



PRZEDSIĘBIORSTWO GEOTECHNICZNO-KONSULTINGOWE

GEOTECH[®] Sp. z o.o.

85-383 BYDGOSZCZ

UL. KARTUSKA 15

NIP 554-030-81-06

REGON 008004517

KRS 0000226657

Nr pracy

3007/2017

Nr opracowania

01

P r z e b u d o w a i u m o c n i e n i e k a n a ł u G r u n w a l d z k i e g o

Z A D A N I E

**E n e r g o p r o j e k t W a r s z a w a S . A .
u l . K r u c z a 6 / 1 4 , 0 0 - 5 3 7 W a r s z a w a**

ZAMAWIAJĄCY

TEMAT OPRACOWANIA

Geotechniczne warunki posadowienia

- 1. Opinia geotechniczna**
- 2. Dokumentacja badań podłoża gruntowego**

Autorzy opracowania	Imię i nazwisko, numer uprawnień	Podpis
	mgr inż. Joanna Bachusz - Skorupa uprawnienia geologiczne XI-027/POM uprawnienia geologiczne XII-012/POM uprawnienia geologiczne VII-1603	
	mgr Paulina Kosińska	
	mgr inż. Anna Kozłowska uprawnienia geologiczne XI-095/POM uprawnienia geologiczne XII-050/POM uprawnienia geologiczne VII-1801	
	Patrycja Szmelter	

BYDGOSZCZ, PAŹDZIERNIK 2017 ROK

SKŁAD OSOBOWY ZESPOŁU REALIZUJĄCEGO PRACĘ

Prace terenowe:

Bartosz Cholewziński
mgr Mateusz Kozłowski
mgr Paweł Krzyżanowski
Piotr Marciszewski
Janusz Sołtysiak
Jerzy Zieliński

Dokumentacja wynikowa:

mgr inż. Joanna Bachusz-Skorupa
uprawnienia geologiczne VII-1603
uprawnienia geologiczne XI-027/POM
uprawnienia geologiczne XII-012/POM
mgr Paulina Kosińska
mgr inż. Anna Kozłowska
uprawnienia geologiczne VII-1801
uprawnienia geologiczne XI-090/POM
uprawnienia geologiczne XII-050/POM
Patrycja Szmelter

Badania laboratoryjne:

mgr Paulina Kosińska

SPIS TREŚCI

do geotechnicznych warunków posadowienia

SPIS TREŚCI.....	3
SPIS ZAŁĄCZNIKÓW.....	4
CZĘŚĆ OPISOWA	5
1. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA	5
1.1. Podstawa opracowania.....	5
1.2. Przedmiot opracowania	5
1.3. Zakres i cel opracowania	5
2. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ	6
2.1. Położenie terenu badań.....	6
2.2. Fizjografia, morfologia, hydrografia.....	6
2.3. Zagospodarowanie terenu	7
2.4. Budowa geologiczna	7
2.5. Warunki hydrogeologiczne.....	9
2.5.1. Charakterystyka jednostki hydrogeologicznej	9
2.5.2. Obserwacje występowania wód podziemnych	9
2.5.3. Warunki filtracji	10
2.5.4. Położenie względem Głównych Zbiorników Wód Podziemnych	11
3. OPINIA GEOTECHNICZNA.....	11
3.1. Przydatność gruntów dla potrzeb budownictwa	12
3.2. Kategoria geotechniczna	13
3.3. Stopień skomplikowania warunków gruntowych	13
4. DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO	14
4.1. Zakres, metodyka, wyniki oraz interpretacja wykonanych polowych i laboratoryjnych badań gruntów	14
4.1.1. Prace terenowe (polowe)	14
4.1.1.1. Wiercenia geotechniczne	14
4.1.1.2. Sondowania dynamiczne	15
4.1.1.3. Sondowanie obrotowe – badanie sondą krzyżakową FVT .	15
4.1.1.4. Opróbowanie wyrobisk	16
4.1.2. Badania laboratoryjne	16
4.2. Model geologiczny podłoża gruntowego	16
4.2.1. Warunki geotechniczne w rejonie projektowanej inwestycji .	17

4.2.2. Charakterystyka wydzielonych warstw geotechnicznych wraz z danymi geotechnicznymi.....	17
---	----

5. PODSUMOWANIE, WNIOSKI I ZALECENIA 21

6. MATERIAŁY WYKORZYSTANE W DOKUMENTACJI 22

6.1. Przepisy prawne.....	22
6.2. Normy państwowe i branżowe.....	23
6.3. Mapy.....	23
6.4. Objaśnienia.....	24
6.5. Literatura.....	24

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW do geotechnicznych warunków posadowienia

Z1	Mapa topograficzna Polski. Skala 1:50 000.
Z2.	Mapa dokumentacyjna. Skala 1:1 000.
Z3.	Objaśnienia znaków i symboli.
Z4.	Legenda do przekrojów.
Z5.	Przekroje geotechniczne.
Z5/1	Przekrój geotechniczny I-I. Skala 1:100/1 000.
Z5/2	Przekrój geotechniczny II-II. Skala 1:100/1 000.
Z5/3	Przekrój geotechniczny III-III. Skala 1:100/500.
Z5/4	Przekrój geotechniczny IV-IV. Skala 1:100/500.
Z5/5	Przekrój geotechniczny V-V. Skala 1:100/500.
Z5/6	Przekrój geotechniczny VI-VI. Skala 1:100/500.
Z5/7	Przekrój geotechniczny VII-VII. Skala 1:100/500.
Z5/8	Przekrój geotechniczny VIII-VIII. Skala 1:100/500.
Z5/9	Przekrój geotechniczny IX-IX. Skala 1:100/500.
Z5/10	Przekrój geotechniczny X-X. Skala 1:100/500.
Z5/11	Przekrój geotechniczny XI-XI. Skala 1:100/500.
Z5/12	Przekrój geotechniczny XII-XII. Skala 1:100/500.
Z5/13	Przekrój geotechniczny XIII-XIII. Skala 1:100/500.
Z6.	Wyniki ścinania sondą obrotową FVT.

