

SPIS TREŚCI.....	1
1. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA	3
1.1. Podstawa opracowania	3
1.2. Przedmiot opracowania	3
1.3. Cel i zakres opracowania.....	3
2. LOKALIZACJA I MORFOLOGIA TERENU.....	4
3. PRZEBIEG BADAŃ	4
3.1. Prace geodezyjne	4
3.2. Wiercenia i badania terenowe	5
3.3. Badania laboratoryjne.....	5
3.4. Sondowania sondą dynamiczną DPL	6
3.5. Sondowania sondą stożkowo - krzyżakową SLVT	6
4. DANE DOTYCZĄCE WŁAŚCIWOŚCI PODŁOŻA BUDOWLANEGO	7
4.1. Budowa geologiczna	7
4.2. Warstwy konstrukcyjne nawierzchni	9
4.3. Warunki hydrogeologiczne	9
4.4. Charakterystyka wydzielonych warstw	10
5. OCENA WARUNKÓW GRUNTOWO-WODNYCH.....	16
6.1 Warunki budowlane na terenie przeprowadzonych badań	17
6.1.1 Ocena warunków wodnych	17

6.1.2 Ocena warunków budowlanych	18
7. WNIOSKI	19
8. MATERIAŁY WYKORZYSTANE W DOKUMENTACJI.....	21
8.1. Przepisy prawne	21
8.2. Normy państwowe i branżowe	21
8.3. Literatura	22

ZAŁĄCZNIKI:

Załącznik nr 1 Charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych wg PN-81/B-03020

ZAŁĄCZNIKI GRAFICZNE:

Załącznik nr 2	Mapa pogładowa w skali 1:50 000
Załącznik nr 3.1-3.17	Mapa dokumentacyjna w skali 1:1000
Załącznik nr 4.1 - 4.68	Profile otworów geotechnicznych w skali 1:50
Załącznik nr 5.1-5.15	Wyniki sondowania dynamicznego DPL
Załącznik nr 6.1-6.2	Wyniki sondowania SLVT
Załącznik nr 7.1 – 7.68	Przekroje geotechniczne w skali 1: $\frac{100}{100}$ i 1: $\frac{200}{100}$
Załącznik nr 8	Wyniki badań laboratoryjnych próbek gruntów
Załącznik nr 9	Wyniki badań próbek gruntów w celu określenia wskaźnika piaskowego
Załącznik nr 10	Mapa warunków budowlanych w skali 1:50 000

1. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA

1.1. Podstawa opracowania

Niniejszą opinię geotechniczną i dokumentację badań podłoża gruntowego opracowano w firmie „GEO-MI” Pracownia Geologiczna Michał Małuszyński, na zlecenie firmy **REM PROJEKT Marcin Łukasiewicz** – z siedzibą w Skierniewicach przy ul. Jana Brzechwy 16. Bezpośrednim inwestorem jest Zarząd Dróg Wojewódzkich w Łodzi z siedzibą przy ul. Sienkiewicza 3.

Opinię wykonano w oparciu o przepisy PN-EN-1997-2 Eurokod 7 Projektowanie geotechniczne część 2, oraz norm już wycofanych użytych dla potrzeb korelacyjnych – PN-81/B-03020 „Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie” oraz na podstawie wytycznych PN-98/B-02479 „Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.”. Wykorzystano również mapy przedmiotowe i literaturę fachową.

Podstawą prawną wykonania opinii jest Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz. U. 2012, poz. 463).

1.2. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest dokumentacja określająca warunki geotechniczne oraz stopień złożoności budowy geologicznej, a także budowę konstrukcji nawierzchni, na terenie przeznaczonym pod rozbudowę drogi wojewódzkiej Nr 726 na odcinku Opoczno – Żarnów.

1.3. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest udokumentowanie warunków gruntowo – wodnych występujących w rejonie badań, oraz określenie składu i miąższości warstw konstrukcyjnych istniejącej nawierzchni.

Opracowanie sporządzono na podstawie wykonanych wierceń i jakościowym oraz ilościowym (sondowania dynamiczne DPL, sondowania SLVT) określeniu parametrów wiodących gruntów. Przy opracowywaniu niniejszej dokumentacji wykorzystano również mapy i literaturę

geologiczną, polskie normy i branżowe przepisy prawne.

W szczególności celem opracowania jest określenie:

- stopnia złożoności budowy geologicznej,
- głębokości występowania zwierciadła wód podziemnych.

2. LOKALIZACJA I MORFOLOGIA TERENU

Obszar badań zlokalizowany jest wzdłuż drogi wojewódzkiej nr 726, na odcinku Opoczno – Żarnów tj. od ok. km 46+170 do ok. km 64+511 z wyłączeniem odcinka od km 51+304 do km 52+041.

Pod względem administracyjnym inwestycja zlokalizowana jest na terenie gmin: Opoczno, Białaczów i Żarnów w powiecie opoczyńskim, województwie łódzkim.

