



PRZEDSIĘBIORSTWO GEOTECHNICZNO-KONSULTINGOWE

**GEOTECH<sup>®</sup>** Sp. z o.o.

85-383 BYDGOSZCZ

UL. KARTUSKA 15

NIP 554-030-81-06

REGON 008004517

KRS 0000226657

Nr pracy

**3005/2017**

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 M i o d u Ń s 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:

**Bageo S.C.**  
**(ul. Grzymały Siedleckiego 14;**  
**85-001 Bydgoszcz)**

**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 XI-090/POM  
uprawnienia geologiczne XII-050/POM  
**Patrycja Szmelter**

Badania laboratoryjne:

**mgr Paulina Kosińska**

## SPIS TREŚCI

### do geotechnicznych warunków posadowienia

<b>SPIS TREŚCI.....</b>	<b>3</b>
<b>SPIS ZAŁĄCZNIKÓW.....</b>	<b>4</b>
<b>CZĘŚĆ OPISOWA .....</b>	<b>5</b>
<b>1. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA .....</b>	<b>5</b>
1.1. Podstawa opracowania.....	5
1.2. Przedmiot opracowania .....	5
1.3. Zakres i cel opracowania .....	5
<b>2. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ .....</b>	<b>6</b>
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
<b>3. OPINIA GEOTECHNICZNA.....</b>	<b>11</b>
3.1. Przydatność gruntów dla potrzeb budownictwa .....	11
3.2. Kategoria geotechniczna .....	13
3.3. Stopień skomplikowania warunków gruntowych .....	13
<b>4. DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO .....</b>	<b>14</b>
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 .....	17
4.2.1. Warunki geotechniczne w rejonie projektowanej inwestycji .	17

4.2.2. Charakterystyka wydzielonych warstw geotechnicznych wraz z danymi geotechnicznymi.....	18
---	----

## **5. PODSUMOWANIE, WNIOSKI I ZALECENIA ..... 22**

## **6. MATERIAŁY WYKORZYSTANE W DOKUMENTACJI ..... 23**

6.1. Przepisy prawne.....	23
6.2. Normy państwowe i branżowe.....	24
6.3. Mapy.....	24
6.4. objaśnienia.....	25
6.5. Literatura.....	25

### **SPIS ZAŁĄCZNIKÓW do geotechnicznych warunków posadowienia**

Z1	Mapa topograficzna Polski. Skala 1:50 000.
Z2.	Mapa dokumentacyjna.
Z2/1	Schemat arkuszy mapy dokumentacyjnej. Skala 1:10 000.
Z2/2	Mapa dokumentacyjna. Arkusz 1. Skala 1:1 000.
Z2/3	Mapa dokumentacyjna. Arkusz 2. Skala 1:1 000.
Z3.	Objaśnienia znaków i symboli.
Z4.	Legenda do przekrojów.
Z5.	Przekroje geotechniczne.
Z5/1÷2	Przekroje geotechniczne I-I i II-II. Skala 1:200/2 000.
Z5/3÷35	Przekroje geotechniczne II-II ÷ XXXIII. Skala 1:100/500.
Z6.	Wyniki badań laboratoryjnych gruntów organicznych.
Z7.	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 3005/2017.

### **1.2. Przedmiot opracowania**

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

### **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 Kotek Wielki oraz Szymon.

Pod względem administracyjnym przedmiotowy kanał zlokalizowany jest w gminie Ryn, powiecie giżyckim w województwie warmińsko - mazurskim. Odcinek długości około 930 m od strony jeziora Szymon graniczy od południa z gminą Miłkołajki należącą do powiatu mrągowskiego.

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) [25].

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 granice 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 czaszy 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 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup>.

Dokumentowany obszar badań należy do zlewni Pisy.

Kanał Grunwaldzki łączy jezioro Kotek Wielki z jeziorem Szymon.

Jezioro Kotek 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.).

Jezioro Szymon o powierzchni 154 ha, długości 1850 m, szerokości 1400 m i głębokości 2,9 m jest położone na Szlaku Wielkich Jezior. Jest płytkim, owalnym i zarastającym akwenem będącym naturalnym tarliskiem wielu gatunków ryb [22].

### 2.3. Zagospodarowanie terenu

Dokumentowany obszar badań zlokalizowany jest w obrębie gruntów ornych oraz łąk na glebach pochodzenia organicznego.

Kanał Mioduński 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 [16, 19, 22].

### 2.4. Budowa geologiczna

Na podstawie przeprowadzonych badań, literatury geologicznej [21] oraz mapy geologicznej [17] 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 ( ${}^gQ^{2Pm}_{p4}$ ) oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe ( ${}^{fg}_{pż}Q^{2Pm}_{p4}$ ).