CZĘŚĆ OPISOWA

do geotechnicznych warunków posadowienia

1. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA

1.1. Podstawa opracowania

Opracowanie wykonano na podstawie zlecenia zawartego pomiędzy firmą Energoprojekt Warszawa S.A. (00-537 Warszawa, ul. Krucza 6/14) a Przedsiębiorstwem Geotechniczno - Konsultingowym GEOTECH[®] Sp. z o.o. (85-383 Bydgoszcz, ul. Kartuska 15) pod numerem 3007/2017.

1.2. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest ustalenie geotechnicznych warunków posadowienia na potrzeby przebudowy i umocnienia kanału Grunwaldzkiego.

1.3. Zakres i cel opracowania

Opracowanie swoim zakresem obejmuje:

- opinię geotechniczną,
- dokumentację badań podłoża gruntowego.

Celem opinii geotechnicznej jest ustalenie przydatności gruntów dla potrzeb budownictwa oraz wskazanie sugerowanej kategorii geotechnicznej.

Celem dokumentacji badań podłoża gruntowego jest rozpoznanie budowy geologicznej i występujących w podłożu warunków hydrologicznych, cech fizycznych i mechanicznych gruntów oraz innych własności gruntów, które mogą mieć wpływ na warunki wykonania zamierzonej inwestycji.

W szczególności celem badań było:

- rozpoznanie budowy geologicznej z uwzględnieniem litologii i miąższości poszczególnych warstw,
- określenie warunków hydrogeologicznych,
- określenie cech fizycznych i mechanicznych gruntów podłoża.

2. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

2.1. Położenie terenu badań

Dokumentowany obszar badań obejmuje kanał Grunwaldzki łączący jeziora Tałtowisko i Kotek Wielki.

Pod względem administracyjnym przedmiotowy kanał zlokalizowany jest w gminie Ryn, powiecie giżyckim w województwie warmińsko - mazurskim.

Orientacyjną lokalizację omawianego terenu badań przedstawiono na mapie topograficznej w załączniku nr Z1.

2.2. Fizjografia, morfologia, hydrografia

Pod względem fizycznogeograficznym dokumentowany teren położony jest w rejonie mezoregionu Kraina Wielkich Jezior (842.83) stanowiącej część makroregionu Pojezierze Mazurskie (842.8), który należy do podprowincji Pojezierze Wschodniobałtyckie (842), będącej częścią prowincji Niż Wschodniobałtycko – Białoruski (84) [24].

Kraina Wielkich Jezior (842.83) rozciąga się w obniżeniu pomiędzy: Pojezierzem Mrągowskim od zachodu i Pojezierzem Ełckim od wschodu. Od północy graniczy z Krainą Węgorapy, od południa z Równiną Mazurską, przy czym granicę tworzą formy marginalne (moreny i kemy) fazy poznańskiej na północ od Rucianego, na południe od Śniardw i Orzysza. Na północ od Śniardw ciągną się w kierunku północno - wschodnim formy marginalne fazy pomorskiej, a jezioro jest misą wytopiskową po wielkiej bryle martwego lodu. Kolejne etapy zanikania czasy lodowcowej zaznaczyły się morenami między Rynem a Giżyckiem i wokół jeziora Niegocin. Największe wysokości nie osiągają nigdzie 200 m n.p.m..

Najbardziej charakterystycznym rysem omawianego regionu jest największy w Polsce zespół połączonych kanałami jezior o łącznej powierzchni 302 km² i o wyrównanym zwierciadle 116 m n.p.m. mający odpływ zarówno na północ przez Węgorapę do Pregoty, jak i na południe przez Pisę i Narew do Wisły.

Połączone zbiorniki wodne dzielą się na trzy grupy obejmujące 24 jeziora. Przedmiotowy kanał łączy jeziora zaliczane do grupy II tj. systemu jezior i kanałów Niegocin - Tałtowisko o łącznej powierzchni 50,81 km².

Dokumentowany obszar badań należy do zlewni Pisy.

Kanał Grunwaldzki łączy jezioro Tałtowisko z jeziorem Kotek Wielki.

Jezioro Tałtowisko ma powierzchnię 327 ha, długość 4370, szerokość 1630 m, głębokość 39 m. Położone jest na Szlaku Wielkich Jezior. Ma ono wydłużony kształt i słabo rozwiniętą linię brzegową. Jest jednym z najbardziej atrakcyjnych łowisk wędkarskich.

Jezioro Kotek z kolei jest niewielkim zbiornikiem (powierzchnia 18 ha, długość 900 m, szerokość 270 m, głębokość 2,5 m). Jezioro to zarośnięte jest wodną i bagienną roślinnością (grzybień, grązel, rdestnica itp.) [21].

2.3. Zagospodarowanie terenu

Dokumentowany obszar badań zlokalizowany jest w obrębie obszarów niewaloryzowanych. Po południowej stronie kanału dominują łąki na glebach pochodzenia organicznego. W obrębie ujścia do jeziora Wielki Kotek od strony południowej występuje zabudowa rozproszona.

Kanał Grunwaldzki znajduje się w granicach Obszaru Chronionego Krajobrazowego o nazwie Krainy Wielkich Jezior Mazurskich. Obszar ten został wyróżniony ze względu na wyróżniający się krajobraz o zróżnicowanych ekosystemach, wartościowych ze względu na możliwość zaspokojenia potrzeb związanych z turystyką i wypoczynkiem lub pełniących funkcję korytarzy ekologicznych. Dokumentowany obszar badań znajduje się poza zasięgiem obszarów Natura 2000 [15, 18, 21].