Według fizycznogeograficznej regionalizacji Polski teren badań położony jest w obrębie **Wzgórz Opoczyńskich** – (342.12) - krainy geograficznej, stanowiącej część Wyżyny Przedborskiej, będącej północno-zachodnią otoczką Gór Świętokrzyskich. Jest położona na wschód od łuku Pilicy, znajdującego się pod Tomaszowem Mazowieckim. Główne miasta tego regionu to Opoczno i Końskie. Wzgórze zbudowane są ze skał jurajskich, które tworzą tu dwie antykliny. Rozdziela je kredowa synklina. Na formy te nałożone są wzniesienia ostańcowe zbudowane ze żwiru. Utwory te pochodzą ze zlodowacenia środkowopolskiego.

Przez projektowaną trasę przepływają dwa większe ciekі, są to:

- rzeka Drzewiczka w km 49+425
- rzeka Wąglanka km 52+580

Powierzchnia terenu pod względem hipsometrycznym jest zróżnicowana. Rzędne niwelacyjne wahają się od 182,10 m n.p.m. w pobliżu Opoczna, do 225,30 m n.p.m. w rejonie Żarnowa.

3. PRZEBIEG BADAŃ

3.1. Prace geodezyjne

W terenie wytyczono 204 otwory badawcze metodą rzędnych i odciętych (domiarów), w oparciu o istniejącą sytuację, na podstawie mapy lokalizacyjnej (Załącznik nr 3.1-

3.17). Rzędne wysokościowe zostały ustalone metodą interpolacji na podstawie w/w mapy.

3.2. Wiercenia i badania terenowe

Roboty wiertnicze prowadzono w dniu 26.11.2018 – 03.12.2018 r. Odwiercono 204 otwory badawcze o głębokości 1,0 – 4,0 m (przeważnie 2,5 m) i łącznym metrażu 507,7 mb. Wiercenia wykonano przy użyciu samojezdnej wiertnicy mechanicznej WGS80, pod nadzorem geologicznym mgr Jakuba Ryś.

Opis makroskopowy i klasyfikację przewiercanych warstw gruntów wykonano zgodnie z:

- PN-B-04481:1988. *Grunty budowlane - Badania próbek gruntu.*
- PN-B-02481:1998. *Geotechnika - Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.*

Dodatkowo dokonano opisu makroskopowego i klasyfikacji przewiercanych warstw gruntów zgodnie z normami:

- PN-EN ISO 14688-1:2006. *Badania geotechniczne – Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów – Część 1: Oznaczanie i opis;*
- PN-EN ISO 14688-2:2006. *Badania geotechniczne – Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów – Część 2: Zasady klasyfikowania;*

Po zakończonych pracach polowych, otwory badawcze zlikwidowano wydobytym urobkiem z zachowaniem pierwotnych profili geologicznych.

W otworach nr 104, 120, 199-204 nie osiągnięto planowanej głębokości otworów badawczych. Nie przewiercono tam warstwy betonu, bądź rumoszu skalnego, z uwagi na ograniczenia techniczne sprzętu wiertniczego.

3.3. Badania laboratoryjne

Badania laboratoryjne wykonano na wybranych próbkach gruntów drobnoziarnistych (spoistych) o naturalnej wilgotności (NW) oraz próbkach gruntów gruboziarnistych (niespoistych) o naturalnym uziarnieniu (NU). Ponadto dokonano badań gruntów w celu określenia wskaźnika piaskowego. W wyniku przeprowadzonych prac, pobrano 76 próbek kategorii B – w 3-4 klasie

jakości. Próbkę gruntów pobierane były zgodnie z normą PN-EN ISO 22475-1:2006.

Zakres badań obejmował:

- ❖ liczba pobranych próbek gruntów drobnoziarnistych: 36
- ❖ liczba pobranych próbek gruntów gruboziarnistych: 40
- ❖ analiza makroskopowa: 76
- ❖ analiza granulometryczna: 34
- ❖ analiza konsystencji (granica płynności, granica plastyczności): 36.
- ❖ zawartość części organicznych : 1
- ❖ wartość wskaźnika piaskowego: 6

Badania laboratoryjne gruntów prowadzono zgodnie z PN-EN 1997-2 oraz PN-EN ISO 14688-1 i 2. Uzyskane wyniki przedstawiono w Załączniku nr 8 i 9.

3.4. Sondowania sondą dynamiczną DPL

Na podstawie PN-B-04452/2002, wykonano badanie stanu zagęszczenia gruntów niespoistych przy użyciu sondy dynamicznej lekkiej (DPL). Interpretację tego badania przeprowadzono na podstawie w/w normy (Załącznik nr 5.1-5.15).

3.5. Sondowania sondą stożkowo - krzyżakową SLVT

Na podstawie PN-B-04452/2002, przy otworach:

- nr 84 w strefie głębokości 1,7 – 2,5 m p.p.t.,
- nr 141 w strefie głębokości 1,7 – 2,4 m p.p.t.,

wykonano badania w obrębie gruntów spoistych przy użyciu sondy stożkowo krzyżakowej. Otrzymano wartość wytrzymałości na ścinanie τ_f poprzez rejestrację momentu obrotowego końcówki krzyżakowej. Interpretację badania przeprowadzono na podstawie w/w normy (Załącznik nr 6.1-6.2).

4. DANE DOTYCZĄCE WŁAŚCIWOŚCI PODŁOŻA BUDOWLANEGO

4.1. Budowa geologiczna

Analizowany odcinek drogi wojewódzkiej nr 726 przebiega przez zróżnicowane geologicznie tereny. W związku z tym dla poszczególnych odcinków drogi przyjęto odpowiednią klasyfikację gruntów.

