

## **SPIS TREŚCI**

1. Wstęp.....	4
1.1. Podstawa opracowania.....	4
1.2. Przedmiot opracowania.....	4
2. Wykorzystane materiały.....	5
2.1. Przepisy prawne.....	5
2.2. Normy państwowe i branżowe.....	6
2.3. Literatura i geologiczne materiały archiwalne.....	6
3. Lokalizacja i położenie administracyjne inwestycji.....	7
4. Charakterystyka warunków gruntowo - wodnych.....	7
4.1. Budowa geologiczna.....	7
4.2. Warunki hydrogeologiczne.....	8
5. Przyjęcie projektowego modelu obliczeniowego.....	8
6. Określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych.....	9
7. Dane konstrukcyjne poszczególnych obiektów budowlanych.....	10
7.1. Nasyp drogowy.....	10
7.2. Przepusty drogowy i przejścia dla pieszych.....	12
7.3. Obiekty mostowe.....	12
7.4. Zbiorniki retencyjne.....	13
7.5. Słup wysokiego napięcia WN.....	14
8. Określenie częściowych współczynników bezpieczeństwa do obliczeń geotechnicznych.....	14
8.1. Posadowienie bezpośrednie obiektów budowlanych.....	14
8.2. Posadowienie pośrednie obiektów inżynierskich.....	15
9. Określenie oddziaływań od gruntu.....	18
9.1. Fundamenty bezpośrednie projektowanych przepustów drogowych i przejść dla pieszych.....	18
9.2. Fundamenty pośrednie .....	19
9.3. Fundamenty bezpośrednie wiaduktu drogowego WD-3.....	25
10. Obliczenia stanu granicznego nośności fundamentów .....	28
10.1 Posadowienie bezpośrednie fundamentów.....	28
10.2 Posadowienie pośrednie fundamentów.....	28
11. Stateczność nasypów w korpusie drogi głównej, dróg dojazdowych i poprzecznych.....	28
12. Prognoza zmian właściwości podłoża gruntowego w czasie.....	29
13. Specyfikacja badań niezbędnych do zapewnienia wymaganej jakości robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych.....	31
14. Określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekty budowlane i sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom.....	32
15. Określenie zakresu niezbędnego monitorowania obiektu budowlanego, obiektów sąsiadujących i otaczającego gruntu.....	35
16. Wnioski .....	35

## **SPIS TABEL W TEKŚCIE:**

**Tabela nr 1.** Zestawienie wartości współczynników bezpieczeństwa i odpowiednich współczynników technologicznych przyjętych dla posadowienia podpór A i B obiektu inżynierskiego MD-4

**Tabela nr 2.** Zestawienie orientacyjnych wartości dopuszczalnych obciążeń gruntów pod podstawą fundamentów poszczególnych przepustów drogowych i przejść dla pieszych

**Tabela nr 3a** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-1 (MD-1\_B\_NL)

**Tabela nr 3b** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-1 (MD-1\_B\_NP)

**Tabela nr 3c** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-1 (MD-1\_A\_NP)

**Tabela nr 3d** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-1 (MD-1\_A\_NL)

**Tabela nr 4a.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego WD-2 (WD2-A)

**Tabela nr 4b.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego WD-2 (WD2-B)

**Tabela nr 4c.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego WD-2 (WD2-C)

**Tabela nr 4d.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego WD-2 (WD2-D)

**Tabela nr 5a.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-4 (MD-4\_A\_JL)

**Tabela nr 5b.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-4 (MD-A\_JP)

**Tabela nr 5c.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-4 (MD-B\_JL)

**Tabela nr 5d.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-4 (MD-B\_JP)

**Tabela nr 6a.** Parametry pod podstawą fundamentów obiektu WD-3 (podpora A\_JL)

**Tabela nr 6b.** Parametry warstwy słabszej - fundamenty obiektu WD-3 (podpora A\_JL)

**Tabela nr 6c.** Parametry pod podstawą fundamentów obiektu WD-3 (podpora A\_JP)

**Tabela nr 6d.** Parametry warstwy słabszej - fundamenty obiektu WD-3 (podpora A\_JP)

**Tabela nr 6e.** Parametry pod podstawą fundamentów obiektu WD-3 (podpora B\_JL)

**Tabela nr 6f.** Parametry warstwy słabszej - fundamenty obiektu WD-3 (podpora B\_JL)

**Tabela nr 6g.** Parametry pod podstawą fundamentów obiektu WD-3 (podpora B\_JP)

**Tabela nr 6h.** Parametry warstwy słabszej - fundamenty obiektu WD-3 (podpora B\_JP)

### **ZAŁĄCZNIKI TABELARYCZNE**

**Zał. 1.1 – Zał. 1.16** Kombinacje obciążeń działających na fundamenty oraz grupy pali obiektów inżynierskich

**Zał. 2.1 – Zał. 2.16** Obliczenia stanu granicznego nośności

### **ZAŁĄCZNIKI RYSUNKOWE**

**Rysunek nr 1.** Mapa pogładowa w skali 1:25 000 wraz z objaśnieniami

**Rysunek nr OG-04/3-2-MD-1-01** Rysunki ogólne. Rzut z góry

**Rysunek nr OG-05/3-2-MD-1-01** Rysunki ogólne. Przekrój podłużny

**Rysunek nr OG-06/3-2-MD-1-01** Rysunki ogólne. Przekrój poprzeczny

**Rysunek nr OG-07/3-2-MD-1-01** Rysunki ogólne. Widok z boku

**Rysunek nr OG-04/3-3-WD-2-01** Rysunki ogólne. Rzut z góry

**Rysunek nr OG-05/3-3-WD-2-01** Rysunki ogólne. Przekrój podłużny

**Rysunek nr OG-06/3-3-WD-2-01** Rysunki ogólne. Przekrój poprzeczny

**Rysunek nr OG-07/3-3-WD-2-01** Rysunki ogólne. Widok z boku

**Rysunek nr OG-04/3-5-WD-3-01** Rysunki ogólne. Rzut z góry

**Rysunek nr OG-05/3-5-WD-3-01** Rysunki ogólne. Przekrój podłużny

**Rysunek nr OG-06/3-5-WD-3-01** Rysunki ogólne. Przekrój poprzeczny

**Rysunek nr OG-07/3-5-WD-3-01** Rysunki ogólne. Widok z boku

**Rysunek nr OG-04/3-7-MD-4-01** Rysunki ogólne. Rzut z góry

**Rysunek nr OG-05/3-7-MD-4-01** Rysunki ogólne. Przekrój podłużny

**Rysunek nr OG-06/3-7-MD-4-01** Rysunki ogólne. Przekrój poprzeczny

## **Rysunek nr OG-07/3-7-MD-4-01 Rysunki ogólne. Widok z boku**

### **1. Wstęp**

#### **1.1. Podstawa opracowania**

Niniejszy projekt geotechniczny sporządzono w Pracowni Geologiczno - Inżynierskiej Piotr Janiszewski Sp. J. w Łodzi (94-104), ul. Obywatelska 102/104, na zlecenie Biura Projektów Budownictwa Komunikacyjnego TRAKT sp. z o. o. sp. k. z siedzibą w Katowicach (40-159) przy ul. Jesionowej 15, w oparciu o Umowę Nr 611/02 zawartą w dniu 24 sierpnia 2012 r., ujmującą całokształt wykonania prac i badań geologicznych w ramach realizacji zadania: *Budowa i rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 678 na odcinku od m. Horodniany do skrzyżowania z drogą wojewódzką nr 682 w m. Markowszczyzna od km 1+225,00 do km 7+689,59*. Jednocześnie należy podkreślić, iż powyższy kilometraż odpowiada kilometrażowi wcześniejszej inwestycji, tj. *Budowa obwodnicy Kleosina*. W niniejszym opracowaniu posłużono się jednak pikietażem roboczym – początek opracowania przypada na km 0+000 (odpowiada km 1+225,00), natomiast koniec trasy – km 6+650,00 (odpowiada km 7+689,59). Inwestorem jest Podlaski Zarząd Dróg Wojewódzkich w Białymstoku (15-620), ul. Elewatorska 6.

#### **1.2. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem niniejszego Projektu geotechnicznego są przyjęte założenia, dane (z powołaniami na wyniki badań podłoża oraz dokumenty zawierające więcej szczegółów), metody obliczeń oraz wyniki analizy bezpieczeństwa i użyteczności projektowanej drogi wojewódzkiej nr 678 wraz z pozostałymi obiektami towarzyszącymi.

Niniejsze opracowanie sporządzono na potrzeby wykonania wielobranżowej kompleksowej dokumentacji projektowej w stadium projektów budowlanych i wykonawczych wraz z dokumentacją geodezyjno-prawną, decyzjami oraz ze wszystkimi uzgodnieniami i opiniami. Zakres wszelkich wykonanych prac uzgodniono z Projektantami.

Projekt geotechniczny wykonano na podstawie wyników badań geologiczno-inżynierskich przedstawionych w dokumentacji [20] oraz zgodnie z wytycznymi i zalecaniami określonymi w instrukcjach branżowych i normach, tj.:

- PN-81/B-03020. Grunty budowlane - Posadowienie budowli - Obliczenia statyczne i projektowanie [9];
- PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane - Nośność pali i fundamentów palowych [10].

Konieczność oparcia się na normach krajowych uzasadniono we wnioskach niniejszego opracowania.

Podstawą prawną do wykonania przedstawionego Projektu geotechnicznego są:

- Ustawa Prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 r. wg stanu prawnego na dzień 1 stycznia 2012 r. (Dz. U. Nr 163, poz. 981) [1];
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 r., poz. 463) [2].

## **2. Wykorzystane materiały**

### **2.1. Przepisy prawne**

[1]. Ustawa Prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 r., wg stanu prawnego na dzień 1 stycznia 2012 r. (Dz. U. Nr 163, poz. 981).

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

[3]. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz. U. nr 202, poz. 2072),

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

[5]. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. nr 63, poz. 735).

[6]. Ustawa z dnia 10 kwietnia 2003 r. o szczególnych zasadach przygotowania i realizacji inwestycji w zakresie dróg (Dz. U. z 2008 r. Nr 193, poz. 1194 z późniejszymi zmianami).

[7]. Zarządzenie nr 4 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 23 lutego 2001 r. w sprawie wprowadzenia „Katalogu wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i pólstywnych”.

[8]. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w

zakładach górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz. U. Nr. 109, poz. 961).