2.4. Budowa geologiczna

Na podstawie przeprowadzonych badań, literatury geologicznej [20] oraz mapy geologicznej [16] stwierdzono, że podłoże gruntowe w zakresie głębokości wykonanych wierceń

zbudowane jest wyłącznie z utworów czwartorzędowych pokrywających badany teren ciągłą warstwą. Czwartorzęd (Q) reprezentowany jest przez utwory plejstocenu i holocenu.

Do grupy plejstocenu włączono utwory fazy pomorskiej stadiału głównego zlodowacenia północnopolskiego: gliny zwałowe (${}^gQ^{2Pm}_{p4}$), piaski i żwiry wodnolodowcowe (${}^{fg}_{pż}Q^{2Pm}_{p4}$) oraz mułki jeziorne (${}^{li}_{mi}Q^{2Pm}_{p4}$).

Gliny zwałowe są najstarszym stwierdzonym tu osadem fazy pomorskiej. Miąższość glin jest niewielka, średnio wynosi od kilku do kilkunastu metrów. Charakteryzują się zdecydowaną przewagą skał krystalicznych nad węglanowymi.

Piaski i żwiry wodnolodowcowe to piaski drobno i średnioziarniste. Występują na tarasie odpływu wód roztopowych tworząc falistą powierzchnię.

Mułki jeziorne związane są z sedymentacją w obrębie mis jeziornych, przy podwyższonym stanie wód. Ich obecność w obrębie kanału Grunwaldzkiego stwierdzono jedynie lokalnie.

Grupę utworów holocenów tworzą piaski jeziorne (${}^{li}_pQ_h$), torfy (${}_tQ_h$), namuły (${}_nQ_h$) oraz współczesne utwory w postaci nasypów.

Piaski jeziorne powstały na drodze przeróbki brzegowej tworząc listwy tarasów jeziornych. Są to piaski średnio i drobnoziarniste z przewarstwieniami substancji organicznej. Z reguły występują one w sąsiedztwie osadów wodnolodowcowych lub bezpośrednio na nich.

Torfy występują w zaakumulowanych misach jeziornych, w zagłębieniach po martwym lodzie i w zagłębieniach bezodpływowych. Są rezultatem zarastania płytkich zbiorników wodnych i zagłębień wypełnionych wodą. Są to głównie torfy trzcinowe.

Namuły to osady litologicznie zróżnicowane: piaszczyste i gliniaste. Występują na obszarach zagłębień bezodpływowych po martwym lodzie lub w dolinkach okresowo prze-

pływowych, wykorzystywanych przez wody roztopowe i opadowe.

Grunty nasypowe występują przypowierzchniowo. Występują z domieszkami zarówno gruntów niespoistych jak i spoistych, gruboziarnistych, kamienistych, organicznych oraz gruzu ceglanego. Ich obecność jest niewątpliwie związana z istniejącą infrastrukturą (kanał) oraz zagospodarowaniem terenu.

Wzajemne położenie poszczególnych warstw przedstawiono na przekrojach geotechnicznych, które zamieszczono jako załącznik nr Z5.

2.5. Warunki hydrogeologiczne

2.5.1. Charakterystyka jednostki hydrogeologicznej

Przedmiotowy kanał Grunwaldzki zlokalizowany jest w rejonie jednostki hydrogeologicznej I $\frac{abQII}{Q}$ [17].

W granicach tej jednostki występują dwa poziomy wodonośne. Poziomem użytkowym jest pierwszy poziom czwartorzędowy, który występuje przeważnie na głębokości 15 -50 m. Miąższość poziomu wodonośnego wynosi od kilku metrów do 40 m. Poziom wodonośny tworzą piaski i piaski ze żwirem. Jednostka ta charakteryzuje się słabą izolacją lub brakiem izolacji od powierzchni terenu, co stwarza dobre warunki odnawialności wód przez infiltrację powierzchniową i zasilanie boczne. Jednostka ta jest narażona na zanieczyszczenia. Występuje tu na ogół wysoki stopień zagrożenia wód podziemnych [22].

Hydroizohipsy użytkowego poziomu wodonośnego oscylują nieco poniżej rzędnej około 120 m n.p.m. [17].

2.5.2. Obserwacje występowania wód podziemnych

W rejonie wykonanych otworów wiertniczych nawiercono pierwszy poziom wody gruntowej na głębokości od 1,0 m p.p.t. do 6,5 m p.p.t. (na rzędnej od 115,4 do 110,0 m n.p.m.). Woda gruntowa ma charakter swobodny oraz napięty. Woda gruntowa stabilizuje się na głębokości od 1,0 do 2,2 m p.p.t. (na rzędnej około 116,0 m n.p.m.). Warstwę napinającą stanowią grunty organiczne oraz

grunty spoiste (piaski gliniaste, gliny piaszczyste, pyły). Lokalnie, w obrębie gruntów organicznych stwierdzono sączenia.

Z danych zawartych na mapie [14] wynika, że pierwszy poziom wodonośny występuje głębiej – na głębokości 5 – 20 m p.p.t.. Hydroizohipsy pierwszego poziomu oscylują w granicach rzędnej 117,5 m n.p.m.

Terenowe badania geologiczne jedynie częściowo potwierdziły dane zawarte na mapie [14] i dotyczą one poziomu stabilizacji pierwszego poziomu wodonośnego, natomiast pierwszy poziom wodonośny został nawiercony zdecydowanie płycej aniżeli podaje to cytowana mapa.

2.5.3. Warunki filtracji

Szczególnie zróżnicowane wartości współczynnika filtracji wykazują grunty nasypowe. Występujące w podłożu nasypy są gruntami o bardzo zróżnicowanych właściwościach filtracyjnych wynikających z ich zróżnicowanego składu mechanicznego. Nasypy zbudowane przeważnie z gruntów niespoistych wykazują właściwości filtracyjne zbliżone do gruntów sypkich je budujących. Wartość współczynnika filtracji dla nasypów zawierają się w szerokim przedziale od $k_{10}=0,009$ m/d do $k_{10}=40$ m/d.