Wierceniami do głębokości 1,0 – 4,0 m p.p.t. zbadano jedynie stropową partię podłoża gruntowego. Reprezentują go grunty:

- holocénskie – grunty antropogeniczne (**Qhn**) oraz osady rzeczne (**Qhf**)
- plejstocénskie - osady fluwioglacjalne (**Qpfg**)*, gliny zwałowe (**Qpg**), oraz osady zastoiskowe (**Qpl**)**
- jurajskie- zwietrzeliny skał jurajskich (**zwJ**)

** Dla potrzeb niniejszego opracowania piaszczyste osady teras nadzalewowych oraz osady fluwioglacjalne, piaski eoliczne i peryglacjalne zaliczono do jednej serii (III)*

*** Plejstocénskie mulki peryglacjalno - deluwialne oraz osady zastoiskowe również ujęto w jedną serię, gdyż pod względem konsolidacji wszystkie należą do grupy C.*

Czwartorzęd:

W skład holocenu wchodzi:

grunty antropogeniczne (Qhn) – wykształcone są głównie jako nasypy niebudowlane oraz lokalnie nasypy budowlane. Nasypy budowlane najczęściej zalegają wzdłuż korpusu istniejącej drogi, pod nawierzchnią asfaltową wraz z warstwą kruszywa i betonu, do głębokości 0,6-1,2 m p.p.t.. Nasypy niebudowlane generalnie występują bezpośrednio od powierzchni terenu, w otworach odwierconych na poboczu i osiągają miąższość 0,2-0,9 m.

- **nasypy budowlane** – utworzone zostały z gruntów piaszczystych (piaski średnie). Ich miąższość waha się od 0,25 do 0,7 m.

- **nasypy niebudowlane** – zbudowane z utworów piaszczysto-ziemnych, miejscami ziemnych. Lokalnie zawierają domieszki żużlu, kamieni, okr. cegły i kruszywa łamanego.

Do gruntów antropogenicznych włączono wyżej wspomniane warstwy konstrukcyjne nawierzchni, a także humus i przypowierzchniową warstwę piasków próchnicznych. Miąższość gleby waha się od 0,2 do 0,4 m.

osady rzeczne (Qhf) – do osadów rzecznych zaliczono zarówno osady niespoiste w postaci piasków tarasów zalewowych jak i osady organiczne wykształcone w postaci namulów, a także grunty spoiste reprezentowane przez gliny pylaste, pyły i piaski gliniaste próchniczne. Osady te występują w pobliżu cieków wodnych. Odnotowano je w rejonie:

- otworów nr 10-15, we wsi Trojanowice, gdzie przez trasę przepływa bezimienny ciek, będący dopływem rzeki Wąglanki.
- otworów nr 82 - 96, we wsiach Miedzna Murowana, Żelazowice i Miedzna Drewniana, gdzie w odległości ok 150 m - 270 m w kierunku wschodnim od drogi, przepływa rzeka Wąglanka i zlokalizowany jest Zalew retencyjny Wąglanka Miedzna.
- otworów nr 136 – 142, we Wsi Wąglany, gdzie inwestycję przecina rzeka Wąglanka
- otworów nr 166-168, we wsi Ostrów, gdzie przez drogę przepływa rzeka Drzewiczka.

Strop osadów rzecznych zalega bezpośrednio poniżej warstwy gruntów antropogenicznych. Ich miąższość waha się od 0,8 do 1,4 m w otworach nr 10-15. W pozostałych lokalizacjach nie przewiercono spągu osadów rzecznych. Grunty organiczne nawiercono wyłącznie w otworze nr 140, w przelocie głębokości 1,8 – 2,6 m p.p.t..

W skład plejstocenu wchodzi:

osady fluwioglacjalne (Qpfg) – osady te zalegają na przeważającej części badanego obszaru, bezpośrednio poniżej gruntów antropogenicznych. Ich miąższość waha się od 0,2 do 2,0 m. W otworach nr 44, 46, 62, 70, 97, 103, 105, 106, 109- 117,127, 131-135, 142 -147,156-165, 169- 183 tworzą zwarty kompleks, którego spągu nie przewiercono. Litologicznie osady te reprezentowane są przez piaski grube, piaski średnie oraz piaski drobne i pylaste.

gliny zwałowe (Qpg) - najczęściej występują poniżej osadów fluwioglacjalnych bądź bezpośrednio poniżej gruntów antropogenicznych. W większości otworów, wierceniami do głębokości 2,5 m p.p.t. ich spągu nie osiągnięto. Pod względem litologicznym grunty te reprezentowane są głównie przez gliny piaszczyste oraz lokalnie gliny piaszczyste zwięzłe.

osady zastoiskowe (Qpl) – grunty te nie występują powszechnie na badanym obszarze. Odnotowano w otworach nr 4, 5, 63-66, 70 -74, 107- 108, 121-123, 151-153, 193-195, na gł. 0,3 - 2,2 m p.p.t. Ich miąższość waha się od 0,3 – 1,6 m. W otworach nr 107, 108, 151-153, 193-195 ich spągu nie przewiercono. Litologicznie osady te reprezentowane są przez pyły piaszczyste, pyły, gliny pylaste i piaski gliniaste.