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.

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 przepływowych, wykorzystywanych przez wody roztopowe i opadowe.

Grunty nasypowe występują przypowierzchniowo. Występują z domieszkami zarówno gruntów drobnoziarnistych -



niespoistych jak i spoistych, organicznych oraz gruntów gruboziarnistych i 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 Mioduński zlokalizowany jest w rejonie jednostki hydrogeologicznej I  $\frac{abQII}{Q}$  [18].

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 [23].

Hydroizohipsy użytkowego poziomu wodonośnego oscylują nieco poniżej rzędnej około 120 m n.p.m. [18].

### 2.5.2. Obserwacje występowania wód podziemnych

W rejonie wykonanych otworów wiertniczych nawiercono pierwszy poziom wody gruntowej na głębokości od 0,6 m p.p.t. do 11,5 m p.p.t. (na rzędnej od 116,07 do 105,59 m n.p.m.). Woda gruntowa ma charakter swobodny oraz napięty. Woda gruntowa stabilizuje się na głębokości od 0,3 do 3,7 m p.p.t. (na rzędnej od 116,28 m do 114,65 m n.p.m.). Warstwę napinającą stanowią grunty organiczne oraz grunty spoiste (piaski gliniaste, gliny piaszczyste). Lokalnie, w obrębie gruntów organicznych oraz spoistych stwierdzono sączenia.

Z danych zawartych na mapie [15] wynika, że pierwszy poziom wodonośny występuje głębiej – na głębo-

kości 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 [15] i dotyczą one poziomu stabilizacji pierwszego poziomu wodonośnego (różnica około 2,0 m), 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 zawiera 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 i piasków gliniastych 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 natomiast dla piasków gliniastych od 0,9 m/d do 2 m/d.

Przepuszczalność gruntów niespoistych uzależniona jest od ich uziarnienia. Dla piasków pylastych wynosi ona od 0,9 m/d do 2 m/d, piasków drobnych od 2 m/d do 8 m/d, dla piasków średnich od 8 m/d do 25 m/d, natomiast dla żwirów od 69,12 m/d do 691,2 m/ [27].

#### 2.5.4. Położenie względem Głównych Zbiorników Wód Podziemnych

Dokumentowany obszar badań w obrębie kanału Mioduńskiego 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 m<sup>3</sup>/d, przy depresjach do 10 m [26].

### 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 grunty organiczne oraz odcinkowo nasypy stwierdzone po prawej stronie kanału kierując się na wschód w kierunku

jeziora Szymon. Największe miąższości organiki dochodzącej maksymalnie do głębokości 10,5 m stwierdzono na końcowym i środkowym fragmencie kanału w otworach M16, M29 oraz M37 (grunty organiczne do 9,7 m) i M11 (grunty organiczne do 9,5 m). Występują one bezpośrednio pod powierzchnią terenu bądź pod nasypami, jedynie lokalnie, w obrębie otworów M23k oraz M24 tworzą one soczewkę w obrębie gruntów spoistych i niespoistych. Grunty organiczne są gruntami nieprzydatnymi do bezpośredniego posadowienia z uwagi m.in. na małą nośność oraz dużą odkształcalność.

Grunty nasypowe z kolei zalegają do maksymalnej głębokości wynoszącej 2,0 m (otwór M29). 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) 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 bez zastosowania ulepszeń lub środków wzmacniających.

Pod nasypami podłoże budują zalegające naprzemiennie grunty spoiste i niespoiste. Grunty niespoiste reprezentowane są przede wszystkim przez piaski drobne i piaski średnie, lokalnie w otworze M23 nawiercono także piaski pylaste. Ponadto w obrębie otworu M25 na głębokości 7,0 m występują żwiry. Piaski i żwiry stwierdzone w podłożu charakteryzują się korzystnymi parametrami geotechnicznymi – występują głównie w stanie średniozagęszczonym oraz zagęszczonym. Lokalnie, pod torfami stwierdzono piaski średnie na pograniczu luźnego i średniozagęszczonego ( $I_d=0,33$ ) zalegające do maksymalnej głębokości 2,7 m.

Grunty spoiste budujące podłoże to piaski gliniaste i gliny piaszczyste występujące w stanie plastycznym i twardoplastycznym. Grunty spoiste (w przypadku ich odsłonięcia) należy starannie chronić przed zmianami zawilgocenia, gdyż pod wpływem obecności wody może dojść do uplastycznienia podłoża (szczególnie w przypadku piasków gliniastych).