Grunty organiczne również wykazują bardzo zmienne wartości współczynnika filtracji zawierające się w przedziale od 0,0001 m/d do 40 m/d. Przepuszczalność podłoża organicznego uzależniona jest od rodzaju i frakcjonowania części mineralnych. W miarę wzrostu stopnia rozkładu oraz dużej zawartości frakcji ilastych oraz pylastych, współczynniki filtracji gruntów organicznych maleją, osiągając przy bardzo wysokim stopniu rozłożenia wartości i bardzo dużej zawartości części organicznych skrajnie niskie wartości.

Przepuszczalność glin piaszczystych, piasków gliniastych i pyłów jest bardzo zmienna i zależna od zawartości i uziarnienia frakcji piaszczystej. Orientacyjne wartości współczynnika wodoprzepuszczalności dla glin piaszczystych wynoszą od 0,09 m/d do 0,864 m/d, dla piasków gliniastych od 0,9 m/d do 2 m/d natomiast dla pyłów wynoszą od 0,04 m/d do 0,2592 m/d.

Przepuszczalność gruntów niespoistych uzależniona jest od ich uziarnienia. Dla piasków drobnych od 2 m/d do 8 m/d, dla piasków średnich od 8 m/d do 25 m/d, natomiast dla piasków grubych od 1,987 m/d do 77,76 m/d [26].

2.5.4. Położenie względem Głównych Zbiorników Wód Podziemnych

Dokumentowany obszar badań w obrębie Kanału Grunwaldzkiego znajduje się w obrębie zbiornika 206 Wielkie Jeziora Mazurskie. Zbiornik uznano za średnio i mało podatny na antropopresję. Na obszarze zbiornika występują dwa poziomy wodonośne w utworach czwartorzędowych. Pierwszy występuje do głębokości 60-100 m i wykazuje izolację od powierzchni terenu drugi występuje na głębokości 120 – 140 m.

Wyróżniony w regionie Wielkich Jezior Mazurskich zbiornik w utworach czwartorzędowych obejmuje strefy, gdzie miąższość utworów wodonośnych przekracza na ogół 40 m i sięga 60–100 m poniżej poziomu terenu. Mają one charakter poziomów międzymorenowych. W utworach piaszczystych wydzielono dwa poziomy wodonośne: pierwszy obejmuje utwory zlodowacenia wisły i środkowopolskiego, poziom drugi jest przywiązany do warstw zlodowaceń południowopolskich. Poziomy te rozdziela pakiet glin o miąższości 10–40 m, lokalnie są one rozdzielone tylko cienką warstwą mułków. Pierwszy poziom występuje pod przykryciem glin jest wykształcony w facji piasków średnio i drobnoziarnistych, miejscami ze żwirem. Wydajność studzien wynosi 1680–2160 m³/d, przy depresjach do 10 m [25].

3. OPINIA GEOTECHNICZNA

W przypadku wszystkich kategorii geotechnicznych opracowuje się opinię geotechniczną. Opinia geotechniczna powinna ustalać przydatność gruntów na potrzeby budownictwa oraz wskazywać kategorię geotechniczną obiektu budowlanego [1].

3.1. Przydatność gruntów dla potrzeb budownictwa

Z przeprowadzonych badań wynika, że przypowierzchniową warstwę podłoża (na większości rozpatrywanego terenu) stanowią nasypy dochodzące do głębokości 3,0 m. Zalegające nasypy charakteryzują się bardzo zróżnicowanym składem. Budują je zarówno grunty niespoiste jak i spoiste. W ich składzie spotkać można również grunty organiczne, gruboziarniste (żwiry), kamieniste (otoczaki) oraz gruz ceglany. Z uwagi na ich niejednorodną budowę nie scharakteryzowano ich parametrem geotechnicznym. Występujące w podłożu grunty nasypowe są wątpliwe do wykorzystania jako podłoże budowlane baz zastosowania ulepszeń lub środków wzmacniających.

Na fragmencie kanału Grunwaldzkiego od strony jeziora Tałtowisko w podłożu pod warstwą nasypów stwierdzono znaczne miąższości gruntów organicznych zalegających do głębokości nawet 11,0 m (otwór GR7). Namuły gliniaste o miąższości 0,5 m stwierdzono także w końcowym fragmencie (otwór GR5). Grunty organiczne są gruntami nieprzydatnymi do bezpośredniego posadowienia z uwagi m.in. na małą nośność oraz dużą odkształcalność.

Ponadto podłoże budują grunty niespoiste reprezentowane przez piaski drobne w stanie od średniozagęszczonego do zagęszczonego oraz piaski średnie i grube w stanie od luźnego do zagęszczonego.

Grunty spoiste zalegają w stanie od plastycznego do twardoplastycznego i reprezentowane są przede wszystkim przez piaski gliniaste, lokalnie gliny piaszczyste. W obrębie otworów GR10 i GR11 nawiercono miękkoplastyczne piaski gliniaste o maksymalnej miąższości 2,5 m. W otworze GR-5 na głębokości 3,7 m nawiercono warstewkę plastycznych pyłów o miąższości 0,4 m.

Generalnie można stwierdzić, że podłoże stwarza niekorzystne warunki na potrzeby budownictwa. Na dokumentowanym obszarze badań stwierdzono grunty organiczne oraz słabonośne utwory mineralne takie jak miękkoplastyczne piaski gliniaste. Znaczny obszar badań pokrywają przypowierzchniową

niowo nasypy o zróżnicowanym składzie mineralnych. Woda podziemna stabilizuje się na średniej głębokości 1,6 m p.p.t..