W skład jury środkowej wchodzi

osady zwietrzelinowe (zwJ) – ich strop stwierdzono w otworach nr 1-3, 98-102 oraz 200-204, na głębokości 1,0 - 2,8 m p.p.t., zaś spągu nie przewiercono. Reprezentowane są przez zwietrzeliny skał jurajskich z porami wypełnionymi gruntami sypkimi – piaskiem średnim, a także przez zwietrzeliny gliniaste z okruchami skalnymi.

4.2. Warstwy konstrukcyjne nawierzchni

W wyniku odwiercenia otworów wzdłuż drogi wojewódzkiej nr 726 ustalono iż droga posiada nawierzchnię utwardzoną, wykonaną z warstwy bitumicznej położonej na podbudowie z kruszywa łamanego bądź bruku i/lub warstwie chudego betonu oraz miejscami nasypie budowlanym bądź nasypie niebudowlanym. Miąższość podbudowy z kruszywa lub kamiennego bruku wraz z warstwą chudego betonu waha się od 0,08 do 0,54 m, średnio wynosi ok 0,20 m. Miąższość warstwy bitumicznej jest zróżnicowana i zależy od ilości prac naprawczych przeprowadzonych w poszczególnych punktach drogi. Zalega od powierzchni terenu do gł. 0,12 – 0,29 m p.p.t..

4.3. Warunki hydrogeologiczne

W trakcie wykonywania prac wiertniczych, w obrębie terenu badań, do głębokości 1,0 – 4,0 m stwierdzono występowanie wód podziemnych w części z odwierconych otworów (zestawione w poniższej tabeli nr 1).

Zwierciadło wody posiada charakter swobodny i zalega na gł. 0,5-2,7 m p.p.t..

Miejscami odnotowano występowanie sączeń w obrębie stropu gruntów spoistych (otwory nr 4-6, 8, 16, 17, 66)

Tabela 1 Zestawienie pomiarów zwierciadła wód podziemnych

Nr otw.	Głębokość zalegania swobodnego zwierciadła wody [m p.p.t.]	Nr otw.	Głębokość zalegania swobodnego zwierciadła wody [m p.p.t.]
10	0,5	163	1,9
11	1,6	164	2,1
12	1,2	165	2,2
82	2,4	169	2,2
83	2,3	170	2,2
84	2,4	171	2,5
87	2,7	172	2,2
105	2,3	173	2,1
130	2,3	174	2,0
132	2,2	175	2,0
138	2,2	176	2,2
139	2,0	177	2,1
157	2,0	178	2,1
159	2,4	179	2,2
160	1,9	180	2,3
161	2,0	181	2,2
162	1,9	182	2,2

4.4. Charakterystyka wydzielonych warstw

Z analizy przeprowadzonych wierceń oraz badań terenowych (badania makroskopowe gruntów, sondowania dynamiczne DPL oraz sondowania SLVT) na zbadanym terenie, można wydzielić sześć serii litologiczno-genetycznych. Zostały one ujęte w warstwy geotechniczne

(zgodnie z [1] na podstawie PN-81/B-03020). Dla warstw geotechnicznych podano charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych określone na podstawie badań makroskopowych metodami A, B i C wg p. 3.2. PN-81/B-03020. Jako cechę wyróżniającą dla gruntów niespoistych przyjęto stopień zagęszczenia - I_D , dla gruntów spoistych stopień plastyczności - I_L , zaś dla gruntów nasypowych – nasypów budowlanych – wskaźnik zagęszczenia I_s . Pod względem konsolidacji grunty warstw IIE, IIF, serii V oraz warstw VIA i VIB należą do grupy C, zaś grunty serii IV do grupy B (wg p. 1.4.6 PN-81/B-03020). Charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych wydzielonych warstw geotechnicznych zestawiono w załączniku nr 1.

Charakterystyka wydzielonych serii i warstw geotechnicznych

- I seria – grunty antropogeniczne (Qhn).

W serii tej znajdują się nasypy budowlane, utworzone wyłącznie z gruntów niespoistych.

W I serii wydzielono jedną warstwę geotechniczną:

- **I** - w warstwie tej znajdują się nasypy budowlane utworzone z piasków średnich. Są to grunty mało wilgotne i wilgotne, średnio zagęszczone, o ustalonej, na podstawie sondowania DPL, wartości wskaźnika zagęszczenia $I_s=0,95$.

- II seria – osady rzeczne (Qhf).

Do serii osadów rzecznych zaliczono grunty mineralne niespoiste i spoiste oraz osady organiczne. W obrębie zbadanego terenu seria ta zawiera piaski od pylastych po grube, pyły, gliny pylaste i piaski gliniaste. A także namuły.

Grunty należące do tej serii są mało wilgotne w stanie twardoplastycznym oraz wilgotne w stanie plastycznym. Pod względem własności filtracyjnych grunty należą do gruntów:

Seria osadów rzecznych należy do gruntów:

- dobrze przepuszczalnych – dla piasków średnich i grubych, o orientacyjnej wartości współczynnika filtracji k wynoszącej 10^{-4} - 10^{-3} m/s.