Generalnie można stwierdzić, że podłoże stwarza niekorzystne warunki na potrzeby budownictwa. Jest to spowodowane przede wszystkim obecnością gruntów organicznych o znacznych miąższościach dochodzących nawet do 10,5 m oraz płytkim występowaniem wody podziemnej, która stabilizuje się na głębokości od 0,3 do 3,7 m.

### 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, gytii). Ponadto stwierdzono wysoki poziom wody gruntowej – woda stabilizuje się na głębokości od 0,3 do 3,7 m p.p.t., natomiast pierwszy poziom nawiercono na głębokości od 0,6 do 11,5 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 36 otworów wiertniczych o łącznym metrażu 437,0 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.	4,0	3	M23k, M24k, M25k	12,0
2.	6,0	1	M33	6,0
3.	12,0	8	M1, M2, M3, M5, M8, M16, M17, M31	96,0
4.	13,0	14	M7, M9, M10, M11, M12, M14, M15, M18, M25, M26, M27, M28, M29, M30	182,0
5.	13,5	2	M19, M20	27,0
6.	14,0	6	M6, M13, M21, M23, M24, M34	84,0
7.	15,0	2	M4, M22	30,0
<b>Razem:</b>				<b>437,0</b>

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, DPM oraz DPSH. Sondowania dynamiczne prowadzono z powierzchni terenu, po rozpoznaniu profilu litologicznego występujących gruntów. Wykonano 10 sondowań dynamicznych. Wyniki prowadzonych sondowań zinterpretowano dla występujących gruntów niespoistych. Interpretację sondowań DPM i DPSH przeprowadzono zgodnie z [9], natomiast sondowań ZW-ITB według [24]. Badania prowadzono w odległości około 25 średnic od wykonanego otworu wiertniczego. Pominęto interpretację uderzeń w zakresie głębokości krytycznej [9] co wpływa na korzyść bezpieczeństwa. W trakcie interpretacji wyników sondowań dynamicznych pominęto 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.	7,5	1	M10	7,5
2.	11,0	1	M26	11,0
3.	12,0	2	M1, M25	24,0
4.	12,2	1	M17	12,2
5.	13,0	3	M9, M12, M27	39,0
6.	13,6	1	M19	13,6
7.	14,0	2	M23, M24	28,0
<b>Razem:</b>				<b>135,3</b>

Łącznie wykonano 11 sondowań dynamicznych o łącznym metrażu 135,3 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 Z7 oraz uwzględnione przy wyznaczaniu parametrów. Wyniki badań, posłużyły przede wszystkim do wyznaczenia wytrzymałości na ścinanie bez odpływu.

Lp.	Numer otworu	Głębokość ścicia [m p.p.t.]	Rodzaj gruntu
1.	M11	1,5	T
2.	M11	3,5	Nmg
3.	M11	5,5	Nmg
4.	M11	7,5	Nmp

#### 4.1.1.4. Opróbowanie wyrobisk

Podczas wykonywania otworów wiertniczych pobrano 251 szt. próbek gruntów, z czego 181 szt. próbek pobrano metodą B oraz 70 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 dodatkowo ich stan. Dla wytypowanych próbek gruntów przeprowadzono dalsze szczegółowe badania laboratoryjne. Badania laboratoryjne wykonano na podstawie norm [6, 13]. Badania laboratoryjne obejmowały wykonanie wymienionych niżej oznaczeń cech fizycznych próbek gruntów.



Lp.	Rodzaj badania	Jednostka	Sym-bol	Wyko-nana liczba badań	Metodyka badania wg normy
1.	Badania makroskopowe	-	-	181	[6]
2.	Wilgotność	[%]	$w_n$	2	[6]
3.	Ciężar objętościowy	kN/m <sup>3</sup>	$\gamma$	8	[6]
4.	Zawartość części organicznych (straty przy prażeniu)	[%]	$I_z$	2	[6]
5.	Stopień rozkładu torfu	[%]	R	2	[13]

Przeprowadzone badania laboratoryjne pozwoliły na określenie i uściślenie podstawowych cech fizycznych gruntów organicznych. Wyniki wykonanych badań laboratoryjnych zestawiono w załączniku nr Z6.

## 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].

W rejonie kanału Mioduńskiego podłoże budują grunty antropogeniczne – nasypy, grunty organiczne oraz grunty mineralne (piaski, gliny, żwiry). Odcinkowo po prawej stronie kanału w kierunku jeziora Szymon stwierdzono nasypy charakteryzujące się zróżnicowanym składem. Nasypy zbudowane są zarówno z gruntów drobnoziarnistych (spoistych i niespoistych), gruboziarnistych (żwirów), organicznych oraz gruzu ceglanego. Maksymalna miąższość nasypów wynosi 2,0 m.