3.2. Kategoria geotechniczna

Kategorię geotechniczną ustala się w opinii geotechnicznej w zależności od stopnia skomplikowania warunków gruntowych oraz konstrukcji obiektu budowlanego, charakteryzujących możliwości przenoszenia odkształceń i drgań, stopnia złożoności oddziaływań, stopnia zagrożenia życia i mienia awarią konstrukcji, jak również od wartości zabytkowej lub technicznej obiektu budowlanego i możliwości znaczącego oddziaływania tego obiektu na środowisko. Kategorię geotechniczną całego obiektu budowlanego lub jego poszczególnych części określa się na podstawie badań geotechnicznych gruntu.

Kategorię geotechniczną, wynikającą ze stopnia skomplikowania warunków gruntowo – wodnych określono generalnie według [1] na II.

Po stwierdzeniu innych od przyjętych w badaniach warunków geotechnicznych gruntu projektant obiektu budowlanego może zmienić kategorię geotechniczną [1, 11].

3.3. Stopień skomplikowania warunków gruntowych

Na dokumentowanym obszarze generalnie stwierdzono występowanie złożonych warunków gruntowych zgodnie z [1]. Istotnym czynnikiem klasyfikującym podłoże do tej kategorii jest występowanie gruntów nasypowych, gruntów organicznych (torfów, namułów) oraz mineralnych gruntów słabonośnych (piasków gliniastych w stanie miękkolastycznym). Ponadto stwierdzono wysoki poziom wody gruntowej na głębokości (woda nawiercona na głębokości od 1,0 ÷ 6,5 m p.p.t.).

Na przedmiotowym obszarze nie stwierdzono niekorzystnych zjawisk geologicznych.

4. DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Dokumentacja badań podłoża zawiera opis metodyki polowych i laboratoryjnych badań gruntów, ich wyniki i interpretację, model geologiczny oraz zestawienie wyprowadzonych wartości danych geotechnicznych dla każdej warstwy [1].

4.1. Zakres, metodyka, wyniki oraz interpretacja wykonanych polowych i laboratoryjnych badań gruntów

Zakres i lokalizacja wykonanych badań wynikał z wytycznych zlecającego wykonanie badań. Metodyka prowadzonych badań i ich interpretacja wynikały z norm technicznych.

4.1.1. Prace terenowe (polowe)

Prace terenowe obejmowały wiercenia, sondowania oraz pobranie próbek gruntu.

4.1.1.1. Wiercenia geotechniczne

Z poziomu istniejącego terenu wykonano 11 otworów wiertniczych o łącznym metrażu 150,5 m. Wiercenia prowadzono zgodnie z metodyką zawartą w normie [9]. Wszystkie wiercenia otworów geotechnicznych prowadzono systemem mechaniczno – obrotowym. Otwory wiertnicze wykonywano o średnicy 4" i 6".

Głębokości poszczególnych otworów są następujące:

Lp.	Głębokość otworu	Liczba otworów	Wyszczególnienie otworów	Łączny metraż wierceń
1.	12,0	1	GR6	12,0
2.	13,0	4	GR1, GR3, GR7, GR8	52,0
3.	13,5	1	GR2	13,5
4.	14,0	3	GR4, GR10, GR11,	42,0
5.	15,0	1	GR5	15,0
6.	16,0	1	GR9	16,0
Razem:				150,5

Lokalizacje wierceń przedstawiono na mapie dokumentacyjnej w załączniku nr Z2. Wyniki wierceń umieszczono na przekrojach geotechnicznych stanowiących załącznik nr Z5.

4.1.1.2. Sondowania dynamiczne

Występujące w podłożu grunty poddano sondowaniu sondą dynamiczną ZWiTB, DPL oraz DPSH. Sondowania dynamiczne prowadzono z powierzchni terenu, po rozpoznaniu profilu litologicznego występujących gruntów. Wykonano 11 sondowań dynamicznych. Wyniki prowadzonych sondowań zinterpretowano dla występujących gruntów niespoistych. Interpretację sondowań DPL oraz DPSH przeprowadzono zgodnie z [9], natomiast ZW-ITB według [23]. Badania prowadzono w odległości około 25 średnic od wykonanego otworu wiertniczego. Pominięto interpretację uderzeń w zakresie głębokości krytycznej [9] co wpływa na korzyść bezpieczeństwa. W trakcie interpretacji wyników sondowań dynamicznych pominięto również zwiększenie liczby uderzeń sondy o 50 % w strefie oddziaływania wody podziemnej.

W tabeli poniżej zestawiono wykonane sondowania dynamiczne:

Lp.	Głębokość sondowania	Liczba sondowań	Wyszczególnienie otworów	Łączny metraż sondowań
1.	2,4	1	GR2	2,4
2.	4,0	1	GR11	4,0
3.	4,2	1	GR10	4,2
4.	5,0	2	GR4, GR5	10,0
5.	6,5	1	GR6	6,5
6.	7,0	1	GR9	7,0
7.	7,5	1	GR3	7,5
8.	13,0	1	GR8	13,0
9.	14,0	1	GR10	14,0
10.	16,0	1	GR9	16,0
Razem:				84,6

Łącznie wykonano 11 sondowań dynamicznych o łącznym metrażu 84,6 m. Metraż i ilość punktów badawczych dostosowano do zakresu występowania gruntów niespoistych. Wyniki sondowań przedstawiono na przekrojach geotechnicznych stanowiących załącznik Z5.

4.1.1.3. Sondowanie obrotowe – badanie sondą krzyżową FVT

Dla występujących w podłożu gruntów organicznych przeprowadzono badanie wytrzymałości

na ścinanie. Badanie przeprowadzono przy użyciu sondy krzyżakowej ZWiTB. Wyniki ścięć zostały przedstawione w załączniku Z6 oraz uwzględnione przy wyznaczaniu parametrów. Wyniki badań, posłużyły przede wszystkim do wyznaczenia wytrzymałości na ścinanie bez odpływu.