- średnio przepuszczalnych – dla piasków drobnych, o orientacyjnej wartości współczynnika filtracji k wynoszącej 10^{-5} - 10^{-4} m/s.
- słabo przepuszczalnych – orientacyjne wartości współczynnika filtracji k dla piasków gliniastych, piasków pylastych i namulów, wynoszą 10^{-6} – 10^{-5} m/s.
- pół przepuszczalnych – dla glin pylastych i pyłów, o orientacyjnej wartości współczynnika filtracji k wynoszącej 10^{-8} - 10^{-6} m/s.

W II serii wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- **IIA** – zaliczono do niej piaski średnie i piaski grube, wilgotne i nawodnione, zagęszczone, o obliczonej na podstawie sondowań DPL, charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,73$
- **IIB** – zaliczono do niej piaski średnie, wilgotne i nawodnione, średnio zagęszczone, o obliczonej na podstawie sondowań DPL, charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,57$
- **IIC** – zaliczono do niej piaski drobne i pylaste, wilgotne i nawodnione, średnio zagęszczone, o obliczonej na podstawie sondowań DPL, charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,66$
- **IID** – zaliczono do niej piaski drobne i średnie***, wilgotne i nawodnione, średnio zagęszczone, o obliczonej na podstawie sondowań DPL, charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,41$.
- **IIIE** – zaliczono do niej pyły i gliny pylaste, grunty mało wilgotne, w stanie twardoplastycznym, o obliczonej charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_L^{(n)} = 0,20$.
- **IIIF** – zaliczono do niej pyły i piaski gliniaste próchniczne, grunty wilgotne, w stanie plastycznym, o obliczonej charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_L^{(n)} = 0,41$. Określona na podstawie badań laboratoryjnych zawartość części organicznych w piaskach gliniastych próchnicznych wynosi 4,37%.

- **IIG** – zaliczono do niej namuły. Są to grunty ściśliwe, nie nadające się do bezpośredniego posadowienia fundamentów obiektów.

*** Z uwagi na niewielkie rozprzestrzenienie na badanym obszarze, osadów warstwy IID, włączono do niej zarówno piaski drobne jak i piaski średnie.

- III seria - osady fluwioglacjalne (Opfg).

W serii osadów fluwioglacjalnych znajdują się grunty niespoiste mineralne rodzime. Litologicznie są to piaski pylaste, drobne, piaski średnie oraz piaski grube. Pod względem własności filtracyjnych grunty należą do gruntów:

- dobrze przepuszczalnych – dla piasków średnich i grubych, o orientacyjnej wartości współczynnika filtracji k wynoszącej 10^{-4} - 10^{-3} m/s.
- średnio przepuszczalnych – dla piasków drobnych, o orientacyjnej wartości współczynnika filtracji k wynoszącej 10^{-5} - 10^{-4} m/s.
- słabo przepuszczalnych – orientacyjne wartości współczynnika filtracji k dla piasków pylastych, wynoszą 10^{-6} – 10^{-5} m/s.

Na podstawie badań laboratoryjnych ustalono wartość współczynnika filtracji dla badanych próbek gruntu. Wyniki przedstawiono w załączniku nr 8.

W III serii wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- **IIIA** - zaliczono do niej piaski średnie, wilgotne i nawodnione, zagęszczone, o obliczonej charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,73$
- **IIIB** - zaliczono do niej piaski średnie, wilgotne i nawodnione, średnio zagęszczone, o obliczonej charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,60$
- **IIIC** - zaliczono do niej piaski drobne, wilgotne i nawodnione, zagęszczone, o obliczonej charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,72$
- **IIID** - zaliczono do niej piaski drobne i piaski pylaste, wilgotne i nawodnione, średnio zagęszczone, o obliczonej charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,58$

- **III E** – zaliczono do niej piaski drobne i średnie****, wilgotne i nawodnione, średnio zagęszczone, o obliczonej na podstawie sondowań DPL, charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,40$.

**** Podobnie jak w przypadku osadów rzecznych serii II, z uwagi na niewielkie rozprzestrzenienie na badanym obszarze, osadów warstwy III E, włączono do niej zarówno piaski drobne jak i piaski średnie.

- IV seria – gliny zwałowe (Qpg).

Na zespół glin zwałowych składają się grunty mineralne rodzime spoiste. W obrębie zbadanego terenu seria ta zawiera gliny piaszczyste i gliny piaszczyste zwięzłe. Grunty należące do tej serii są mało wilgotne w stanie twardoplastycznym oraz wilgotne w stanie plastycznym. Pod względem własności filtracyjnych grunty należą do półprzepuszczalnych i nieprzepuszczalnych. Orientacyjne wartości współczynnika filtracji k dla glin piaszczystych wynoszą $10^{-8} - 10^{-6}$ m/s, zaś dla glin piaszczystych zwięzłych $k < 10^{-8}$ m/s.

W IV serii wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- **IVA** – do warstwy zaliczono gliny piaszczyste i gliny piaszczyste zwięzłe, grunty mało wilgotne, w stanie twardoplastycznym, o obliczonej, charakterystycznej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,09$.
- **IVB** – do warstwy zaliczono gliny piaszczyste, grunty mało wilgotne, w stanie twardoplastycznym, o obliczonej charakterystycznej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,19$.
- **IVC** – do warstwy zaliczono gliny piaszczyste i gliny piaszczyste zwięzłe; grunty wilgotne, w stanie plastycznym, o obliczonej charakterystycznej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,31$.