Przypowierzchniowo poza nasypami podłoże buduje gleba próchnicza. Na dokumentowanym obszarze stwierdzono znaczne miąższości gruntów organicznych dochodzące do 10,5 m (otwór M16). Na środkowym fragmencie rozpatrywanego kanału kierując się na wschód organika tworzy ciągłą, miąższą warstwę i zalega do znacznych głębokości (spąg od 4,5 m do 10,5 m). Podobna sy-

tuacja ma miejsce po lewej stronie kanału, gdzie grunty organiczne stwierdzono do głębokości 1,0 – 10,5 m.

Pod organiką i naypami podłoże zbudowane jest z zalegających naprzemiennie utworów mineralnych - drobnoziarnistych niespoistych i spoistych oraz gruboziarnistych. Grunty spoiste reprezentowane są przez piaski gliniaste i gliny piaszczyste zalegające w stanie plastycznym i twaroplastycznym. Do gruntów niespoistych zaliczono piaski pylaste – stwierdzone lokalnie w otworze M23 na głębokości 11,5 m, piaski drobne w stanie średniozagęszczonym i zagęszczonym oraz piaski średnie w stanie od luźnego do zagęszczonego. W otworze M25 na głębokości 7,0 m nawiercono żwiry. Ich miąższość nie przekracza 2,0 m.

Woda gruntowa występuje stosunkowo płytko - stabilizacja ma miejsce na głębokości od 0,3 do 3,7 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 czterech 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  $\gamma_m$  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  $\gamma_m=1\pm0,10$ . 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), drobnoziarnistych spoistych (piasków gliniastych, glin piaszczystych), jak i gruboziarnistych (żwirów) 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 holocenijskie utwory organiczne w postaci gleby próchniczej, namulów piaszczystych, namulów gliniastych, torfu oraz gytii. Warstwa ta nie stanowi podłoża budowlanego. W obrębie warstwy II wydzielono cztery podwarstwy:

**podwarstwę IIa** - obejmującą przypowierzchniowo zalegającą glebę próchniczą (humus), której szkielet mineralny zbudowany jest z piasków drobnych, piasków gliniastych, glin piaszczystych, namulów piaszczystych, namulów gliniastych oraz torfu,

**podwarstwę IIb** - obejmującą namuły piaszczyste barwy przeważnie szarej rzadziej brązowej czy brunatno-brązowej. Ich maksymalną głębokość zalegania stwierdzono w otworze M34 (do 9,7 m),

**podwarstwę IIc** - obejmującą namuły gliniaste. Ich obecność stwierdzono w wielu otworach, natomiast największe miąższości występują w otworze M16 (5,3 m) oraz M29 (5,5 m). W obu przypadkach zalegają one do maksymalnej głębokości wynoszącej 10,5 m,

**podwarstwę IIId** - obejmującą torfy występujące z domieszkami namułów gliniastych. Zawartość części organicznych w warstwie IIId jest zróżnicowana a średnia wartość wynosi  $I_z=52,4 \%$ ,

**podwarstwę IIe** - obejmującą gytie zalegające z przewarstwieniami namułów gliniastych i kredy jeziornej. Ich obecność stwierdzono w dwóch otworach (M24 i M26) po prawej stronie kanału patrząc w kierunku jeziora Szymon.

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 stanowią utwory reprezentowane przez piaski pylaste. Występują one lokalnie. Stwierdzono je wyłącznie w otworze M23. Grunty tej warstwy występują w stanie zagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia  $I_D=0,69$  ( $\gamma_m=1\pm0,10$ ).

**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, piasków grubych, piasków gliniastych, gleby próchniczej i przewarstwieniami piasków średnich, piasków gliniastych, namułów gliniastych oraz gytii. Grunty tej podwarstwy występują w stanie średnio-za-  
gęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia  $I_D=0,57$  ( $\gamma_m=1\pm0,12$ ),

**podwarstwę IVb** – obejmującą piaski drobne z domieszkami i przewarstwieniami piasków średnich oraz przewarstwieniami piasków pylastych. Grunty tej podwarstwy występują w stanie zagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia  $I_D=0,73$  ( $\gamma_m=1\pm0,10$ ).