Lp.	Numer otworu	Głębokość ścięcia [m p.p.t.]	Rodzaj gruntu
1.	GR7	1,5	T
2.	GR7	2,2	Nmg

4.1.1.4. Opróbowanie wyrobisk

Podczas wykonywania otworów wiertniczych pobrano 92 szt. próbek gruntów, z czego 59 szt. próbek pobrano metodą B oraz 33 szt. próbek pobrano metodą C. Próbkę gruntów pobierano z każdej makroskopowo różnej warstwy i nie rzadziej, niż co około 2 m. Wytypowane próbki przewieziono do laboratorium i ponownie poddano kontrolnym badaniom makroskopowym. W trakcie badań makroskopowych określano dla wszystkich gruntów ich rodzaj, barwę oraz stan wilgotności, a dla gruntów mineralnych spoistych dodatkowo ich stan.

Próbki pobrane metodą B odpowiadały klasie jakościowej 3, natomiast pobierane metodą C odpowiadały klasie jakościowej 5.

Miejsca pobrania próbek przedstawiono na przekrojach geotechnicznych w załączniku Z5.

4.1.2. Badania laboratoryjne

Pobrane w terenie próbki gruntów poddano w laboratorium zakładowym kontrolnym badaniom makroskopowym. W trakcie badań makroskopowych oznaczano rodzaj gruntów ich barwę a dla gruntów spoistych także ich stan.

4.2. Model geologiczny podłoża gruntowego

Na dwuwymiarowy model geologiczny podłoża gruntowego składają się przekroje geotechniczne stanowiące załącznik nr Z5 wraz z legendą przedstawioną w załączniku Z4.

4.2.1. Warunki geotechniczne w rejonie projektowanej inwestycji

Na dokumentowanym obszarze generalnie stwierdzono występowanie złożonych warunków gruntowo-wodnych zgodnie z [1].

Na większości odcinka przypowierzchniowo podłoże budują nasypy o niekontrolowanym składzie mineralnym o maksymalnej miąższości wynoszącej 3,0 m. Od strony jeziora Tałtowisko w podłożu stwierdzono grunty organiczne o miąższości dochodzącej do 11,0 m. Zmierzając w kierunku jeziora Kotek Wielki pod nasypami podłoże budują przede wszystkim grunty piaszczyste reprezentowane przez piaski drobne, średnie i grube w stanie od luźnego do zagęszczonego. Lokalnie w obrębie otworu GR5 stwierdzono soczewki plastycznego pyłu oraz namułu gliniastego o miąższościach nie przekraczających 0,5 m. Pod gruntami niespoistymi przeważają grunty spoiste – głównie piaski gliniaste w stanie plastycznym i twardoplastycznym, lokalnie także twardoplastyczne gliny piaszczyste. W otworze GR10 na głębokości 4,0-4,5 m nawiercono miękkoplastyczne piaski gliniaste zalegające do maksymalnej głębokości 7,0 m p.p.t.. W obrębie gruntów spoistych stwierdzono także średniozagęszczone i zagęszczone piaski drobne i piaski średnie.

Woda gruntowa występuje stosunkowo płytko – stabilizacja ma miejsce na głębokości od 1,0 do 2,2 m p.p.t..

Warunki gruntowo - wodne występujące w podłożu gruntowym obrazują przekroje geotechniczne stanowiące załącznik nr Z5.

4.2.2. Charakterystyka wydzielonych warstw geotechnicznych wraz z danymi geotechnicznymi

W celu dokładniejszej charakterystyki występujących warunków, w podłożu gruntowym dokonano wydzielenia warstw geotechnicznych. Podstawowym kryterium podziału na warstwy, była budowa geologiczna. Dalszy podział wynikał wyłącznie z geotechnicznych właściwości gruntów.

Zgodnie z normą [5] grunty budujące podłoża dokumentowanego terenu zaliczono do:

- nasypowych,
- organicznych nieskalistych,
- rodzimych mineralnych nieskalistych: spoistych i niespoistych.

Występujące w podłożu grunty ujęto w sześć warstw geotechnicznych, przy czym dla trzech z nich wydzielono podwarstwy. Cechy fizyczno - mechaniczne ustalono dla wyodrębnionych warstw na podstawie wykonanych badań terenowych oraz zależności korelacyjnych podanych w normach [3, 4]. Współczynniki materiałowe γ_m parametrów wiodących w poszczególnych warstwach obliczono metodami statystycznymi. W przypadku, gdy wyliczona wartość współczynnika była niewielka, zgodnie z zaleceniami normy [3], nie przyjmowano wartości bliższych jedności niż $\gamma_m=1\pm 0,10$. Uogólnione wartości cech fizyczno - mechanicznych dla wydzielonych warstw geotechnicznych podano w załączniku nr Z4.

Grunty podłoża budowlanego ujęto w następujące warstwy geotechniczne.

Warstwę I - stanowią przypowierzchniowo występujące współczesne nasypy zbudowane zarówno z gruntów drobnoziarnistych niespoistych (piasków drobnych, piasków średnich), drobnoziarnistych spoistych (piasków gliniastych, glin piaszczystych), jak i kamienistych (otoczek) oraz organicznych (gleby próchniczej, torfu) i gruzu ceglanego. Z uwagi na ich bardzo zróżnicowany skład nie wyznaczono dla nich parametru geotechnicznego. Są to grunty wątpliwe do wykorzystania jako podłoże budowlane bez zastosowania ulepszeń lub środków wzmacniających.