- V seria – osady zastoiskowe (Qpl).

Na zespół osadów zastoiskowych składają się grunty mineralne rodzime spoiste. W obrębie zbadanego terenu seria ta zawiera gliny pylaste, pyły, pyły piaszczyste i piaski gliniaste. Grunty należące do tej serii są mało wilgotne w stanie twardoplastycznym oraz wilgotne w stanie

plastycznym. Pod względem własności filtracyjnych grunty należą do półprzepuszczalnych i słabo przepuszczalnych. Orientacyjne wartości współczynnika filtracji k dla glin pylastych i pyłów wynoszą 10^{-8} - 10^{-6} m/s, zaś dla piasków gliniastych $k = 10^{-6}$ - 10^{-5} m/s

W V serii wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- **VA** – do warstwy zaliczono gliny pylaste, pyły, pyły piaszczyste i piaski gliniaste, grunty mało wilgotne, w stanie twardoplastycznym, o obliczonej charakterystycznej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)}=0,20$.
- **VB** – do warstwy zaliczono pyły; grunty wilgotne, w stanie plastycznym, o przyjętej charakterystycznej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)}=0,31$.

- VI seria osady zwietrzelinowe (zwJ)

Na zespół tych osadów składają się grunty mineralne rodzime kamieniste. W obrębie zbadanego terenu seria ta reprezentowana jest przez **zwietrzeliny** z porami wypełnionymi piaskiem średnim oraz **zwietrzeliny gliniaste** z porami wypełnionymi gruntem spoistym. Skałą macierzystą dla tych osadów są utwory środkowej jury – piaskowce, mułowce i iłowce.

Pod względem własności filtracyjnych osady należą do:

- dobrze przepuszczalnych – dla piasków średnich, o orientacyjnej wartości współczynnika filtracji k wynoszącej 10^{-4} - 10^{-3} m/s
- pół przepuszczalnych – dla glin pylastych, o orientacyjnej wartości współczynnika filtracji k wynoszącej 10^{-8} - 10^{-6} m/s.

W VI serii wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- **VIA-** reprezentowana jest przez **zwietrzeliny gliniaste**, o spoiwie z gliny pylastej. Są to grunty mało wilgotne, półzwarte, o charakterystycznej, przyjętej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)}=0,00$. Na podstawie Z. Wiłun „Zarys Geotechniki” (tabela nr 12.2), dla zwietrzelin z porami wypełnionymi gruntem spoistym, wartość naprężeń dopuszczalnych dla tych gruntów (k_2) na głębokości $H=2,0$ m p.p.t. wynosi $k_2 = 6,00$ kg/cm² tj. ca 600 kPa.
- **VIB-** reprezentowana jest przez **zwietrzeliny gliniaste**, o spoiwie z gliny pylastej. Są to grunty mało wilgotne, twardoplastyczne, o charakterystycznej, przyjętej wartości stopnia

plastyczności $I_L^{(n)}=0,15$. Na podstawie Z. Wiłun „Zarys Geotechniki” (tabela nr 12.2), dla wietrzliny z porami wypełnionymi gruntem spoistym, wartość naprężeń dopuszczalnych dla tych gruntów (k_2) na głębokości $H=2,0$ m p.p.t. wynosi $k_2 = 5,10 \text{ kg/cm}^2$ tj. ca 510 kPa.

- **VIC** – reprezentowana jest przez **zwietrzliny piaszczyste** z porami wypełnionymi gruntem sypkim (piaskiem średnim), posiadające domieszki rumoszu skalnego i otoczków. Przy określeniu dopuszczalnych obciążeń przyjęto dla gruntów sypkich wypełniających pory tych utworów stopień zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,55$. Na podstawie Z. Wiłun „Zarys geotechniki” dla zwietrzliny z porami wypełnionymi gruntem sypkim wartość obciążeń dopuszczalnych dla tych gruntów, na głębokości $H=2,00$ m p.p.t. wynosi ca 565,0 kPa.

Do warstw geotechnicznych nie włączono występujących od powierzchni terenu gruntów antropogenicznych.

5. OCENA WARUNKÓW GRUNTOWO-WODNYCH

Podłoże gruntowe terenu badań, do zbadanej głębokości 1,0 – 4,0 m p.p.t. charakteryzują proste **warunki gruntowo – wodne**.

Wszystkie nawiercone grunty należą do sześciu serii litologicznych. Grunty warstwy **IIG** – grunty organiczne, są utworami nienośnymi i nie nadają się do bezpośredniego posadowienia fundamentów budowli ze względu na dużą ściśliwość. Grunty warstw **IIIF** oraz **IVC i VB** posiadają obniżone wartości parametrów geotechnicznych ze względu na plastyczny stan występowania. Pozostałe grunty charakteryzują się korzystnymi parametrami geotechnicznymi.