## **2.2. Normy państwowe i branżowe**

- [9]. PN-81/B-03020. Grunty budowlane - Posadowienie bezpośrednie budowli - Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [10]. PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane - Nośność pali i fundamentów palowych.
- [11]. Eurokod 7 „PN-EN 1997-1 i PN-EN 1997-2.
- [12]. PN-98/S-02205. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- [13]. PN-82/B-01800. Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Klasyfikacja i określenie środowisk.
- [14]. PN-82/B-01801. Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Podstawowe zasady projektowania.
- [15]. PN-B-03264:2002. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone - Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [16]. PN-EN 206-1:2003. Beton - Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [17] D-02.00.00: Roboty ziemne, Ogólne Specyfikacje Techniczne OST. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych. Warszawa, 2002 r.

## **2.3. Literatura i geologiczne materiały archiwalne**

- [18]. Janiszewski P., Pietrusiewicz-Woszczak M., Pieczonka P., Woźniak K., Rogowska K., Sulikowski M. - Projekt robót geologicznych do dokumentacji projektowej na budowę i rozbudowę drogi wojewódzkiej nr 678 na odcinku od m. Horodniany do skrzyżowania z drogą wojewódzką nr 682 w m. Markowszczyzna, od km 1+225,00 do km 7+689,59, wrzesień 2012 r.
- [19]. Janiszewski P., Pieczonka P., Woźniak K., Różański P., Rogowska K., Sulikowski M.- Dokumentacja geologiczno-inżynierska do dokumentacji projektowej na budowę i rozbudowę drogi wojewódzkiej nr 678 na odcinku od m. Horodniany do skrzyżowania z drogą wojewódzką nr 682 w m. Markowszczyzna, od km 1+225.00 do km 7+689.59.
- [20]. Janiszewski P., Pieczonka P., Woźniak K., Rogowska K., Sulikowski M., Rogowski P., Różański P. - Opinia geotechniczna wraz z Dokumentacją badań podłoża gruntowego dla budowy i rozbudowy drogi wojewódzkiej nr 678 na odcinku od m. Horodniany do skrzyżowania z drogą wojewódzką nr 682 w m. Markowszczyzna od km 1+225,00 do km 7+689,59.
- [21]. Słowikowska Z., Lewasz J. - Mapa topograficzna w skali 1:25000, Arkusz Białystok – Nowe Miasto (245.41), OPGK Białystok, 1986 r.

[22] Studium techniczno – ekonomiczno – środowiskowe; Część techniczna IIA - Część drogowo – mostowa; Konsorcjum: Biuro Konsultingowe Ochrony Środowiska Ekosystem Śląsk 41-400 Mysłowice, ul. Działkowa 44, Projektowanie Konstrukcyjno – Inżynieryjne Bronisław Waluga 41-709 Ruda Śląska, ul. Niedurnego 30, 2011 r.

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

[24]. Glazer Z. – Mechanika gruntów. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, 1985 r.

### **3. Lokalizacja i położenie administracyjne inwestycji**

Droga wojewódzka nr 678 będąca przedmiotem niniejszego opracowania, usytuowana jest w województwie podlaskim, w powiecie białostockim, na granicy dwóch gmin Juchnowiec Kościelny i Turośń Kościelna. Lokalizację dokumentowanej trasy na tle położenia administracyjnego przedstawiono na mapie topograficznej stanowiącej *Rysunek nr 1*.

Do niniejszego projektu przyjęto kilometr roboczy początku opracowania (km 0+000.00) w punkcie dowiązania przedmiotowego odcinka do obecnie realizowanej inwestycji „Budowa i rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 678 wraz z drogowymi obiektami inżynierskimi na odcinku Białystok-Kleosin”. Koniec analizowanego odcinka (km 6+650.00) zlokalizowany jest w granicach gminy Turośń Kościelna, w obrębie skrzyżowania drogi wojewódzkiej nr 678 z drogą wojewódzką nr 682. Począwszy od km 0+000 przedmiotowy odcinek przebiega przez miejscowości: Kleosin, Kolonia Księżyno, Księżyno, Ignatki, Niewodnica Korycka, Zalesiany. Koniec opracowania zlokalizowany jest w miejscowości Markowszczyzna. Analizowany odcinek tylko w części przebiega po istniejącym śladzie drogi wojewódzkiej nr 678. Pozostała część trasy biegnie nowym śladem, omijając miejscowości Horodniany i Zalesiany.

### **4. Charakterystyka warunków gruntowo - wodnych**

#### **4.1 Budowa geologiczna**

Obszar projektowanej inwestycji położony jest w obrębie wyniesienia mazursko – suwalskiego prekambryjskiej platformy wschodnioeuropejskiej, którą budują granitoidy oraz skały głębokiej strefy przeobrażeń, tj. gnejsy i migmatyty. Na skałach krystalicznych prekambru zalegają osadowe skały jury i kredy, przykryte nieciągłą warstwą osadów oligoceńskich, na których leży miąższa warstwa (150,0-160,0 m) osadów czwartorzędowych. Utwory czwartorzędu reprezentowane są przez osady zlodowaceń: najstarszego (narwi), południowopolskiego (nidy, sanu 1, sanu 2) oraz środkowopolskiego (odry, warty).

W wyniku przeprowadzonych wierceń do maksymalnej głębokości 21,0 m p.p.t. zbadano jedynie stropową część utworów czwartorzędowych, stanowiących podłoże gruntowe projektowanej drogi DW678 wraz z towarzyszącymi obiektami inżynierskimi. Podłoże to reprezentują holoceny: osady organiczne (Q<sub>hh</sub>), utwory rzeczno-rozlewiskowe (Q<sub>hf</sub>), osady deluwialne (Q<sub>de</sub>) oraz osady zastoiskowe (Q<sub>hl</sub>), a także plejstoceny: osady wodnolodowcowe (Q<sub>pfg</sub>), osady zastoiskowe (Q<sub>pl</sub>) i gliny zwałowe (Q<sub>pg</sub>) z okresu zlodowacenia środkowopolskiego warty z epoki plejstocenu. Stropową część zbadanego obszaru pokrywają holoceny, antropogeniczne nasypy niebudowlane (Q<sub>hn</sub>) oraz humus (Q<sub>h</sub>).

Szczegółowe dane dotyczące budowy geologicznej trasy DW 678 zawarte zostały w *Dokumentacji Badań Podłoża Gruntowego* [20].

## **4.2 Warunki hydrogeologiczne**

Zgodnie z informacjami przedstawionymi w *Rozdziale 4.1*, budowa geologiczno-strukturalna obszaru badań powoduje zróżnicowanie warunków hydrogeologicznych. Zbiorniki wód podziemnych o znaczeniu użytkowym występują w utworach czwartorzędowych, a wierceniami do maksymalnej głębokości 21,0 m p.p.t. nie napotkano wód związanych z osadami starszymi niż te utwory.

Ze względu na sposób i zasięg występowania, w obrębie czwartorzędu można wydzielić następujące rodzaje wód gruntowych:

- pierwszy czwartorzędowy poziom wodonośny
- drugi zasadniczy poziom wodonośny
- wody przypowierzchniowe
- wody z przewarstwień i soczew śródglinowych

Szczegółowe informacje na temat warunków hydrogeologicznych analizowanego odcinka drogi wojewódzkiej nr 678 przedstawiono w *Dokumentacji Badań Podłoża Gruntowego* [20].

## **5. Przyjęcie projektowego modelu obliczeniowego**

Do wszelkich obliczeń statycznych (zarówno dla posadowienia bezpośredniego, jak i pośredniego) wykorzystano modele geologiczno – geotechniczne zawarte w *Dokumentacji Badań Podłoża Gruntowego* (Rysunki nr nr 3.1-3.1.6, 3.2.1-3.2.22, 3.3.1-3.3.14, 3.4.1-3.4.19, 3.5.1-3.5.9), która jest dokumentem poprzedzającym niniejsze opracowanie [20].



## **6. Określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych**

Pa analizie przeprowadzonych wierceń i badań terenowych (badania makroskopowe gruntów, sondowania dynamiczne i sondowania statyczne) oraz badań laboratoryjnych gruntów, w podłożu projektowanej drogi wojewódzkiej nr 678 wydzielono dziewięć serii litologiczno-genetycznych, które dalej nazywa się seriami geologiczno-inżynierskimi. Są to:

- **I seria geologiczno-inżynierska – holocenijskie grunty antropogeniczne (Qhn);**
- **II seria geologiczno-inżynierska – holocenijskie osady organiczne (Qhh);**
- **III seria geologiczno-inżynierska – holocenijskie osady rzeczne (Qhf);**
- **IV seria geologiczno-inżynierska – holocenijskie osady deluwialne (Qde);**
- **V seria geologiczno-inżynierska – holocenijskie osady zastoiskowe (Qhl);**
- **VI seria geologiczno-inżynierska – plejstocenijskie osady wodnolodowcowe (Qpfg);**
- **VII seria geologiczno-inżynierska – plejstocenijskie gliny zwałowe (Qpg);**
- **VIII seria geologiczno-inżynierska - plejstocenijskie osady zastoiskowe (Qpl);**
- **IX seria geologiczno-inżynierska – plejstocenijskie ły zastoiskowe (Qpl).**

Dla wydzielonych serii geologiczno - inżynierskich określono parametry, które następnie posłużyły do ustalenia wartości charakterystycznych. Należy podkreślić, że ze względu na podstawowy charakter rozpoznania geotechnicznego zastosowanie metod statystycznych przy ustaleniu wartości charakterystycznych jest bardzo trudne, a wręcz niemożliwe. W związku z tym przy ich określaniu posłużono się dotychczasową „polską praktyką”- ustalono je na podstawie nomogramów zamieszczonych w PN-81/B-03020. Grunty budowlane - Posadowienie bezpośrednie budowli – Obliczenia statyczne i projektowanie [9] - (**Tabela nr 6** zawarta w *Dokumentacji Badań Podłoża Gruntowego* [20]). Jako cechę wyróżniającą dla gruntów niespoistych przyjęto stopień zagęszczenia -  $I_D$ , a dla gruntów spoistych stopień plastyczności -  $I_L$ . Pod względem konsolidacji grunty IV, V i VIII serii geologiczno-inżynierskiej należą do grupy C, natomiast grunty VII serii geologiczno - inżynierskiej należą do grupy B (wg p.1.4.6 PN-81/B-03020). ły zastoiskowe niezależnie od pochodzenia geologicznego zaliczono (wg pkt. 1.4.6 PN-81/B-03020) do grupy D.

Dla serii geologiczno - inżynierskich wydzielonych w gruntach mineralnych rodzimych określono m.in. wilgotność naturalną, gęstość objętościową, kąt tarcia wewnętrznego, spójność, oraz moduł odkształcenia pierwotnego i edometryczny moduł ścisłości pierwotnej (**Tabela nr 6** [20]).