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

**podwarstwę Va** – obejmującą piaski średnie z przewarstwieniami piasków drobnych oraz przewarstwieniami i domieszkami torfów. Grunty tej podwarstwy występują w stanie luźnym o średniej wartości stopnia zagęszczenia  $I_D=0,33$  ( $\gamma_m=1\pm0,25$ ),

**podwarstwę Vb** – obejmującą piaski średnie występujące z domieszkami otoczków i gleby oraz przewarstwieniami piasków grubych. Grunty tej podwarstwy występują w stanie średniozagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia  $I_D=0,60$  ( $\gamma_m=1\pm0,21$ ),

**podwarstwę Vc** – obejmującą piaski średnie z domieszkami piasków drobnych i żwirów oraz przewarstwieniami piasków grubych. Grunty tej podwarstwy występują w stanie zagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia  $I_D=0,71$  ( $\gamma_m=1\pm0,10$ ).

**Warstwę VI** - podłoża gruntowego stanowią plejstocenske utwory wodnolodowcowe reprezentowane przez żwiry. Ze względu na zróżnicowane zagęszczenie w obrębie VI warstwy wyróżniono dwie podwarstwy:

**podwarstwę VIa** – obejmującą żwiry barwy szarej. Grunty tej podwarstwy występują w stanie średniozagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia  $I_D=0,66$  ( $\gamma_m=1\pm0,10$ ),

**podwarstwę VIb** – obejmującą żwiry barwy szarej. Grunty tej podwarstwy występują w stanie zagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia  $I_D=0,71$  ( $\gamma_m=1\pm0,10$ ).

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

**podwarstwę VIIa** - obejmującą piaski gliniaste i gliny piaszczyste występujące z domieszkami gleby próchniczej i przewarstwieniami piasków drobnych oraz piasków średnich. Grunty tej podwarstwy charakteryzują się konsystencją plastyczną i występują w stanie plastycznym

o średniej wartości stopnia plastyczności wynoszącym  $I_L=0,37$  ( $\gamma_m=1\pm0,17$ ),

**podwarstwę VIIb** - obejmującą piaski gliniaste i gliny piaszczyste. Utwory te występują z domieszkami żwirów, otoczków, gleby i przewarstwieniami piasków drobnych i pospółek gliniastych. Grunty tej podwarstwy charakteryzują się konsystencją plastyczną i występują w stanie twardoplastycznym o średniej wartości stopnia plastyczności wynoszącym  $I_L=0,16$  ( $\gamma_m=1\pm0,25$ ).

Utwory spoiste warstwy VII 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 drobnoziarniste - niespoiste i spoiste oraz gruboziarniste.
- 5.3 Przypowierzchniowo, na fragmencie dokumentowanego obszaru badań podłoże buduje ciągła warstwa nasypów o zróżnicowanym składzie mineralnym. Nasypy tworzą grunty drobnoziarniste – niespoiste i spoiste, gruboziarniste, 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 Mioduńskiego stwierdzono utwory słabonośne w postaci gruntów organicznych – o miąższości dochodzącej nawet do 10,5 m (otwór M16).
- 5.5 Podłoże gruntowe budują także utwory niespoiste – piaski pylaste, piaski drobne i średnie w stanie od luźnego do zagęszczonego oraz grunty spoiste reprezentowane przez piaski gliniaste i gliny piaszczyste w stanie plastycznym i twaroplastycznym. Lokalnie w podłożu występują utwory gruboziarniste – średniozagęszczone i zagęszczone żwiry.
- 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 0,6 m p.p.t. do 11,5 m p.p.t.. Zwierciadło stabilizuje się na głębokości od 0,3 do 3,7 m p.p.t. na rzędnej około 115,5 m n.p.m..
- 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 posadowiania 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.
- [13]. PN-G-04595:1997. Torf i wyroby z torfu – Oznaczenie stopnia rozkładu.

## 6.3. Mapy

- [14]. Atlas Rzeczypospolitej Polskiej. Główny Geodeta Kraju. Regionalizacja fizyczno - geograficzna Polski. Skala 1:1 500 000. Warszawa 1994 rok.
- [15]. 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.
- [16]. Geoserwis Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska – mapa obszarów chronionych - serwis internetowy-  
<http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/>.



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

#### 6.4. Objasnienia

- [20]. 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.
- [21]. Fortuna J. (koord.): Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. Skala 1:50 000. Arkusz Ryn. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1993 rok.
- [22]. Krogulec E., Wierchowiec J., Bojakowska I., Kwecko P., Tomassi-Morawiec H., Wojciechowska K.: Objasnienia do mapy geośrodowiskowej Polski. Skala 1:50 000. Arkusz Ryn. Segi-AT, Państwowy Instytut Geologiczny, Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A 2011 rok.
- [23]. Skrzypczyk L., Nowakowski Cz.: Objasnienia do mapy hydrogeologicznej Polski. Skala 1:50 000. Arkusz Ryn. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2004 rok.

#### 6.5. Literatura

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

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

Bydgoszcz, październik 2017 rok