Podczas projektowania inwestycji należy zwrócić szczególną uwagę na grunty organiczne (namuły), występujące w otworze nr 140. Osady organiczne warstwy **IIG** oraz grunty nasypowe zakwalifikowane do nasypów niebudowlanych, należą do gruntów nienośnych i nie mogą stanowić bezpośredniego podłoża robót budowlanych. Zaleca się usunięcie gruntów nienośnych ze strefy oddziaływania obiektów budowlanych na podłoże gruntowe. Można także rozważyć częściową wymianę gruntów oraz wzmocnienie podłoża projektowanej inwestycji, np. przy pomocy geosyntetyków.

Należy również zwrócić uwagę na płytko zalegające zwierciadło wody w otworze nr 10 (0,5 m p.p.t.). Szczegółowe zestawienie znajduje się w Tabeli nr 2 w rozdziale 4.3.

W przypadku prowadzenia robót w obrębie gruntów spoistych, należy chronić je przed oddziaływaniem wody (wody opadowe i roztopowe, sączenia na styku osadów spoistych i niespoistych). Kontakt z wodami negatywnie wpływa na wartości parametrów geotechnicznych (grunty spoiste pęcznieją, rozmakają, uplastyczniają się), co w efekcie może prowadzić do znacznego obniżenia ich nośności. W przypadku naruszenia struktury tych osadów lub dopuszczenia do ich istotnego zawodnienia uplastycznione partie gruntu należy usunąć z podłoża.

Grupy nośności podłoża nawierzchni przyjęto na podstawie danych z wierceń, oraz zgodnie z poziomem wód podziemnych występującym w okresie badań. Przyjmowanie grup nośności dla potrzeb projektowania nawierzchni uzależnione jest od występujących rodzajów gruntów podłoża oraz stwierdzonych warunków wodnych rozpoznanych do właściwej głębokości. Przyporządkowanie poszczególnych warstw geotechnicznych do grup nośności podłoża przedstawiono na załączniku nr 4.1-4.68.

Należy pamiętać że wprowadzone w 2015 r. zmiany rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie [2], zniosły wymóg wyznaczania grup nośności i spowodowały konieczność obliczania nośności podłoża, na których będzie realizowana inwestycja. Dlatego przedstawione w niniejszym opracowaniu przyporządkowania należy traktować jako orientacyjne.

6.1 Warunki budowlane na terenie przeprowadzonych badań

6.1.1 Ocena warunków wodnych

Warunki wodne na dokumentowanym obszarze oceniono na podstawie rozporządzenia [2]. Przyjęto jednocześnie, że pobocze będzie utwardzone i szczelne oraz zostaną zapewnione warunki do dobrego odprowadzenia wód powierzchniowych. Przyjęto jednocześnie następujące kryteria oceny:

Tabela 2 Klasyfikacja warunków wodnych dla korpusu drogowego

Charakterystyka przebiegu trasy	Warunki wodne w przypadku występowania swobodnego zwierciadła wody podziemnej na głębokości poniżej niwelety		
	poniżej 1 m	między 1 m a 2 m	większej niż 2 m
Wykopy do 1 m	złe	przeciętne	dobre
Nasypy do 1 m	przeciętne	przeciętne	dobre
Wykopy powyżej 1 m	przeciętne	przeciętne	dobre
Nasypy powyżej 1 m	przeciętne	dobre	dobre

W związku z tym, że wody podziemne w otworze nr 10 stwierdzono na gł. 0,5 m p.p.t., zaleca się przyjęcie złych warunków wodnych w jego rejonie, dla otworów nr 11 i 12, 160, 162, 163, gdzie woda zalega na głębokości 1,2 – 1,9 m p.p.t.- przeciętnych warunków wodnych oraz dobrych warunków wodnych dla pozostałego obszaru.

6.1.2 Ocena warunków budowlanych

Warunki budowlane określono na podstawie Rozporządzenia [3] uwzględniając warunki wodne i budowę geologiczną określoną na podstawie badań podłoża. W przypadku braku jednoznaczności niektórych kryteriów dokonano oceny własnej. Jako poziom niwelety przyjęto obecny przebieg drogi, zaś warunki określono dla gruntów występujących 0,5-1,0 m poniżej niwelety (orientacyjny poziom robot ziemnych pod nawierzchnie drogowe).

W rejonie otworów 10, 11, 140 i 141, warunki budowlane określono jako złe, do dostatecznych. Na pozostałym obszarze zaklasyfikowane zostały jako dobre i bardzo dobre.

Poszczególne warstwy podłoża przyporządkowano do poszczególnych warunków budowlanych zgodnie z tabelą.