Z uwagi na znaczną miąższość nasypów antropogenicznych, utwory te włączono do serii, jak również warstw geotechnicznych, lecz ze względu na to, iż są to grunty pozanormatywne, nie ustalono dla nich charakterystycznych wartości parametrów. Z podziału na warstwy wyłączono natomiast holoceniński humus.

Charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych zestawione w *Tabeli nr 6* zawartej w *Dokumentacji Badań Podłoża Gruntowego* [20], posłużyły do dalszych obliczeń statycznych i projektowania.

## **7. Dane konstrukcyjne poszczególnych obiektów budowlanych**

Szczegółowa lokalizacja, jak również modele geologiczno – geotechniczne projektowanych obiektów inżynierskich w ciągu drogi wojewódzkiej nr 678, zostały zawarte w *Dokumentacji Badań Podłoża Gruntowego* [20]. Dla części z nich od Projektanta uzyskano tylko ogólne informacje dotyczące konstrukcji.

### **7.1. Nasyp drogowy**

Projektowana droga tylko w niewielkiej części będzie przebiegała po śladzie istniejącej dotąd DW 678 (km 0+000 - 0+120, km 2+400 – 4+700, km 5+800 - 6+650). Na przeważającym obszarze nowo wytyczona trasa będzie biegła głównie na nasypie, rzadziej w wykopach i na poziomie istniejącego terenu. Na długości ok. 5,7 km (co stanowi 85,43% całego odcinka) projektowana trasa będzie budowana na nasypie o maksymalnej wysokości do 6,7 m. Wykopy drogowe o niewielkiej głębokości (maksymalnie ok. 0,7 m) wraz z odcinkami prowadzonymi po powierzchni trasy istniejącej będą wykonane na trzech odcinkach o sumarycznej długości ok. 0,95 km (14,57% całego odcinka). Nasyp drogowy zostanie posadowiony w mineralnych gruntach rodzimych, po ówczesnym wybraniu utworów nienośnych, a następnie zagęszczeniu osadów niespoistych do wymaganych wartości wskaźnika zagęszczenia gruntu, odpowiadających obciążeniom projektowanej drogi. W przypadku gruntów spoistych w stanie plastycznym, jak i twardoplastycznym, układanie nasypu rozpocznie się po wcześniejszym doprowadzeniu gruntów rodzimych do grupy nośności podłoża nawierzchni **G1**, poprzez jego wzmocnienie.

Na podstawie analizy modeli geologiczno – geotechnicznych pod korpus drogi głównej, jak również dróg dojazdowych i poprzecznych [20], a także parametrów geotechnicznych warstw podłoża gruntowego, stanowiących podstawę nasypów i dna wykopów bezpośrednio pod konstrukcją nawierzchni, wyróżniono cztery typy wzmocnienia podłoża, zależne od wysokości

nadbudowywanego nasypu oraz konieczności zapewnienia jego równomiernego osiadania, szczególnie w strefie przyobiektovej.

Zaprojektowano poniższe typy wzmocnienia podłoża:

- wykonanie wymiany gruntów słabonośnych i organicznych (namuły, torfy, nasyp niebudowlany) o niskich miąższościach, w tym metodą bagrowania;
- wykonanie wglębnego wzmocnienia podłoża z nasypów niebudowlanych metodą zagęszczania impulsowego (RIC, DI);
- wykonanie materacy geosyntetyczno-mineralnych – m.in. pod wysokimi nasypami, na dojazdach do obiektów inżynierskich w celu zminimalizowania różnicy osiadań i wzmocnienia stateczności skarp;
- wykonanie na pozostałych odcinkach podłoża wzmocnienia dla uzyskania projektowanych nośności podłoża, poprzez zastosowanie m.in.: spoiw hydraulicznych, stabilizatorów w formie koncentratów lub poprzez przesuszanie wapnem.

Szczegółowa lokalizacja odcinków podłoża w podstawie nasypu, jak i w podłożu konstrukcji, wzmacnianych przez zastosowanie poszczególnych metod, przedstawiona zostanie w Projekcie Wykonawczym.

### **Konstrukcja nawierzchni drogowej**

W ciągu drogi wojewódzkiej nr 678, jak również towarzyszących dróg dojazdowych i poprzecznych założono podatne konstrukcje nawierzchni o podbudowach pomocniczych z mieszanki niezwiązanej stabilizowanej mechanicznie oraz zależnie od kategorii ruchu, podbudowie zasadniczej z betonu asfaltowego na asfalcie drogowym zwykłym, warstwie wiążącej z betonu asfaltowego zwykłego i o wysokim module sztywności na asfalcie drogowym i warstwie ścieralnej z SMA lub betonu asfaltowego.

W celu zapewnienia możliwości przeniesienia przez podłoże ruchu technologicznego, zaprojektowano warstwę technologiczną z mieszanki związanej cementem  $C_{1,5/2,0}$ , pełniącą funkcję warstwy ulepszanego podłoża. Dodatkowo, dla zapewnienia wymaganej mrozoodporności podłoża gruntowego pod warstwą technologiczną zaprojektowano warstwę mrozochronną z mieszanki niezwiązanej  $CBR \geq 35 \%$ . W przypadku drogi wojewódzkiej, warstwa mrozochronna pełni dodatkowo funkcję odwadniającą, stąd konieczność spełnienia dodatkowego parametru  $k \geq 0,0093 \text{ cm/s}$ .

## **7.2. Przepusty drogowe i przejścia dla pieszych**

W obszarze planowanej inwestycji szlaki migracyjne zwierząt przecinają się z przebiegiem drogi wojewódzkiej nr 678. W celu zminimalizowania niekorzystnego wpływu inwestycji na środowisko przyrodnicze w ciągu szlaków migracyjnych przewidziano wykonanie zespołu przepustów dla zwierząt. Przejścia te będą złożone z betonowych elementów prefabrykowanych oraz z rur stalowych karbowanych o przekroju kołowym (dla przepustów pod zjazdami).

Dodatkowo projektuje się wykonanie 4 przejść dla pieszych, będących obiektami inżynierskimi służącymi do przeprowadzenia ciągu pieszego pod przeszkodą, która stanowi dwujezdniowa droga wojewódzka nr 678. Wszystkie obiekty zaprojektowano w formie ustroju ramowego z elementów prefabrykowanych.

## **7.3. Obiekty mostowe**

Szczegółowe dane konstrukcyjne obiektów mostowych (rzuty z góry, przekroje podłużne, przekroje poprzeczne, widoki z boku) zawarto w załącznikach rysunkowych na końcu niniejszego opracowania.

### **MD-1**

Projektowany obiekt inżynierski służy do przeprowadzenia drogi wojewódzkiej DW 678 ponad przeszkodą, którą stanowi rzeka Horodnianka. Obiekt mostowy zaprojektowano w formie ustroju płytowo-belkowego, jednoprzęsłowego, z belek prefabrykowanych typu „T”. Posadowienie podpór stałego obiektu mostowego zaprojektowano jako pośrednie na palach o średnicy 1000 mm i długości 12,0 m, wierconych w rurach obsadowych (zbrojenie betonu stalą klasy A-IIIN). W *Załącznikach 1.5 - 1.8* zestawiono warianty obciążeń działających na grupę pali (dla podpór A i B).

### **WD-2**

Projektowany wiadukt jest obiektem inżynierskim służącym do przeprowadzenia jednojezdniowej drogi gminnej nr 106771B Horodniany – Księżyno Kolonia ponad przeszkodą, którą stanowi dwujezdniowa droga wojewódzka DW 678. Obiekt mostowy zaprojektowano w formie ustroju płytowo-belkowego, trójprzęsłowego, z belek prefabrykowanych typu „T”. Posadowienie podpór stałego obiektu mostowego zaprojektowano jako pośrednie na palach o średnicy 800 i 1000 mm (długość 10,0 m), wierconych w rurach obsadowych (zbrojenie betonu stalą klasy A-III N). W *Załącznikach 1.9 – 1.12* zestawiono warianty obciążeń działających na grupę pali (dla podpór A, B, C i D):

### **WD-3**

Projektowany obiekt inżynierski służy do przeprowadzenia drogi wojewódzkiej DW 678 ponad przeszkodą, którą stanowi droga powiatowa nr 1500B Ignatki-Księżyno. Obiekt mostowy zaprojektowano w formie ustroju płytowo-belkowego, jednoprzęsłowego, z belek prefabrykowanych typu „T”.

W stwierdzonym układzie warunków gruntowo-wodnych zaprojektowano bezpośrednie posadowienie podpór wiaduktu, po wcześniejszym wzmocnieniu gruntu za pomocą kolumn DSM, o średnicy 500 mm i długości 4,5 m. W *Załącznikach 1.1 - 1.4* zestawiono warianty obciążeń działających na fundament (dla podpór A i B).

### **MD-4**

Projektowany obiekt inżynierski służy do przeprowadzenia drogi wojewódzkiej DW 678 ponad przeszkodą, którą stanowi rzeka Niewodnica. Obiekt mostowy zaprojektowano w formie ustroju płytowo-belkowego, jednoprzęsłowego, z belek prefabrykowanych typu „T”. Posadowienie podpór obiektu mostowego zaprojektowano jako pośrednie na palach o średnicy 1200 mm i długości 14,0, wierconych w rurach obsadowych (zbrojenie betonu stalą klasy A-IIIN). W *Załącznikach 1.13 – 1.16* zestawiono warianty obciążeń działających na grupę pali (dla podpór A i B).

## **7.4. Zbiorniki retencyjne**

W celu ograniczenia wpływu odprowadzanych ścieków i wód opadowych z pasa drogowego zaprojektowano zbiorniki retencyjne lub retencyjno – infiltracyjne, których zadaniem jest zatrzymanie odpływu o dużej kulminacji wywołanej deszczem nawalnym przed wprowadzeniem wód do ziemi lub cieków. Zbiorniki ZR-01, ZR-02, ZR-05, ZR-06, ZR-07, ZR-09 (numeracja zgodna z *Dokumentacją badań podłoża gruntowego* [20]), będą wykonane w ziemi jako otwarte, a ich kształt oraz lokalizacja nawiązywać będzie do naturalnych obniżień terenu. Zbiorniki zaprojektowano o nachyleniu skarp 1:2, a skarpy zbiorników umocniono w celu zabezpieczenia przed rozmywaniem. Zbiorniki ZR-03, ZR-04, ZR-08 (numeracja zgodna z *Dokumentacją badań podłoża gruntowego* [20]) zaprojektowano jako podziemne z rur PE HD.