Warstwę II - stanowią holoceniowe utwory organiczne w postaci gleby próchniczej, namułu piaszczystego, namułów gliniastych, namułów piaszczystych oraz torfu. Warstwa ta nie stanowi podłoża budowlanego. W obrębie warstwy II wydzielono cztery podwarstwy:

podwarstwę IIa - obejmującą przypowierzchniowo zalegającą glebę próchniczą (humus), której szkielet mineral-

ny zbudowany jest z piasków drobnych, piasków średnich, piasków gliniastych oraz otoczków,

podwarstwę IIb - obejmującą namuły piaszczyste barwy szarej z przewarstwieniami torfów. Ich maksymalna miąższość wynosi 3,1 m i została stwierdzona w otworze GR1.

podwarstwę IIc - obejmującą namuły gliniaste z domieszkami gytii. Ich znaczne miąższości stwierdzono w otworze GR7 (9,2 m). Ich obecność stwierdzono wielokrotnie tj. w otworach GR1, GR2, GR3, GR7, GR8 oraz GR5.

podwarstwę IId - obejmującą torfy charakteryzujące się barwą brunatną oraz czarną stwierdzone od strony jeziora Tałtowisko w otworach GR2, GR3, GR7 i GR8 a ich maksymalna miąższość nie przekracza 1,0 m.

Grunty warstwy II cechuje bardzo duża zmienność właściwości cech fizycznych i mechanicznych. Są to grunty nie nadające się do bezpośredniego posadowienia ze względu na zmienny skład, występowanie części organicznych, bardzo zmienne wartości parametrów geotechnicznych, małą nośność oraz dużą odkształcalność.

Warstwę III - podłoża gruntowego stanowią plejstoceny utwory jeziorne reprezentowane przez pyły. Utwory te stwierdzono wyłącznie lokalnie w otworze GR5 na głębokości 3,7 m. Grunty tej warstwy charakteryzują się konsystencją plastyczną i występują w stanie plastycznym o średniej wartości stopnia plastyczności $I_L=0,31$ ($\gamma_m=1\pm0,25$).

Warstwę IV - podłoża gruntowego stanowią utwory reprezentowane przez piaski drobne. Ze względu na zróżnicowane zagęszczenie w obrębie IV warstwy wyróżniono dwie podwarstwy:

podwarstwę IVa – obejmującą piaski drobne z domieszkami piasków pylastych i piasków średnich. Grunty tej podwarstwy występują w stanie średniozagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia $I_D=0,53$ ($\gamma_m=1\pm0,10$),

podwarstwę IVb – obejmującą piaski drobne z domieszkami piasków średnich. Grunty tej podwarstwy występują

w stanie zagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia $I_D=0,76$ ($\gamma_m=1\pm0,10$),

Warstwę V - podłoża gruntowego stanowią utwory reprezentowane przez piaski średnie i grube. Ze względu na zróżnicowane zagęszczenie w obrębie V warstwy wyróżniono trzy podwarstwy:

podwarstwę Va – obejmującą piaski grube z domieszkami otoczków. Grunty tej podwarstwy występują w stanie luźnym o średniej wartości stopnia zagęszczenia $I_D=0,21$ ($\gamma_m=1\pm0,25$),

podwarstwę Vb – obejmującą piaski średnie i piaski grube z domieszkami otoczków. Grunty tej podwarstwy występują w stanie średniozagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia $I_D=0,50$ ($\gamma_m=1\pm0,16$),

podwarstwę Vc – obejmującą piaski średnie i piaski grube z domieszkami kamieni. Grunty tej podwarstwy występują w stanie zagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia $I_D=0,77$ ($\gamma_m=1\pm0,10$).

Warstwę VI - stanowią plejstocénskie utwory lodowcowe wykształcone w postaci glin zwałowych. Reprezentowane są przez piaski gliniaste i gliny piaszczyste. Dla utworów warstwy VI przyjęto grupę konsolidacji geologicznej B [3]. Ze względu na zróżnicowane wartości stopnia plastyczności w obrębie VI warstwy gruntów wyodrębniono trzy podwarstwy:

podwarstwę VIa - obejmującą piaski gliniaste. Grunty tej podwarstwy charakteryzują się konsystencją plastyczną i występują w stanie miękkoplastycznym o średniej wartości stopnia plastyczności wynoszącym $I_L=0,63$ ($\gamma_m=1\pm0,24$),

podwarstwę VIb - obejmującą piaski gliniaste. Grunty tej podwarstwy charakteryzują się konsystencją plastyczną i występują w stanie plastycznym o średniej wartości stopnia plastyczności wynoszącym $I_L=0,34$ ($\gamma_m=1\pm0,15$),

podwarstwę VIc - obejmującą piaski gliniaste i gliny piaszczyste. Utwory te występują z domieszkami otoczków i przewarstwieniami piasków drobnych. Grunty tej podwarstwy charakteryzują się konsystencją plastyczną i występują w stanie twardoplastycznym o średniej wartości stopnia plastyczności wynoszącym $I_L=0,16$ ($\gamma_m=1\pm0,35$).

Utwory spoiste warstwy III i VI są wrażliwe na zmiany wilgotności oraz naruszenie naturalnej struktury. Wzrost wilgotności lub naruszenie naturalnej struktury mogą prowadzić do zwiększenia plastyczności tych gruntów. Do uplastycznienia tych gruntów dochodzi szczególnie łatwo, gdy wzrostowi wilgotności towarzyszą drgania, wywołane na przykład drganiami ciężkiego sprzętu budowlanego. Ze względu na swój skład mineralny grunty warstwy VI należy zaliczyć do wysadzinowych.

Wzajemne położenie poszczególnych warstw przedstawiono na przekrojach geotechnicznych, które zamieszczono jako załącznik nr Z5. Dane geotechniczne zawiera załącznik nr Z4.

