T. Godlewski	<i>[Signature]</i>

Charakterystyczny przekrój
geotechniczny na podstawie [6]

Skala
1: 200

OBJAŚNIENIA DO PROFILI I PRZEKROJÓW







Litologia:

	nN	nasyp niebudowlany
	Nm	namuł
	Nmg	namuł gliniasty
	II	pył
	Gπ	glina pylasta
	Gπz	glina pylasta zwięzła
	I	ił
	Iπ	ił pylasty
	Pr	piasek grubo
	Ps	piasek średni
	Pd	piasek drobny
	Pzag	piasek zagliniony

Warstwy geologiczno-inżynierskie:

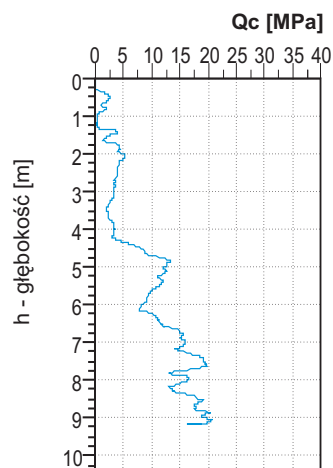
	Nasypy
	Luźne osady piaszczyste
	Średniozagęszczone osady piaszczyste
	Osady zastoiskowe
	Iły plicieńskie (niższe parametry wytrzymałościowe)
	Iły plicieńskie (wyższe parametry wytrzymałościowe)
	Pylaste i piaszczyste przewarstwienia iłów plicieńskich

Symbole dodatkowe:

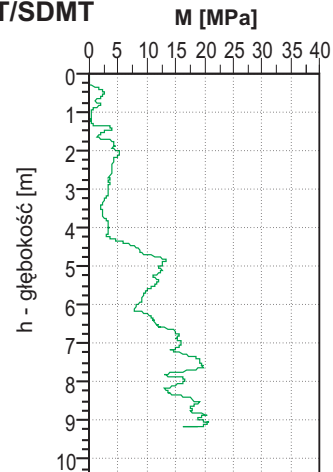
	ustalony poziom wody	$\frac{OW1}{7.40}$	numer otworu / rzędna otworu
	nawiercony	/	grunty na pograniczu
	domieszki innego gruntu		sączenia
	Drobne przewarstwienia		orientacyjny obrys budynku

Objaśnienia sondowań:















a) sondowania statyczne CPTU



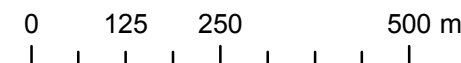
b) sondowania dylatometryczne DMT/SDMT



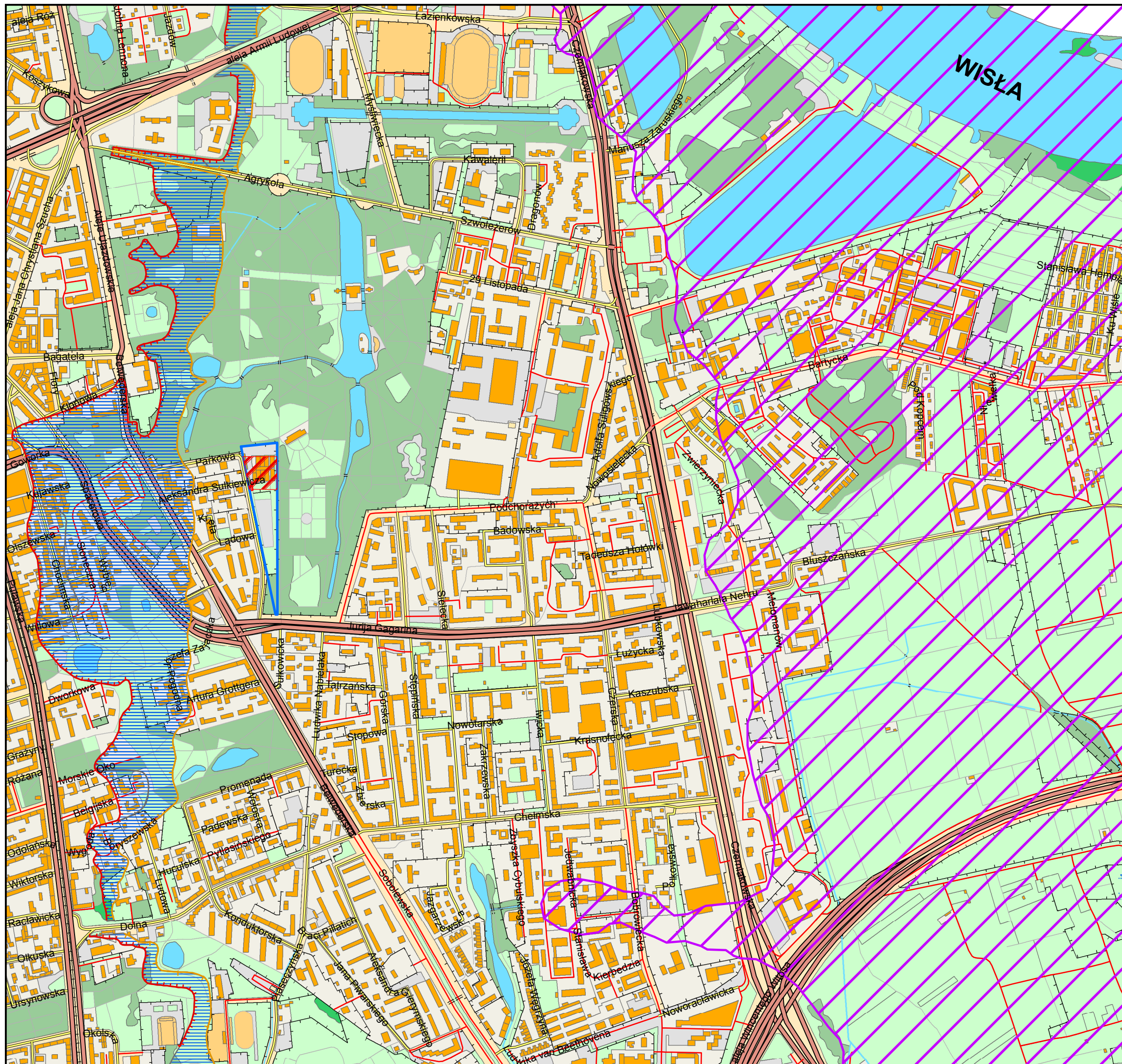
Objaśnienia stanów gruntów:

Stan gruntu			
wilgotność		mało wilgotny	mw
		wilgotny	w
		mokry	m
		nawodniony	nw
konsystencja		zwały	zw
		pózwarty twar-	pzw
		doplastyczny	tpl
		plastyczny	pl
		miękkoplastyczny	mpl
		płynny	
zagęszczenie		luźny	ln
		średnio zagęszczony	szg
		zagęszczony	zg
		bradzo zagęszczony	bzg

MAPA OBSZARÓW ZAGROŻEŃ GEODYNAMICZNYCH ORAZ TERENÓW ZAGROŻONYCH PODTOPIENIAMI



1:10 000



Objaśnienia

Projektowane obiekty

- Pawilon wystawowy
- Ogród XXI w.

Obszary zagrożone

- Dolna krawędź skarpy
- Górna krawędź skarpy
- Obszar Skarpy Warszawskiej

- opracowane na podstawie: Sprawozdania z obserwacji Skarpy Warszawskiej w granicach administracyjnych m.st. Warszawy ITB 2012 r.

- Obszar zagrożony podtopieniami

- opracowane na podstawie: Mapy obszarów zagrożonych podtopieniami w Polsce, Z. Nowicki, J. Prazak, Z. Frankowski i inni, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2007