## **7.5. Słup wysokiego napięcia WN**

W ciągu drogi wojewódzkiej nr 678 projektuje się wykonanie jednego słupa wysokiego napięcia, zlokalizowanego w początkowej części trasy (km 0+450). Od Zleceniodawcy otrzymano tylko ogólne informacje na temat konstrukcji obiektu. Przewiduje się bezpośrednie posadowienie słupa WN na fundamentach prefabrykowanych SFGD o wymiarach 200 x 250.

## **8. Określenie częściowych współczynników bezpieczeństwa do obliczeń geotechnicznych**

### **8.1. Posadowienie bezpośrednie obiektów budowlanych**

Nośność gruntu jest zdolnością do przenoszenia obciążeń, jakim ten grunt podlega. Według Polskiej Normy PN-81/B-03020 [9], która dotyczy posadowienia bezpośredniego obiektów budowlanych, w obliczeniach nośności uwzględnia się najbardziej niekorzystny wariant odkształcenia podłoża.

Posadowienie bezpośrednie budowli należy sprawdzić ze względu na możliwość wystąpienia dwóch grup stanów granicznych podłoża gruntowego fundamentów:

- grupy stanów granicznych nośności podłoża gruntowego (I stan graniczny, który wykonuje się dla wszystkich przypadków posadowienia)
- grupy stanów granicznych użytkowania obiektu (II stan graniczny)

W obliczeniach należy uwzględnić warunki występujące w stadium realizacji oraz w stadium eksploatacji budowli.

Przy sprawdzaniu I stanu granicznego wartość obliczeniowa obciążenia przekazywanego przez fundament na podłoże gruntowe  $Q_r$  [kN] powinna spełniać warunek:

$$Q_r < m \cdot Q_f$$

gdzie:

$Q_f$  – opór graniczny podłoża przeciwdziałający obciążeniu [kN];

$m$  – współczynnik korekcyjny (zależny od metody wyznaczania parametrów geotechnicznych i metody obliczania  $Q_f$ ).

**Współczynnik korekcyjny  $m$**  należy przyjmować, w zależności od metody obliczania  $Q_f$ , przy czym przy stosowaniu metody B lub C oznaczenia parametrów geotechnicznych, wartość

współczynnika  $m$  należy zmniejszyć mnożąc go przez 0,9. Zgodnie z pkt. 3.3.4 zawartym w Polskiej Normie PN-81/B-03020 [9] przyjmuje się:

- do obliczeń nośności –  $m = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81$
- do obliczeń poślizgu w gruncie –  $m = 0,8 \cdot 0,9 = 0,72$
- do bardziej uproszczonych metod obliczeń –  $m = 0,7 \cdot 0,9 = 0,63$
- do obliczeń oporu na przesunięcie w poziomie posadowienia lub w podłożu gruntowym –  $m = 0,8 \cdot 0,9 = 0,72$ .

Ostatecznie dla obiektu inżynierskiego WD-3, zlokalizowanego w ciągu drogi wojewódzkiej nr 678 do obliczeń statycznych przyjęto następujące współczynniki bezpieczeństwa:

- Współczynnik materiałowy gruntu:  $\gamma_m = 0,9$
- Współczynnik korekcyjny:  $m = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81$

## **8.2. Posadowienie pośrednie obiektów inżynierskich**

Do obliczenia nośności pali pojedynczych, jak i grup pali według stanu granicznego nośności zastosowano zasady podane w krajowej normie PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane - Nośność pali i fundamentów palowych [10].

Obciążenie obliczeniowe (powiększone o ciężar obliczeniowy pala) wywołane siłą pionową, działające wzdłuż jego osi, powinno spełniać warunek:

$$Q_r = Q_p + G_p \leq m \cdot N$$

gdzie:

$N$  – obliczeniowa nośność pala [kN],

$G_p$  – ciężar obliczeniowy pala [kN],

$m$  – współczynnik korekcyjny, przyjmowany dla fundamentów na trzech i więcej palach, równy  $m = 0,9$ ; w przypadku oparcia fundamentu na jednym palu przyjmuje się  $m = 0,7$ , a na dwóch palach  $m = 0,8$ .

Dla pala wciskanego stosuje się wzór:

$$N = N_p + N_t = S_p \cdot q^{(r)} \cdot A_p + \sum S_{si} \cdot t_i^{(r)} \cdot A_{si}$$

gdzie:

$N_p$  - nośność podstawy pala [kN],

$N_t$  – nośność poboczniczy pala [kN],

$S_p, S_s, S^w$  – współczynniki technologiczne,

$q^{(r)}$  - jednostkowa, obliczeniowa wytrzymałość gruntu pod podstawą pala [kPa],

$t_i^{(r)}$  – jednostkowa, obliczeniowa wytrzymałość gruntu warstwy i wzdłuż poboczniczy pala [kPa],

$A_p$  – pole przekroju poprzecznego podstawy pala [m<sup>2</sup>],

$A_{si}$  - pole poboczniczy pala zagłębionego w i-tej warstwie [m<sup>2</sup>].

Wartości współczynników technologicznych  $S_p, S_s, S^w$  dla poszczególnych rodzajów pali, w zależności od parametrów geotechnicznych gruntów, przyjmuje się wg *Tablicy 4*, zawartej w Polskiej Normie PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane - Nośność pali i fundamentów palowych [10]. Dodatkowo do obliczeń statycznych wykorzystuje się także wartość współczynnika redukcyjnego pala **m1**, który przyjęto wg *Tablicy 8*, zawartej w w/w normie [10].

Ostatecznie dla obiektów inżynierskich MD-1, WD-2 i MD-4, zlokalizowanych w ciągu drogi wojewódzkiej nr 678 do obliczeń statycznych przyjęto następujące współczynniki bezpieczeństwa:

### **MD-1**

Podstawy pali oparte zostaną o kompleks spoistych gruntów zastoiskowych, litologicznie reprezentowanych przez gliny pylaste zwarte na granicy glin pylastych, gliny pylaste zwarte przewarstwione pyłami, gliny pylaste bliskie glinom pylastym zwartym oraz glinom. Grunty te występują w stanie twardoplastycznym (warstwy VIIIA i IXA), a ich stopień plastyczności zamyka się w przedziale  $I_L=0,05 - 0,10$ . Na podstawie tych parametrów określono wartości oporów gruntu pod podstawą i wzdłuż poboczniczy pala (Rozdział 9.2).

Wartości współczynników bezpieczeństwa i odpowiednich współczynników technologicznych dla omawianych pali przedstawiają się następująco:

- Współczynnik materiałowy gruntu:  $\gamma_m = 0,9$
- Współczynnik redukcyjny pala: **m1** = 1,0
- Współczynnik korekcyjny pal a: **m** = 0,9
- Współczynnik technologiczny pala: **Sp** = 1,3

### **WD-2**

Podstawy pali oparte zostaną o kompleks spoistych gruntów zastoiskowych, w stanie twardoplastycznym (warstwy VIIIA, VIIIB i IXA), dla których stopień plastyczności zamyka się



w przedziale  $I_L=0,09 - 0,15$ . Litologicznie tworzą je gliny pylaste zwięzłe przewarstwione glinami pylastymi lub pyłami, gliny pylaste, gliny pylaste bliskie pyłom. Na podstawie tych parametrów określono wartości oporów gruntu pod podstawą i wzdłuż pobocznicy pali (Rozdział 9.2).

Wartości współczynników bezpieczeństwa i odpowiednich współczynników technologicznych przedstawiają się następująco:

- Współczynnik materiałowy gruntu:  $\gamma_m = 0,9$
- Współczynnik redukcyjny pala:  $m1 = 1,0$
- Współczynnik korekcyjny pala:  $m = 0,9$
- Współczynnik technologiczny pala:  $Sp = 1,3$

#### **MD-4**

Podstawy pali oparte zostaną o kompleks glin zwałowych, które reprezentowane są w rejonie omawianego obiektu przez gliny piaszczyste i gliny piaszczyste z domieszkami żwirów (warstwa VIIA). Utwory te występują w stanie półzwałym na granicy twardoplastycznego i twardoplastycznym, o stopniu plastyczności zamykającym się w przedziale  $I_L=0,00-0,05$ . Na podstawie tych parametrów określono wartości oporów gruntu pod podstawą i wzdłuż pobocznicy pali (Rozdział 9.2).

Wartości współczynników bezpieczeństwa i odpowiednich współczynników technologicznych przedstawiają się następująco:

**Tabela nr 1.** Zestawienie wartości współczynników bezpieczeństwa i odpowiednich współczynników technologicznych przyjętych dla posadowienia podpór A i B obiektu inżynierskiego MD-4

	MD-4_A_JL	MD-4_A_JP	MD-4_B_JL	MD-4_B_JP
Współczynnik materiałowy gruntu $\gamma_m$	0,9	0,9	0,9	0,9
Współczynnik redukcyjny pala $m1$	0,97	0,97	0,96	0,96
Współczynnik korekcyjny pala $m$	0,9	0,9	0,9	0,9
Współczynnik technologiczny pala $Sp$	1,3	1,3	1,3	1,3

## 9. Określenie oddziaływań od gruntu

### 9.1. Fundamenty bezpośrednie projektowanych przepustów drogowych i przejść dla pieszych

Pod działaniem obciążeń przekazywanych przez fundamenty budowli na podłoże gruntowe, występują jego odkształcenia, zwiększające się w miarę wzrostu nacisku na grunt. Zbyt duże obciążenia gruntu mogą doprowadzić albo do przekroczenia nośności granicznej gruntu, albo do zbyt dużego osiadania, niedopuszczalnego dla danej konstrukcji, nawet gdyby obciążenie gruntu było znacznie mniejsze od nośności granicznej.

Orientacyjne wartości dopuszczalnych obciążeń gruntów pod podstawą fundamentów  $q_{dop}$  [kPa] poszczególnych przepustów drogowych i przejść dla pieszych zestawiono w Tabeli nr 2. Do ich wyznaczenia posłużono się wytycznymi zawartymi w Tablicy 12-2, zawartej w książce Z. Wiłuna „Zarys Geotechniki” [23].