5. PODSUMOWANIE, WNIOSKI I ZALECENIA

- 5.1 Z badań wykonanych na potrzeby oceny warunków posadowienia można stwierdzić, że w podłożu panują złożone warunki gruntowo – wodne.
- 5.2 Podłoże gruntowe budują nasypy, grunty organiczne, grunty niespoiste oraz grunty spoiste.
- 5.3 Przypowierzchniowo, na zdecydowanym fragmencie dokumentowanego obszaru badań podłoże buduje ciągła warstwa nasypów o zróżnicowanym składzie mineralnym. Nasypy tworzą grunty niespoiste, kamieniste, spoiste, organiczne oraz gruz ceglany. Występujące nasypy są wątpliwe pod względem ich przydatności. Ze względu na ich niejednorodność nie scharakteryzowano ich parametrem geotechnicznym.
- 5.4 W obrębie Kanału Grunwaldzkiego stwierdzono

utwory słabonośne w postaci gruntów organicznych – o miąższości dochodzącej nawet do 11,0 m (otwór GR7) oraz miękkoplastycznych piasków gliniastych nawierconych na głębokości 4,0 – 4,5 m p.p.t. o maksymalnej miąższości wynoszącej 2,5 m.

- 5.5 Podłoże gruntowe budują także utwory niespoiste – piaski drobne, średnie i grube w stanie od luźnego do średniozagęszczonego oraz grunty spoiste reprezentowane przede wszystkim przez piaski gliniaste w stanie od miękkoplastycznego do twardoplastycznego, lokalnie także twardoplastyczne gliny piaszczyste i plastyczne pyły.
- 5.6 Na przedmiotowym obszarze badań nie stwierdzono niekorzystnych zjawisk geologicznych.
- 5.7 Woda podziemna występuje stosunkowo płytko. Pierwszy poziom wody gruntowej nawiercono na głębokości od 1,0 m p.p.t. do 6,5 m p.p.t.. Zwierciadło stabilizuje się na głębokości od 1,0 do 2,2 m p.p.t.
- 5.8 Na przedmiotowym obszarze badań głębokość przemarzania wynosi 1,2 m [3].

6. MATERIAŁY WYKORZYSTANE W DOKUMENTACJI

Przy sporządzaniu dokumentacji korzystano z niżej wymienionych przepisów prawnych, norm państwowych i branżowych, map geologicznych, sytuacyjnych i topograficznych a także literatury oraz materiałów archiwalnych:

6.1. Przepisy prawne

- [1]. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 roku w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (*Dz.U. z 27 kwietnia 2012, poz. 463*).

- [2]. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 roku – Prawo budowlane (Dz.U. z 2010 nr 243, poz. 1623, z późn.zm.)

6.2. Normy państwowe i branżowe

- [3]. PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [4]. PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- [5]. PN-86/B-02480. Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
- [6]. PN-88/B-04481 Grunty budowlane. Badania próbek gruntów.
- [7]. PN-B 02479:1998. Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
- [8]. PN-B 02481:1998. Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.
- [9]. PN-B 04452:2002. Geotechnika. Badania polowe.
- [10]. PN-B-06050:1999. Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- [11]. PN-EN 1997-1 2008 Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne Część 1. Zasady ogólne.
- [12]. PN-EN 1997-2: Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.

6.3. Mapy

- [13]. Atlas Rzeczypospolitej Polskiej. Główny Geodeta Kraju. Regionalizacja fizyczno - geograficzna Polski. Skala 1:1 500 000. Warszawa 1994 rok.
- [14]. Bentkowski A.: Baza danych GIS. Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000. Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika. Arkusz Ryn. Państwowy Instytut Geologiczny i Państwowa Służba Hydrogeologiczna, 2005 rok.
- [15]. Geoserwis Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska – mapa obszarów chronionych - serwis internetowy- <http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/>.

- [16]. Laskowski K., Lewińska A.: Szczegółowa mapa geologiczna Polski. Arkusz Ryn. Skala 1:50 000. Państwowy Instytut Geologiczny, 1989 rok.
- [17]. Skrzypczyk L., Otwinowski J.: Mapa hydrogeologiczna Polski. Arkusz Ryn. Skala 1:50 000. Państwowy Instytut Geologiczny, 2004 rok.
- [18]. Wiechrowiec J., Krogulec E.: Mapa geośrodowiskowa Polski. Arkusz Ryn. Skala 1:50 000. Państwowy Instytut Geologiczny, 2012 rok.

6.4. Objąsnienia

- [19]. Bentnowski A., Przytuła E. Baza danych GIS mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000. Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika. Arkusz Ryn. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2005 rok.
- [20]. Fortuna J. (koord.): Objąsnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. Skala 1:50 000. Arkusz Ryn. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1993 rok.
- [21]. Krogulec E., Wierchowiec J., Bojakowska I., Kwecko P., Tomassi-Morawiec H., Wojciechowska K.: Objąsnienia do mapy geośrodowiskowej Polski. Skala 1:50 000. Arkusz Ryn. Segi-AT, Państwowy Instytut Geologiczny, Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A 2011 rok.
- [22]. Skrzypczyk L., Nowakowski Cz.: Objąsnienia do mapy hydrogeologicznej Polski. Skala 1:50 000. Arkusz Ryn. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2004 rok.

6.5. Literatura

- [23]. Ignut R., Kłębek A., Puchalski R.: Terenowe badania geologiczno-inżynierskie. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa 1973 rok.
- [24]. Kondracki J.: Podział Polski na regiony fizyczno - geograficzne. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1980 rok.
- [25]. Mikołajków J., Sadurski A. [red.], Informator PSH Główne zbiorniki wód podziemnych w Polsce. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2017.
- [26]. Pazdro Z.: Hydrogeologia ogółna. Wydawnictwa Geotechniczne. Warszawa 1977 rok.

- [27]. Pisarczyk St.: Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2005 rok.
- [28]. Pisarczyk St.: Grunty nasypowe. Właściwości geotechniczne i metody ich badania. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2004 rok.
- [29]. Wiłun Z., Pisarczyk St.: Fundamenty. Poradnik inżyniera i technika budowlanego. Tom 4. Arkady. Warszawa 1983 rok.
- [30]. Wiłun Z.: Zarys geotechniki. Wydawnictwa Komun. Komunikacji i Łączności. Warszawa 1982 roku.

Bydgoszcz, październik 2017 rok