

NAZWA OBIEKTU BUDOWLANEGO	Budowa wydzielonej trasy transportu zbiorowego – METROBUS Budowa wydzielonej trasy transportu zbiorowego na odcinku od osiedla Nowy Dwór do ul. Góralskiej – Zadanie 1			
NAZWA I ADRES INWESTORA	Gmina Wrocław 50-141 Wrocław, pl. Nowy Targ 1-8 tel. 71 777-70-00 www.wroclaw.pl			
NAZWA I ADRES PRZEDSTAWCIELA INWESTORA	 Wrocławskie Inwestycje Sp. z o.o. ul. Ofiar Oświęcimskich 36, 50-059 Wrocław T +48 71 77 10 900 lub 901 F +48 71 77 10 904 E biuro@wi.wroc.pl www.wi.wroc.pl			
ADRES OBIEKTU BUDOWLANEGO JEDNOSTKA EWIDENCYJNA	Gmina: Wrocław Jednostka ewidencyjna:			
OBREBY I NUMERY EWIDENCYJNE DZIAŁEK, NA KTÓRYCH INWESTYCJA JEST ZLOKALIZOWANA (NA, KTÓRYCH ZLOKALIZOWANY JEST OBSZAR ZMIANY)	Zawarto w części 1/1a projektu zagospodarowania terenu			
OBREB I NUMERY EWIDENCYJNE DZIAŁEK, NIEZBĘDNYCH DO REALIZACJI INWESTYCJI W TYM PRZEBUDOWY SIECI UZBROJENIA TERENU (NA, KTÓRYCH ZLOKALIZOWANY JEST OBSZAR ZMIANY)	Zawarto w części 1/1a projektu zagospodarowania terenu			
STADIUM	PROJEKT BUDOWLANY Tom 10 Projekt geotechniczny			
NAZWA I ADRES JEDNOSTKI PROJEKTOWANIA	 TRAKT sp. z o.o. sp. k. Biuro Projektów Budownictwa Komunikacyjnego 40-159 Katowice, ul. Jesionowa 15 tel. +48 32 228 12 70, fax +48 32 220 70 04 e-mail: trakt@trakt.pl, www.trakt.pl			
Imię i Nazwisko	Stanowisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Mgr Anna Mossakowska – Seles	Projektant	Mostowa	SLK/2792/PWOM/09	
mgr Jacek Jastrzębski	Projektant	Inżynier górniczy I stopnia	upr. Nr VII-1491; upr. nr XI/2/2008; upr. nr WRO/J-0013/1/11I upr. WRO/J-0013/4/2007	
Mgr Anna Mossakowska – Seles	Opracował	Mostowa	SLK/2792/PWOM/09	
ZP/PN/03900/01/2014 z dnia 09.05.2014r (PR-670/14) DATA OPRACOWANIA: STYCZEŃ 2015 r.				

OŚWIADCZENIE – KLAUZULA

Wykonawca niniejszego projektu oświadcza, że jest on wykonany zgodnie z umową, obowiązującymi przepisami techniczno – budowlanymi, normami i wytycznymi oraz zasadami wiedzy technicznej i jest kompletny z punktu widzenia celu, któremu ma służyć a także został skoordynowany branżowo.

Imię i Nazwisko	Stanowisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Mgr Anna Mossakowska – Seles	Projektant	Mostowa	SLK/2792/PWOM/09	
mgr Jacek Jastrzębski	Projektant	Inżynier górniczy I stopnia	upr. Nr VII-1491; upr. nr XI/2/2008; upr. nr WRO/J-0013/1/11I upr. WRO/J-0013/4/2007	

ZP/PN/03900/01/2014 z dnia 09.05.2014r (PR-670/14)

DATA OPRACOWANIA: **STYCZEŃ 2015 r.**

Spis treści

1	Wstęp	2
2	Wykorzystane materiały	2
2.1	Przepisy prawne	2
2.2	Normy państwowe i branżowe	2
2.3	Literatura i geologiczne materiały archiwalne	3
3	Lokalizacja i położenie administracyjne inwestycji	3
4	Charakterystyka warunków gruntowo-wodnych	4
4.1	Budowa geologiczna	4
4.2	Warunki hydrogeologiczne	5
5	Przyjęcie projektowego modelu obliczeniowego	5
6	Określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych	6
6.1	Charakterystyka warstw geotechnicznych	6
6.2	Charakterystyka warunków geologiczno-inżynierskich na trasie inwestycji	8
6.3	Charakterystyka warunków geologiczno-inżynierskich dla obiektów inżynierskich	10
6.4	Charakterystyka nośności podłoża gruntowego	11
7	Dane konstrukcyjne poszczególnych obiektów budowlanych	12
8	Określenie częściowych współczynników bezpieczeństwa do obliczeń geotechnicznych	13
8.1	Posadowienie bezpośrednie obiektów budowlanych	15
9	Określenie oddziaływań od gruntu	16
9.1	Fundamenty bezpośrednie	17
10	Obliczenia stanu granicznego nośności fundamentów	17
10.1	Posadowienie bezpośrednie fundamentów	17
11	Obliczenie nośności i osiadania podłoża gruntowego oraz ogólnej stateczności	17
12	Prognoza zmian właściwości podłoża gruntowego w czasie	18
13	Specyfikacja badań niezbędnych do zapewnienia wymaganej jakości robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych	18
14	Określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekty budowlane i sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom	18
15	Określenie zakresu niezbędnego monitorowania obiektu budowlanego, obiektów sąsiadujących i otaczającego gruntu	20
16	Wnioski	21