**Tabela nr 2.** Zestawienie orientacyjnych wartości dopuszczalnych obciążeń gruntów pod podstawą fundamentów poszczególnych przepustów drogowych i przejść dla pieszych

Nazwa przepustu	Kilometraż DW 678	Funkcja przepustu	Rodzaj gruntu	Wartość dopuszczalnego obciążenia gruntu $q_{dop}$ [kPa]*	Lokalizacja modelu geologiczno – geotechnicznego w DBPG [20]
PP1-1	1+370.00	ekologiczny	Brak możliwości wykonania wierceń rozpoznawczych		
PP1-2	1+400.00	ekologiczny	Brak możliwości wykonania wierceń rozpoznawczych		
PZM1-1	1+485.00	ekologiczny	$G\pi$ ( $I_L=0,30$ )	195	Rys. 1.4.1
PZM1-2	1+575.00	ekologiczny	Brak możliwości wykonania wierceń rozpoznawczych		
PZM2-1	1+800.00	ekologiczny / hydrologiczny	$P\pi$ , $Pd$ ( $I_D=0,55$ )	235	Rys. 3.4.3
PZM2-2	2+012.00	ekologiczny	$Pd$ , $P\pi$ ( $I_D=0,55$ )	235	Rys. 3.4.4
PH1-1	2+123.00	hydrologiczny	Brak możliwości wykonania wierceń rozpoznawczych		
PP1-3	2+406.00	ekologiczny	$Pd$ ( $I_D=0,53$ )	230	Rys. 3.4.5
PP1-4a	3+825.00	ekologiczny	$Pd$ ( $I_D=0,30$ ) $Ps+\dot{Z}/Nm$ ( $I_D=0,30$ )	180 280	Rys. 3.4.7
PP1-4b	3+865.00	ekologiczny	$Pd$ ( $I_D=0,30$ ) $Ps+\dot{Z}/Po$ ( $I_D=0,30$ )	180 280	Rys. 3.4.8
PP1-5	4+235.00	ekologiczny / hydrologiczny	$Pd$ ( $I_D=0,55$ )	235	Rys. 1.4.3
PH1-2	4+350.00	hydrologiczny	$Ps+Pd$ ( $I_D=0,50$ ) $Po//Gp$ ( $I_D=0,50$ )	350 430	Rys. 3.4.9

PP1-6	4+470.00	ekologiczny / hydrologiczny	Pd ( $I_D=0,55$ )	235	Rys. 1.4.4
PZM1-3	4+639.00	ekologiczny	Pd, P $\pi$ ( $I_D=0,55$ )	235	Rys. 1.4.4
PH1-3	4+771.00	hydrologiczny	Pd, P $\pi$ ( $I_D=0,55$ ) Po ( $I_D=0,50$ )	225k	Rys. 3.4.10
PP1-7	5+840.00	ekologiczny	Pd ( $I_D=0,53$ )	230	Rys. 3.4.12
PP1a'	0+400,00	Przejście dla pieszych	Pd, P $\pi$ ( $I_D=0,53$ )	230	Rys. 3.4.1
PP1a	1+214,00	Przejście dla pieszych	P $\pi$ ( $I_D=0,53$ ) $\Pi$ /P $\pi$ ( $I_L=0,10$ )	230 195	Rys. 3.4.2
PP2b	3+525,00	Przejście dla pieszych	Pd//Gp, Pd/Ps +KO ( $I_D=0,53$ )	230	Rys. 3.4.6
PP3c	5+602,86	Przejście dla pieszych	Pd ( $I_D=0,53$ )	230	Rys. 3.4.11

\* - wartość dopuszczalnego obciążenia gruntu przy przyjętej, orientacyjnej głębokości posadowienia fundamentów równej  $h=1,3$  m p.p.t.

## 9.2. Fundamenty pośrednie

W celu dokonania stosownych obliczeń do ustalenia nośności podłoża gruntowego w odniesieniu do projektowanego posadowienia trzech obiektów mostowych w ciągu drogi DW 678, posłużono się wytycznymi zawartymi w krajowej normie PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane - Nośność pali i fundamentów palowych [10]. Z Tabelic nr 1 i nr 2 odczytano wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] oraz wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznicy pala  $t$  [kPa], a następnie zestawiono w Tabelach poniżej:

**Tabela nr 3a.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznicy pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-1 (MD-1\_B\_NL)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności $I_L$ /Stopień zagęszczenia $I_D$	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznicy pala $t$ [kPa]
VIIIB	Gp+KO	$I_L=0.15$	-	44
VIIIA	$\Pi$	$I_L=0.10$		27
VIIIB	G $\pi$ z// $\Pi$	$I_L=0.14$		43
VIIIB	Gpi// $\Pi$	$I_L=0.15$		43
VIIIB	G $\pi$ + $\Pi$ //G $\pi$ z,	$I_L=0.20$		43

VIIIB	$G\pi+G\pi z$	$I_L=0.20$		43
IXA	$G\pi z//\Pi$	$I_L=0.10$		45
IXA	$G\pi z$	$I_L=0.10$		45
VIIIA	$G\pi/G\pi z$	$I_L=0,05$		48
VIIIA	$G\pi/G\pi z$	$I_L=0,05$	1745	-

**Tabela nr 3b.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pała  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pała  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-1 (MD-1\_B\_NP)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności $I_L$ /Stopień zagęszczenia $I_D$	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pała $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pała $t$ [kPa]
VIIIA	Gp+KO	$I_L=0.10$	-	46
VIIIA	Gp+KO	$I_L=0.10$		46
VIIIA	$\Pi/G\pi//G\pi z$	$I_L=0.10$		27
VIIIB	$G\pi+\Pi//G\pi z$	$I_L=0.15$		44
VIIIB	$G\pi$	$I_L=0.15$		43
VIIIB	$G\pi+G\pi z$	$I_L=0.15$		44
IXA	$I/I\pi$	$I_L=0.09$		45
IXA	$G\pi z//P\pi$	$I_L=0.15$		43
VIIIA	$G\pi$	$I_L=0.05$		48
VIIIA	$G\pi/G$	$I_L=0.10$		46
VIIIA	$G\pi$	$I_L=0.05$	1745	-

**Tabela nr 3c.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pała  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pała  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-1 (MD-1\_A\_NP)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności $I_L$ /Stopień zagęszczenia $I_D$	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pała $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pała $t$ [kPa]
VIIIB	Gp+KO	$I_L=0.20$	-	42
VIIIB	Gp+KO	$I_L=0.15$		44
VIIIA	Gp+KO	$I_L=0.10$		46
VIIIB	$G\pi$	$I_L=0.21$		42
VIIIB	$G\pi//G\pi z$	$I_L=0.20$		43

IXA	G $\pi$ z//II	I <sub>L</sub> =0.08		46
IXA	G $\pi$ z//II	I <sub>L</sub> =0.08	1774	-

**Tabela nr 3d.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pała  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pała  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-1 (MD-1\_A\_NL)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności I <sub>L</sub> /Stopień zagęszczenia I <sub>D</sub>	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pała $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pała $t$ [kPa]
VIIIB	Gp+KO	I <sub>L</sub> =0.15	-	42
VIIA	Gp+KO	I <sub>L</sub> =0.10		46
VIIA	Gp+KO	I <sub>L</sub> =0.10		46
IXA	I $\pi$	I <sub>L</sub> =0.13		43
IXA	G $\pi$ z	I <sub>L</sub> =0.10		45
IXA	G $\pi$ z/G $\pi$ //II	I <sub>L</sub> =0.05		48
IXA	G $\pi$ z/G $\pi$ //II	I <sub>L</sub> =0.05	1835	-

**Tabela nr 4a.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pała  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pała  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego WD-2 (WD2-A)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności I <sub>L</sub> /Stopień zagęszczenia I <sub>D</sub>	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pała $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pała $t$ [kPa]
VIIC	Gp//P $\pi$	I <sub>L</sub> =0.25	-	41
VIIA	Gp+KO	I <sub>L</sub> =0.10		46
IXA	G $\pi$ z//G $\pi$	I <sub>L</sub> =0.10		45
IXA	G $\pi$ z//G $\pi$	I <sub>L</sub> =0.10	1720	-

**Tabela nr 4b.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego WD-2 (WD2-B)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności $I_L$ /Stopień zagęszczenia $I_D$	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala $t$ [kPa]
VIB	$P\pi/\Pi p$	$I_D=0.53$	-	37
VIIIC	$P\pi/\Pi p$	$I_L=0.35$		20
VIIC	$Gp+KO$	$I_L=0.30$		39
VIIA	$Gp+KO$	$I_L=0.10$		46
VIIIB	$G\pi$	$I_L=0.15$		44
IXA	$G\pi z//\Pi$	$I_L=0.09$		46
IXA	$G\pi z//\Pi$	$I_L=0.09$	1743	-

**Tabela nr 4c.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego WD-2 (WD2-C)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności $I_L$ /Stopień zagęszczenia $I_D$	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala $t$ [kPa]
VIB	$Pd+P\pi$	$I_D=0.53$	-	37
VIIID	$\Pi p$	$I_L=0.38$		19
VIIC	$Gp+\dot{Z}+KO$	$I_L=0.30$		39
VIIIB	$Gp//Ps+\dot{Z}$	$I_L=0.15$		44
VIIA	$Gp/G$	$I_L=0.05$		48
VIIIA	$G\pi/\Pi$	$I_L=0.10$		46
VIIIA	$G\pi/\Pi$	$I_L=0.10$	1730	-

**Tabela nr 4d.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego WD-2 (WD2-D)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności $I_L$ /Stopień zagęszczenia $I_D$	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala $t$ [kPa]
VIB	Pd	$I_D=0.53$	-	49
VIIID	$G\pi$	$I_L=0.45$		33
VIIIC	$Gp+KO$	$I_L=0.30$		39
VIIIB	$Gp$	$I_L=0.15$		44
VIIIA	$Gp+KO$	$I_L=0.10$		46
VIIIB	$G\pi$	$I_L=0.15$		44
VIIIB	$G\pi$	$I_L=0.15$	1620	-

**Tabela nr 5a.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-4 (MD-4\_A\_JL)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności $I_L$ /Stopień zagęszczenia $I_D$	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala $t$ [kPa]
VIIIB	$G\pi//\Pi$	$I_L=0.15$	-	26
VIIIC	$G\pi/\Pi$	$I_L=0.27$		22
VIIIA	$G\pi//\Pi$	$I_L=0.10$		27
IXA	$G\pi z$	$I_L=0.05$		48
IXA	$G\pi z//G\pi+\Pi$	$I_L=0.05$		48
VIIIB	$G\pi//\Pi$	$I_L=0.15$		26
VIH	Ps/Pd	$I_D=0.85$		83
VIIA	$Gp+\dot{Z}$	$I_L=0.05$	1840	-

**Tabela nr 5b.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-4 (MD-4\_A\_JP)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności $I_L$ /Stopień zagęszczenia $I_D$	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala $t$ [kPa]
VIIIB	$G\pi//\Pi$	$I_L=0.15$	-	26
VIIIC	$G\pi/\Pi$	$I_L=0.27$		22
VIIIA	$G\pi//\Pi$	$I_L=0.10$		27
IXA	$G\pi z$	$I_L=0.05$		48
IXA	$G\pi z//G\pi+\Pi$	$I_L=0.05$		48
VIIIB	$G\pi//\Pi$	$I_L=0.15$		26
VIH	$Ps/Pd$	$I_D=0.85$		83
VIIA	$Gp+Z$	$I_L=0.05$	1840	-