Tabela 3 Tabela warunków budowlanych dla wydzielonych warstw geotechnicznych

1	2	3			4		
Nr warstwy	Rodzaj gruntu-symbol	Stan gruntu			Warunki budowlane przy poziomie wód podziemnych poniżej niwelety		
		I _D	I _L	I _s	poniżej 2 m	od 2 do 1 m	mniej niż 1 m
I	nB(Ps)	-	-	0,95	B.DOBRE		DOBRE
IIA	Ps, Pr	0,73	-	-			
IIB	Ps,	0,57	-	-			
IIC	Pd, Pπ	0,66	-	-			
IID	Pd, Ps	0,41			DOBRE		
IIE	Gπ, Π	-	0,20	-	DOBRE		DOSTATECZNE/ZŁE
IIF	PgH, Π	-	0,41	-	DOSTATECZNE		ZŁE
IIG	Nm	-	-	-	ZŁE		
IIIA	Ps	0,73			B.DOBRE		DOBRE
IIIB	Ps, Pr	0,60					
IIIC	Pd	0,72					
IIID	Pd, Pπ	0,58					
IIIE	Pd, Ps	0,40			DOBRE		
IVA	Gp, Gpz	-	0,09	-	DOBRE		DOSTATECZNE
IVB	Gp,	-	0,19	-			
IVC	Gp, Gpz	-	0,31	-	DOBRE/ DOSTATECZNE		ZŁE
VA	Gπ, Π, Πp, Pg	-	0,20		DOBRE		DOSTATECZNE/ZŁE
VB	Π	-	0,30		DOSTATECZNE		ZŁE
VIA	Kwg (Gπ)		0,00		DOBRE		DOSTATECZNE
VIB	KWg (Gπ)		0,15		DOBRE		DOSTATECZNE
VIC	KW(Ps)	0,55			B.DOBRE		DOBRE

7. WNIOSKI

1. Podłoże gruntowe terenu badań, do głębokości 1,0 - 4,0 m p.p.t., charakteryzują **proste warunki gruntowo wodne**.
2. Projektowana inwestycja pod względem konstrukcyjnym zaliczana jest do I kategorii geotechnicznej.

3. Ostateczna kwalifikacja inwestycji do kategorii geotechnicznej zgodnie z Rozporządzeniem [1] należy do projektanta i powinna uwzględniać charakterystykę terenu badań i podłoża gruntowego, parametry fizyczno – mechaniczne gruntów, założenia projektowe i ostateczne rozwiązania konstrukcyjne.
4. Wszystkie zbadane grunty zostały ujęte w warstwy geotechniczne. Wyznaczono dla nich charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych, które przedstawiono w załączniku nr 1 do dokumentacji.
5. Zbadane grunty **serii I, warstw IIA-III, serii III, warstw IVA, IVB, VA i grunty serii VI** charakteryzują się **korzystnymi** parametrami geotechnicznymi. Grunty warstw **IIIF, IVC i VB** posiadają obniżone wartości parametrów geotechnicznych, ze względu na plastyczny stan występowania.
6. Grunty **warstwy IIG** oraz **nasypy niekontrolowane** należą do gruntów nienośnych.
7. Zaleca się grunty spoiste, na czas prowadzenia robót ziemnych w wykopie chronić przed przedostaniem się do nich wód opadowych lub roztopowych. Kontakt z wodami atmosferycznymi wpływa na wartości parametrów geotechnicznych (grunty spoiste pęcznieją, rozmakają, uplastyczniają się), co w efekcie doprowadzi do znacznego obniżenia ich nośności.
8. W trakcie wykonywania prac wiertniczych, w obrębie terenu badań, do głębokości 1,0 – 4,0 m stwierdzono występowanie wód podziemnych (patrz rozdz. 4.2)
9. W trakcie wykonywania robót ziemnych zajdzie konieczność wykonywania nasypów, zasypek i podsypek. Materiał do budowy należy dobierać z uwzględnieniem postanowień normy [7]. Nasyp można formować zarówno z gruntów spoistych jak i niespoistych.
10. Podstawowym warunkiem technologicznym skutecznego zagęszczania gruntów przeznaczonych na nasypy, zasypki, podsypki itp., jest ich prowadzenie przy wilgotności optymalnej (w_{opt}), uprzednio określonej w badaniach laboratoryjnych.
11. Podstawowym miarodajnym parametrem do odbioru zasypek, podsypek itp., jest wskaźnik zagęszczenia I_s (a nie stopień zagęszczenia I_D). Odbiór zagęszczanego podłoża powinien odbywać się warstwami. Do wykonania kolejnej warstwy powinno się przystąpić po dokonaniu odbioru warstwy poprzedniej.
12. Przy końcowym odbiorze robót ziemnych należy posługiwać się wartościami pierwotnego i

wtórnego modułu odkształcenia (E_1 i E_2) oraz wskaźnikiem odkształcenia (I_0), uzyskanymi z badań płytą VSS.

13. Projektowane roboty ziemne, należy dopasować do stwierdzonych w opracowaniu warunków gruntowo-wodnych .
14. W rozdziale 5 przedstawiono zalecenia które powinny być brane pod uwagę przy projektowaniu obiektów budowlanych.

8. MATERIAŁY WYKORZYSTANE W DOKUMENTACJI

8.1. Przepisy prawne

[1]. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012r w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz. U. nr 0, poz. 463 z dnia 27 kwietnia 2012 r).

[2]. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. (Dz.U. 1999 nr 43 poz. 430).

[3] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 23 grudnia 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. 2016 poz. 124).

8.2. Normy państwowe i branżowe

[4]. PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.

[5]. PN-EN 1997-2 Eurokod 7 Projektowanie geotechniczne. Część 2 Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.

[6]. PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.

[7]. PN-B-06050:1999. Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.

[8] PN-S-02205- 1998 – Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.

8.3. Literatura

[9]. Pazdro Z., „Hydrogeologia ogólna” Wydanie III uzupełnione, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1983 r.

[10]. Wiłun Z. – Zarys geotechniki. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa, 1982 r.