1 Wstęp

Niniejszy projekt geotechniczny został sporządzony na potrzeby wykonania wielobranżowej dokumentacji projektowej w stadium projektów budowlanych i wykonawczych wraz z dokumentacją geodezyjno-prawną, decyzjami oraz ze wszystkimi uzgodnieniami i opiniami.

Projekt wykonano na podstawie wyników badań geologiczno – inżynierskich przedstawionych w opracowaniu [18] oraz zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami.

Podstawą prawną do wykonania przedstawionego projektu jest 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, poz 463)

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 2015 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 półsztywnych” .

[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-EN 14679:2005. Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Wgłębne mieszanie gruntu.

[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

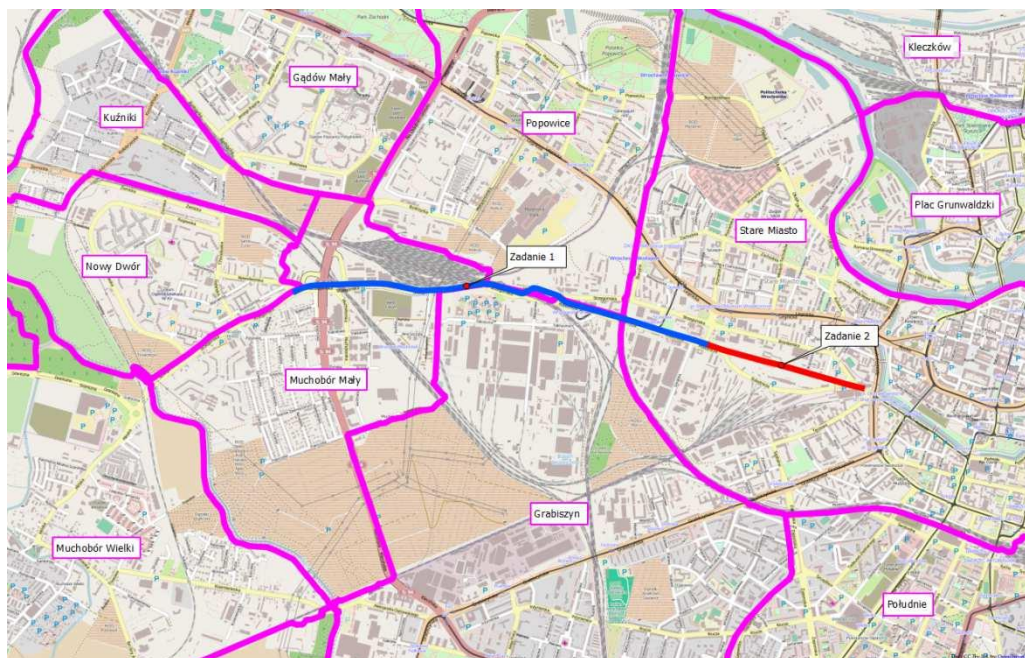
[18]. Jacek Jastrzębski – Dokumentacja Geologiczno – Inżynierska dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich podłoża dla budowy wydzielonej trasy transportu zbiorowego Metrobus. Październik 2014

[19]. Wiłun Z. – Zarys geotechniki. Wydawnictwa Komunikacji i łączności. Warszawa, 1982 r.

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

3 Lokalizacja i położenie administracyjne inwestycji

Teren badań zgodnie z trójstopniowym podziałem administracyjnym Polski położony jest w województwie dolnośląskim, powiat Wrocław, gmina Wrocław, w centralnej części m. Wrocław, w obrębie dzielnicy Stare Miasto i Fabryczna. Projektowany układ komunikacyjny przebiegać będzie przez następujące osiedla: Nowy Dwór, Muchobór Mały, Grabiszyn, Popowice i Stare Miasto.