**Tabela nr 5c.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-4 (MD-4\_B\_JL)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności $I_L$ /Stopień zagęszczenia $I_D$	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pala $t$ [kPa]
VIIIB	$\Pi$	$I_L=0.15$	-	26
VIIIB	$G\pi/\Pi$	$I_L=0.15$		26
IXA	$G\pi z$	$I_L=0.14$		43
VIIIB	$G\pi//\Pi$	$I_L=0.15$		26
VIG	$Pd$	$I_D=0.84$		82
VIIA	$Gp$	$I_L=0.00$		50
VIIA	$Gp$	$I_L=0.00$	1950	-



**Tabela nr 5d.** Wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pała  $t$  [kPa] oraz jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pała  $q$  [kPa] dla obiektu mostowego MD-4 (MD-4\_B\_JP)

Numer i-tej warstwy	Rodzaj gruntu w warstwie	Stopień plastyczności $I_L$ /Stopień zagęszczenia $I_D$	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pała $q$ [kPa]	Wartość jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznic pała $t$ [kPa]
VIIIB	II	$I_L=0.15$	-	26
VIIIB	$G\pi/II$	$I_L=0.15$		26
IXA	$G\pi z$	$I_L=0.14$		43
VIIIB	$G\pi//II$	$I_L=0.15$		26
VIG	Pd	$I_D=0.84$		82
VIIA	Gp	$I_L=0.00$		50
VIIA	Gp	$I_L=0.00$	1950	-

### 9.3. Fundamenty bezpośrednie wiaduktu drogowego WD-3

W celu dokonania stosownych obliczeń do ustalenia nośności podłoża gruntowego w odniesieniu do projektowanego posadowienia wiaduktu drogowego WD-3 w ciągu drogi DW 678, posłużono się wytycznymi zawartymi w krajowej normie PN-81/B-03020. Grunty budowlane - Posadowienie bezpośrednie budowli - Obliczenia statyczne i projektowanie [9].

Na podstawie stopnia plastyczności  $I_L$  i stopnia zagęszczenia  $I_D$ , przyjęto następujące parametry geotechniczne gruntów zalegających pod podstawą fundamentów podpór A i B (przy czym:  $F$  – kąt tarcia wewnętrznego [ $^\circ$ ];  $c$  – kohezja [kPa];  $g$  – ciężar objętościowy  $\text{kN/m}^3$ ;  $N_D$ ,  $N_C$ ,  $N_B$  – współczynniki nośności,  $q_{\text{dop}}$  - wartość dopuszczalnego obciążenia gruntu odczytana z Tablicy 12-2, zawartej w książce Z. Wiłuna „Zarys Geotechniki” [23]):

**Tabela nr 6a.** Parametry pod podstawą fundamentów obiektu WD-3 (podpora A\_JL)

Numer warstwy geotechnicznej, rodzaj gruntu, Stopień zagęszczenia $I_D$	Parametry pod podstawą fundamentów
IIIC, Pd+Ps+Ż, $I_D = 0,55$ (wzmocnienie kolumnami DSM)	$F=38^\circ$ $c=0$ kPa $g=21$ $\text{kN/m}^3$ współczynniki nośności: $N_D=30,17$ $N_C=42,92$ $N_B=14,87$ $q_{\text{dop}}=235$ kPa

**Tabela nr 6b.** Parametry warstwy słabszej - fundamenty obiektu WD-3 (podpora A\_JL)

Numer warstwy geotechnicznej, rodzaj gruntu, Stopień plastyczności $I_L$	Parametry warstwy słabszej
VIIIA, $G_{\pi Z} // G_{\pi}$ , $I_L = 0,10$	$F=16,4^\circ$ $c=22,1 \text{ kPa}$ $g=21 \text{ kN/m}^3$ współczynniki nośności: $N_D=3,85$ $N_C=10,83$ $N_B=0,56$ $q_{dop}=295 \text{ kPa}$

**Tabela nr 6c.** Parametry pod podstawą fundamentów obiektu WD-3 (podpora A\_JP)

Numer warstwy geotechnicznej, rodzaj gruntu, Stopień zagęszczenia $I_D$	Parametry pod podstawą fundamentów
IIIC, Pd+Ps+Ż, $I_D=0,55$ (wzmocnienie kolumnami DSM)	$F=38^\circ$ $c=0 \text{ kPa}$ $g=21 \text{ kN/m}^3$ współczynniki nośności: $N_D=30,17$ $N_C=42,92$ $N_B=14,87$ $q_{dop}=235 \text{ kPa}$

**Tabela nr 6d.** Parametry warstwy słabszej - fundamenty obiektu WD-3 (podpora A\_JP)

Numer warstwy geotechnicznej, rodzaj gruntu, Stopień plastyczności $I_L$	Parametry warstwy słabszej
VIIIA, $G_{\pi Z} // G_{\pi}$ , $I_L = 0,10$	$F=16,4^\circ$ $c=22,1 \text{ kPa}$ $g=21 \text{ kN/m}^3$ współczynniki nośności: $N_D=3,85$ $N_C=10,83$ $N_B=0,56$ $q_{dop}=295 \text{ kPa}$

**Tabela nr 6e.** Parametry pod podstawą fundamentów obiektu WD-3 (podpora B\_JL)

Numer warstwy geotechnicznej, rodzaj gruntu, Stopień zagęszczenia $I_D$	Parametry pod podstawą fundamentów
IIIC, $P\pi$ , $I_D = 0,55$ (wzmocnienie kolumnami DSM)	$F=38^\circ$ $c=0$ kPa $g=21$ kN/m <sup>3</sup> współczynniki nośności: $N_D=30,17$ $N_C=42,92$ $N_B=14,87$ $q_{dop}=235$ kPa

**Tabela nr 6f.** Parametry warstwy słabszej - fundamenty obiektu WD-3 (podpora B\_JL)

Numer warstwy geotechnicznej, rodzaj gruntu, Stopień plastyczności $I_L$	Parametry warstwy słabszej
VIIIA, $G\pi z$ , $I_L=0,10$	$F=16,4^\circ$ $c=22,1$ kPa $g=21$ kN/m <sup>3</sup> współczynniki nośności: $N_D=3,85$ $N_C=10,83$ $N_B=0,56$ $q_{dop}=295$ kPa

**Tabela nr 6g.** Parametry pod podstawą fundamentów obiektu WD-3 (podpora B\_JP)

Numer warstwy geotechnicznej, rodzaj gruntu, Stopień zagęszczenia $I_D$	Parametry pod podstawą fundamentów
IIIC, $P\pi$ , $I_D = 0,55$ (wzmocnienie kolumnami DSM)	$F=38^\circ$ $c=0$ kPa $g=21$ kN/m <sup>3</sup> współczynniki nośności: $N_D=30,17$ $N_C=42,92$ $N_B=14,87$ $q_{dop}=235$ kPa

**Tabela nr 6h. Parametry warstwy słabszej - fundamenty obiektu WD-3 (podpora B\_JP)**

Numer warstwy geotechnicznej, rodzaj gruntu, Stopień plastyczności $I_L$	Parametry warstwy słabszej
VIIIA, $G_{\pi Z}$ , $I_L = 0,10$	$F = 16,4^\circ$ $c = 22,1 \text{ kPa}$ $g = 21 \text{ kN/m}^3$ współczynniki nośności: $N_D = 3,85$ $N_C = 10,83$ $N_B = 0,56$ $q_{dop} = 295 \text{ kPa}$

## **10. Obliczenia stanu granicznego nośności fundamentów**

### **10.1. Posadowienie bezpośrednie fundamentów**

Obliczenia statyczne stanu granicznego nośności fundamentów obiektu mostowego WD-3 zawarto w *Załącznikach nr 2.1 – 2.4*.

### **10.2. Posadowienie pośrednie fundamentów**

Obliczenia statyczne stanu granicznego nośności fundamentów palowych dla poszczególnych obiektów inżynierskich zawarto odpowiednio w załącznikach:

- MD-1 – *Załączniki nr 2.5 – 2.8*
- WD-2 – *Załączniki nr 2.9 – 2.12*
- MD-4 – *Załączniki nr 2.13 – 2.16*

## **11. Stateczność nasypów w korpusie drogi głównej, dróg dojazdowych i poprzecznych**

Na podstawie szczegółowej analizy parametrów geotechnicznych podłoża gruntowego, przebiegu poszczególnych warstw geotechnicznych oraz przyjętych gruntów do budowy nasypów, w celu zminimalizowania różnicy osiadań, dokonano zabezpieczenia materacami geosyntetycznymi podłoża wysokich nasypów na dojazdach do obiektów inżynierskich, a w skarpach przyjęto wkładki geosyntetyczne dla wzmocnienia stateczności skarp. Rodzaje materacy, wytrzymałości geosyntetyków oraz długości i rozstawy wkładek geosyntetycznych zostały dobrane jak dla analogicznych przypadków w innych, porównywalnych projektach, ze względu na niewielką wysokość nasypów oraz zachowanie pochylenia nie większego niż 1:1,5.

Zastosowanie materacy oraz wkładek geosyntetycznych, umożliwi zapewnienie właściwej, wymaganej przepisami stateczności skarp nasypów.

## **12. Prognoza zmian właściwości podłoża gruntowego w czasie**

Warunki gruntowe generalnie nie ulegają zmianom w czasie. Należy jednak zwrócić uwagę, iż wskutek przyłożonego obciążenia w ośrodku gruntowym, równocześnie z rozpraszaniem się nadwyżki ciśnienia wody w porach  $\Delta u$ , powstaje jego odkształcenie (konsolidacja). Ścisłość ta, związana z odpływem wody, w głównej mierze zależy od właściwości filtracyjnych podłoża i można ją podzielić na natychmiastową (odkształcenie występuje w chwili przyłożenia obciążenia), a także pierwotną i wtórną. Każda zmiana stanu naprężenia w podłożu gruntowym wywołuje zmianę jego porowatości. W przypadku mało ścisłych zagęszczonych piasków można nie brać pod uwagę zmian porowatości wskutek zmiany nacisków, gdyż odkształcenia są małe. Jednak w bardzo ścisłych gruntach (iły, namuły, torfy), zmiany naprężeń wywołują bardzo duże odkształcenia podłoża. Grunty ścisłe mają bardzo małą wodoprzepuszczalność, w związku z czym procesy konsolidacji przebiegają w nich bardzo powoli. Powolnemu odkształceniu się tych gruntów towarzyszy po ich obciążeniu zmiana naprężeń efektywnych w szkieletie gruntu oraz ciśnień w wodzie i w porach gruntu. Generalnie można przyjąć, że osiadania fundamentów na podłożu z gruntów niespoistych i spoistych w stanie półzwartym następują szybko i w momencie zakończenia budowy wynoszą 70–100%, na gruntach spoistych w stanie twardoplastycznym i plastycznym wynoszą 50-70%, a na gruntach spoistych miękkoplastycznych i organicznych nie przekraczają 30-50% osiadań ostatecznych. Należy pamiętać, że powyższe wskazówki są wyłącznie orientacyjne i można wykorzystać do wstępnych rozważań

Z uwagi na zastosowanie pośredniego sposobu posadowienia obiektów mostowych i wiaduktów w ciągu drogi DW678, istotnym zagadnieniem jest także współpraca gruntu i pali. W tym celu przeprowadzono stosowne obliczenia sprawdzające nośność wszystkich elementów konstrukcyjnych projektowanych wiaduktów i mostów (Rozdział 10.2). Istotną sprawą jest prawidłowe wyznaczenie obciążeń przenoszonych z konstrukcji obiektu na pale. Łączy się to z właściwym przyjęciem modelu obliczeniowego, odpowiadającego rzeczywistej pracy układu: budowla – fundament – pale – podłoże gruntowe. Ocenę poprawności obliczeń nośności pali (również i osiadań) oraz ich wykonawstwa dokonuje się przede wszystkim na podstawie próbnych obciążeń statycznych oraz badań dynamicznych pali. Taką ocenę umożliwiają również pomiary osiadań budowli posadowionej na palach podczas jej użytkowania.

Szczególną ostrożność należy zachować w **pęczniących gruntach spoistych** (iły – warstwy IXA i IXB oraz być może mułki zastoiskowe - warstwy VIIIA – VIIIE). W trakcie prac wiertniczych nie udało się pobrać do badań laboratoryjnych próbek NNS z tych gruntów (wykonano wyłącznie analizy areometryczne na próbkach gruntu o NW), toteż ich wskaźnik pęcznienia jest nieznany. Do oceny utworów zastosowano jednak nomogram Casagrande'a (zmodyfikowany przez B. Grabowską-Olszewską, 1998 – Ryc. nr 1 w *Dokumentacji Badań Podłoża Gruntowego* [20]) oraz podział gruntów ekspansywnych, wg Niedzielskiego (Ryc. nr 2 [20]), a także znajomość granicy plastyczności  $w_L$  i wskaźnika plastyczności  $I_p$ , które otrzymano z przeprowadzonych badań laboratoryjnych (*Załącznik nr 2* [20]). Z analizy zebranych danych wynika, iż płyty iłów zastoiskowych – warstwy IXA i IXB (i być może zalegające powyżej mułki zastoiskowe – warstwy VIIIA - VIIIE) **mogą należeć do gruntów średnio i wysoce pęczniących**. Do czynników uaktywniających procesy pęcznienia należą przede wszystkim: zmiana stosunków wodnych i wilgotności podłoża, zanieczyszczenia przedostające się do podłoża oraz odciążenie podłoża. **Przy projektowaniu posadowienia fundamentów w obrębie gruntów ekspansywnych (pęczniących) należy nie dopuścić do kontaktu z wodami** (zastosować np. pale wiercone na sucho w rurach obsadowych, wykorzystać beton o niskiej zawartości wody).

Ewentualnym, dobrym rozwiązaniem może być zaprojektowanie pali w taki sposób, aby ich podstawa nie była posadowiona w obrębie lub na stropie gruntów ekspansywnych (iłów oraz mułków zastoiskowych).

W przyjmowaniu do obliczeń prawidłowych wartości parametrów gruntu odgrywa rolę nie tylko rodzaj gruntu, ale i rodzaj pala. Należy pamiętać, że np. wykonawstwo pali wierconych (przewidzianych na analizowanym obszarze) może te parametry pogorszyć i stąd musi występować większa ostrożność projektanta w tym zakresie i przyjmowanie większego zapasu bezpieczeństwa. Zastosowanie danego rodzaju pala powinno być poprzedzone analizą, czy w istniejących warunkach gruntowych na miejscu budowy oraz w odniesieniu do projektowanej konstrukcji proponowane pale będą przenosić obciążenia w sposób prawidłowy.

Na analizowanym obszarze dodatkowo należy zwrócić uwagę na zmienny poziom wód gruntowych. Przy istotnym podwyższeniu poziomu wód podziemnych lub dopuszczeniu do istotnego zawodnienia podłoża przez wody opadowe spływające z nawierzchni, przedstawiona klasyfikacja dotycząca grup nośności podłoża może ulec zmianie. Taka sytuacja może zaistnieć po zdjęciu warstwy gruntów antropogenicznych, humusu oraz płatów utworów organicznych, zalegających na gruntach spoistych, które będą wówczas narażone na bezpośrednie oddziaływanie opadów atmosferycznych. Oddziaływania wywołane pracującym sprzętem budowy itp. będą ułatwiać i przyspieszać absorbowanie wody opadowej przez podłoże gruntowe, co w efekcie może

prowadzić do jego uplastycznienia. Aby temu zapobiec konieczne jest właściwe odwodnienie drogi uniemożliwiające gromadzenie się wód opadowych w podłożu gruntowym w obrębie korpusu drogowego. Trwałe odwodnienie podłoża gruntowego spowoduje polepszenie warunków jego użyteczności i możliwość przyjęcia niższej (lepszey) grupy nośności. Ostateczne przyjęcie grup nośności podłoża nawierzchni powinno uwzględniać przyjęte rozwiązania projektowe dotyczące ewentualnego trwałego obniżenia wód podziemnych oraz możliwe wahania tych wód. Z tych samych względów zaleca się również wzmocnienie podłoża głównie w rejonie występowania gruntów spoistych w stanie plastycznym (warstwy VB, VIIC i VIID) oraz w uzasadnionych przypadkach także pozostałych gruntów spoistych w stanie twardoplastycznym (np. poprzez stabilizację wapnem, cementem czy też wzmocnienie podłoża u podstawy nasypu innymi zabiegami). Obszary przeznaczone do chemicznej stabilizacji zestawiono w *Tabeli nr 8* – Rozdział 5.2 [20].

### **13. Specyfikacja badań niezbędnych do zapewnienia wymaganej jakości robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych**

Wykonawca robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych jest odpowiedzialny za jakość ich wykonania oraz zgodność z dokumentacją projektową. Realizacja poszczególnych prac budowlanych, związanych z wykonywaniem obiektów i budowli w podłożu gruntowym, wiąże się z koniecznością przeprowadzenia stosownych **odbiorów podłoża gruntowego**. Przeprowadzone badania podłoża gruntowego mają charakter punktowy, a przedstawione uwarstwienie podłoża wynika z interpretacji własnej wyników uzyskanych w poszczególnych punktach i może się nieco różnić od warunków rzeczywistych. W przypadku braku innych ustaleń, odbiór podłoża pod projektowane obiekty można wykonać zgodnie z zasadami podanymi w odpowiednich normach przedmiotowych (m. in. normie D-02.00.00: Roboty ziemne, Ogólne Specyfikacje Techniczne OST, opracowanej przez Generalną Dyрекcję Dróg Publicznych [17]). Zaleca się, aby odbiór robót związanych z realizacją posadowienia obiektów i budowli odbył się przy udziale projektantów odpowiednich branż oraz uprawnionego geologa. Nie jest to jednak wymóg obligatoryjny.

## **14. Określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekty budowlane i sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom**

W związku z planowaną inwestycją oraz z występującymi w jej zakresie warunkami grunto-wodnymi niezbędne jest wykonanie zabezpieczenia drogi i obiektów inżynierskich przed wodami gruntowymi. W tym celu wzdłuż trasy głównej ułożony został drenaż w pasie dzielącym. W przypadku prowadzenia drogi w wykopie, drenaż stosuje się także przy krawędzi konstrukcji nawierzchni od strony poboczy.

Wykorzystano prostokątny dren typu „francuskiego” o wymiarach 35 x 60 cm, wypełniony kruszywem o nieciągłym uziarnieniu 31,5/63,0 mm. Wody z drenów odprowadzane będą poprzez studnie drenarskie oraz przykanaliki do kanalizacji deszczowej.

Zastosowanie odpowiedniego systemu odwodnienia jest szczególnie ważne, gdy podłoże gruntowe jest zbudowane z gruntów słabo i trudno przepuszczalnych. Woda zbierająca się na dnie wykopu pogarsza właściwości mechaniczne gruntów, a płynąca po skarpach może je rozmywać i powodować miejscowe spływy lub osuwiska. Metoda odwodnienia powinna być dobrana w taki sposób, aby zapewnić stałe odwodnienie w przypadku zaistnienia takiej konieczności lub też okresowe (na czas trwania prac budowlanych), w przypadku, gdy podbudowa drogi oraz ściany wkopu zostaną zabezpieczone przed dopływem wód podziemnych w sposób uniemożliwiający ich wymywanie, a także podmywanie drogi, co w konsekwencji groziłoby jej zalaniem.

W Tabeli nr 9, zamieszczonej w Dokumentacji badań podłoża gruntowego [20] wytypowano znaczną ilość odcinków problemowych, które wiążą się z występowaniem wysokiego poziomu wód gruntowych (o zwierciadle swobodnym lub naporowym). Na odcinkach, które pokrywają ok. 46% długości rozpatrywanej drogi wojewódzkiej nr 678, po wybraniu warstw humusu, nasypów antropogenicznych, gruntów organicznych oraz utworów słabonośnych lustro wody prawdopodobnie będzie znajdowało się powyżej dna wykopu. W tych rejonach istnieje konieczność stałego odwodnienia korpusu drogowego (nie tylko w czasie trwania robót, ale również po ich zakończeniu). Zaprojektowanie i przeprowadzenie odwodnienia musi na tyle spełniać wymogi bezpieczeństwa, aby nie dopuścić do osłabienia stateczności skarp wkopów oraz nasypu w czasie trwania robót budowlanych, a także podczas eksploatacji drogi. Należy dodatkowo zwrócić uwagę, iż po odwodnieniu analizowanego terenu i wybraniu warstw gruntów nienośnych, rodzime grunty niespoiste będą miały wysoką wilgotność naturalną (bliską wilgotności optymalnej) i jakiegokolwiek działania dynamiczne (zagęszczenia gruntów) mogą doprowadzić do ich upłynnienia.



Podejmując decyzję dotyczącą odwodnienia, należy pamiętać, że zakłócenie równowagi środowiska gruntowo – wodnego, może wywołać wiele szkodliwych skutków zarówno dla budowli (dodatkowe osiadania) jak i samego środowiska (degradacja warunków wzrostu roślin, brak wody w ujęciach gospodarczych). Innym rodzajem okresowego oddziaływania na stosunki wodne może być zmiana poziomu wód gruntowych związana z kompaktacją gruntu lub lokalnymi wykopami drogowymi. Kompaktacja jest spowodowana zarówno powstaniem nasypów drogowych, jak również poruszaniem się ciężkiego sprzętu budowlanego.

Oddziaływania te będą znaczące w czasie wykonywania prac ziemnych, lecz realizowane na krótkich odcinkach – okresowe i po wykonaniu prac ziemnych – przemijające. Wszelkie prace związane z budową drogi wojewódzkiej nr 678 stwarzają także zagrożenie dla jakości wód, co może być spowodowane:

- zamulaniem wskutek erozji gruntu podczas budowy drogi (zniszczenia erozyjne występują najczęściej na skarpach nasypów, wykopów i w rowach oraz w ich otoczeniu);
- wypłukiwaniem zanieczyszczeń z materiałów stosowanych do budowy dróg oraz materiałów z rozbiórek;
- przedostawaniem się produktów naftowych z maszyn pracujących, urządzeń budowlanych i pojazdów;
- odprowadzaniem ścieków bytowych i technologicznych z baz budowy drogi do wód powierzchniowych bez wcześniejszego ich oczyszczenia.

W celu zminimalizowania oddziaływania na stosunki wodne w fazie realizacji należy:

- w czasie budowy stosować osłony zapobiegające przedostawaniu się zanieczyszczeń do rzek i cieków;
- zabezpieczyć place budowy oraz miejsca składowania materiałów i maszyn budowlanych przed przedostaniem się smarów i paliw do środowiska wodno-gruntowego;
- prace przy użyciu ciężkiego sprzętu ograniczyć do niezbędnego minimum;
- podczas prowadzenia robót budowlanych unikać zmian przepływu, zwłaszcza jego ograniczania przez tworzenie mechanicznych przeszkód w korycie;
- podczas wykonywania prac z koryt cieków wykorzystywać miejscowe materiały naturalne.

Regulacje cieków, jeżeli na etapie projektu budowlanego będzie stwierdzona taka konieczność, powinny zostać wykonane w sposób, który pozwoli na zachowanie naturalnego lub zbliżonego do naturalnego dna koryta na znacznym odcinku.

Jeśli chodzi o oddziaływania wód gruntowych na projektowaną drogę należy zaliczyć do nich:

- wahania zwierciadła wody gruntowej – poziom wody gruntowej może podlegać okresowym i sezonowym wahaniom o amplitudzie szacowanej na  $\pm 0,5$  m (bezpośrednio w dolinach cieków  $\pm 1,0$  m);
- tworzenie się wysadzin nawierzchni w wyniku podciągania kapilarnego wody i powstawania w zamarzającym gruncie soczewek lodu;
- w przypadku wykopu otwartego – przecięcie warstwy nawodnionego gruntu potencjalnie stwarzać może niebezpieczeństwo wystąpienia zjawiska kurzawki;
- w miejscach, gdzie głębokość posadowienia obejmować będzie swym zasięgiem górotwór zbudowany z utworów nieprzepuszczalnych, a jego zagłębienie sięgać będzie poniżej zwierciadła wody gruntowej podległej warstwy wodonośnej o naporowym charakterze, niezbędne stanie się zapewnienie odpowiedniej miąższości warstwy zabezpieczającej przed przebiciem hydraulicznym lub przełamem dna wykopu, zgodnie z zachowaniem równowagi, którą określa nierówność:

$$\rho_w \times H < \rho_g \times m$$

gdzie:  $\rho_w$  – gęstość objętościowa wody ( $1,0 \text{ t} \times \text{m}^{-3}$ )

$\rho_g$  – gęstość objętościowa gruntu izolującego ( $\text{w t} \times \text{m}^{-3}$ )

H – wysokość słupa wody (w m)

m – miąższość warstwy izolującej (w m)

- ewentualne zagrożenie wodne w miejscu przebiegu drogi wojewódzkiej w wykopie lub też w rejonie posadawiania obiektów budowlanych – wydaje się być także istotne w przypadku trudnych do odciążenia z górotworu sączeń i wypływów z piaszczystych przewarstwień i soczew śródglinowych oraz ze strony wód przypowierzchniowych (występujących głównie w wycięciach erozyjnych), uaktywniających się sezonowo, a mogących przyczynić się do powstania ruchów masowych;
- kontakt osadów spoistych z wodami, np. gruntowymi z nadległych sączeń, powoduje pęcznienie, rozmakanie i uplastycznianie się gruntów, co w efekcie doprowadzić może do obniżenia ich nośności.

Dlatego też w trakcie wykonywania robót ziemnych w obrębie górotworu konieczne będzie prowadzenie stałej kontroli stateczności korpusu projektowanej drogi, obiektów inżynierskich i konstrukcji istniejących w najbliższym sąsiedztwie realizowanej inwestycji obiektów oraz nadzór nad nimi w okresie bezpośrednio po zakończeniu prac. W miejscach ewentualnego obniżania lustra wody gruntowej należy koniecznie zwrócić uwagę, czy nie dojdzie do naruszenia sta-

teczności konstrukcji pobliskich budynków oraz niezbędnie sprawdzić, czy obiekty nie zostaną wyparte przez wody gruntowe po zakończeniu procesu odwadniania terenu.

## **15. Określenie zakresu niezbędnego monitorowania obiektu budowlanego, obiektów sąsiadujących i otaczającego gruntu**

W celu kontroli osiadań wysokich nasypów ziemnych (powyżej 6,0 m) w trakcie budowy i w okresie eksploatacji, w ciągu drogi wojewódzkiej nr 678 przewiduje się zastosowanie systemu monitoringu. System ten bazuje na wykorzystaniu reperów roboczych w podstawie nasypów, zarówno wzdłuż jego krawędzi jak i w środku korpusu, w odległości co 50,0 m.

W celu monitoringu przemieszczeń podczas budowy i eksploatacji obiektów mostowych projektuje się wykonanie stałych znaków wysokościowych w każdej podporze obiektu.

## **16. Wnioski**

1. Niniejszy Projekt geotechniczny został poprzedzony *Opinią Geotechniczną* wraz *Dokumentacją Badań Podłoża Gruntowego*. Wszystkie trzy dokumenty tworzą łącznie *Geotechniczne Warunki Posadowienia*.
2. Zbadane grunty czwartorzędowe rozpatrywanego terenu ujęto w warstwy geotechniczne. (*Tabela nr 6* zawarta w *Dokumentacji badań podłoża gruntowego* [20]). Podstawą podziału były wydzielenia geologiczne oraz terenowe i laboratoryjne wyniki badań gruntów. Dla wydzielonych warstw geotechnicznych ustalono charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych.
3. Ze względu na podstawowy charakter rozpoznania podłoża gruntowego, zastosowanie metod statycznych przy ustaleniu wartości charakterystycznych parametrów geotechnicznych było bardzo trudne, a wręcz niemożliwe. W związku z tym posłużono się dotychczasową „polską praktyką” i określono je na podstawie nomogramów zamieszczonych w PN-81/B-03020. Grunty budowlane - Posadowienie bezpośrednie budowli – Obliczenia statyczne i projektowanie [9].
4. W związku z tym, iż część pierwsza Eurokodu 7 [11], przedstawiająca ogólne zasady projektowania geotechnicznego, zawierająca głównie wymagania, jakie należy spełnić, jest obecnie wprowadzana do praktyki i ulega ciągłym modyfikacjom, zdecydowano się od niej odstąpić, a we wszelkich obliczeniach statycznych posłużono się krajowymi normami PN-81/B-03020 [9] oraz PN-83/B-02482 [10]. Zwraca się uwagę, iż na obecnym etapie, wiele wymagań zawartych w nowej normie sformułowanych jest w sposób ogólny, toteż

- jej wdrożenie będzie wymagało opracowania wielu komentarzy, a w przyszłości być może nowych norm, uściślających sposoby spełnienia wymagań zawartych w PN-EN 1997-1
5. Do obliczeń statycznych posłużono się współczynnikami bezpieczeństwa zawartymi krajowych normach - PN-81/B-03020 [9] oraz PN-83/B-02482 [10].
  6. W celu dokonania stosownych obliczeń do ustalenia nośności podłoża gruntowego w odniesieniu do projektowanego posadowienia trzech obiektów mostowych MD-1, WD-2 i WD-4, posłużono się wytycznymi zawartymi w normie PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane - Nośność pali i fundamentów palowych [10]. Z odpowiednich tablic odczytano wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pala  $q$  oraz wartości jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż pobocznicy pala  $t$ . Wartości te zestawiono w *Tabelach 3a – 5d*.
  7. Do przeprowadzenia obliczeń w celu ustalenia nośności podłoża gruntowego w odniesieniu do bezpośredniego posadowienia wiaduktu drogowego WD-3 w ciągu drogi DW 678, posłużono się wytycznymi zawartymi w krajowej normie PN-81/B-03020. Grunty budowlane - Posadowienie bezpośrednie budowli – Obliczenia statyczne i projektowanie [9].
  8. Wszelkie obliczenia stanu granicznego nośności zawarto w *Załącznikach 2.1 – 2.16*.
  9. Dane konstrukcyjne poszczególnych obiektów inżynierskich przedstawiono w *Rozdziale 7*, jak również w załącznikach rysunkowych na końcu opracowania.
  10. W celu kontroli osiadań przewiduje się zastosowanie odpowiedniego systemu monitoringu obiektów budowlanych (wysokich nasypów ziemnych oraz obiektów mostowych) w ciągu drogi wojewódzkiej nr 678, który jest niezbędny do rozpoznania zagrożeń mogących wystąpić w trakcie robót budowlanych lub w ich wyniku oraz w czasie użytkowania obiektu budowlanego.
  11. Realizacja poszczególnych prac budowlanych, związanych z wykonywaniem obiektów i budowli w podłożu gruntowym, wiąże się z koniecznością przeprowadzenia stosownych **odbiorów podłoża gruntowego**. W przypadku braku innych ustaleń, odbiór podłoża pod projektowane obiekty można wykonać zgodnie z zasadami podanymi w odpowiednich normach przedmiotowych (m. in. normie D-02.00.00: Roboty ziemne, Ogólne Specyfikacje Techniczne OST, opracowanej przez Generalną Dyрекcję Dróg Publicznych [17]).
  12. Odbiory robót związanych z realizacją posadowienia obiektów i budowli powinny odbywać się przy udziale uprawnionego geologa. Nie jest to jednak wymóg obligatoryjny.