Lokalizacja przedsięwzięcia na tle podziału administracyjnego miasta Wrocław

Poniżej przedstawiono charakterystykę usytuowania przedsięwzięcia, z uwzględnieniem możliwego zagrożenia dla środowiska w szczególności przy istniejącym użytkowaniu terenu zdolności samooczyszczania się środowiska i odnawiania się zasobów naturalnych walorów przyrodniczych, krajobrazowych oraz uwarunkowań miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego:

- Obszary wodno-błotne oraz inne obszary o płytkim zaleganiu wód podziemnych:

Przedmiotowe przedsięwzięcie nie będzie realizowane w miejscu występowania obszarów wodnobłotnych i obszarów o płytkim zaleganiu wód podziemnych;

- Obszary wybrzeży: Przedmiotowe przedsięwzięcie znajduje się poza obszarami wybrzeży;

- Obszary górskie lub leśne: Przedmiotowe przedsięwzięcie leży poza obszarami góorskimi i leśnymi;

- Obszary objęte ochroną w tym strefy ochronne ujęć wód i obszary ochronne zbiorników wód śródlądowych:

4 Charakterystyka warunków gruntowo-wodnych

4.1 Budowa geologiczna

Zgodnie ze Szczegółową Mapą Geologiczną Polski (Załącznik nr 3) oraz Objasńieniami do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, arkusz Wrocław i Leśnica, teren badań położony jest w obrębie jednostki geologiczno-strukturalnej monokliny przedsudeckiej, zbudowanej ze skał permsko – mezozoicznych oraz kompleksu kenozoicznego osadów trzeciorzędowych i czwartorzędowych.

Utwory starszego podłoża -permu reprezentowane są przez piaskowce i zlepieńce czerwonego spągowca oraz iłowce, anhydryty, dolomity, wapienie i piaskowce cechsztynu.

Osady triasu zostały wykształcone w trzech okresach stratygraficznych: pstręgo piaskowca, wapienia muszlowego i kajpru. Pstry piaskowiec dolny to kompleks piaskowców pstrych i drobnoziarnistych.

Mięszość tej serii przekracza 400 m. Piaskowiec pstry górny w wyniku ruchów obniżających tworzy mocno zróżnicowaną litologicznie serię osadów pochodzenia morskiego, wykształconą w postaci iłowców, anhydrytów, wapieni, piaskowców i dolomitów, mięszości rzędu kilku metrów. Wapień muszlowy dolny to wapienie płytowe i faliste, miejscami zlepieńcowate. Wapień muszlowy środkowy zbudowany jest z dolomitów i wapieni z wkładkami margli. W górnym przeważają wapienie dolomityczne silnie spękane. Kajper stanowi podłożę dla kompleksu osadów kenozoicznych.

Zbudowany jest z iłów i mułowców. Częste są przewarstwienia gipsów i szarych piaskowców ilastych. Cała seria ww. utworów monokliny przedsudeckiej osiąga mięszość około 1100 m.

Na utworach krystalicznych monokliny przedsudeckiej zalega niezgodnie kompleks osadów kenozoicznych. Trzeciorzędowe osady reprezentowane są przez miocen środkowy i górny oraz pliocen górny. Miocen środkowy wykształcony jest w postaci iłów szarych i jasnoszarych z wkładkami tzw. iłów płomienistych. W iłach częste są przewarstwienia mułków oraz piasków drobnoziarnistych i mułkowatych. Sporadycznie spotyka się również cienkie warstewki węgla brunatnego lub iłów zawęglonych. Mięszość tej serii wynosi około 100 m. W miocenie górnym występują iły o zabarwieniu oliwkowo-szarym z konkrejcami wapnistymi. W części spągowej pojawiają się przewarstwienia piaszczysto-mułkowate z cieką warstwą węgla brunatnego. Mięszość tej serii wynosi maksymalnie 97 m. Trzeciorzędową sedimentację kończy pliocen górny w postaci glin, piasków i żwirów serii Gozdnicy, występującej w formie izolowanych płatów o mięszości do 23 m. Osady czwartorzędu reprezentowane są przez zróżnicowane litologicznie osady zlodowacenia południowopolskiego, środkowopolskiego i północnopolskiego, jak i rzeczne osady holocenne. Osady te wypełniają Niekę Wrocławską i mięszość ich osiąga średnio 40 – 50 m.

Na podstawie badań terenowych wykonanych wzdłuż całej projektowanej trasy od powierzchni stwierdza się występowanie niekontrolowanych nasypów antropogenicznych. Nasypy te mają różny skład i zazwyczaj są zanieczyszczone. Bardzo często w ich składzie stwierdza się cegły, gruz oraz części organiczne. Mięszość tych nasypów jest bardzo różna i waha się od 0,50 m do 3,20 m, najczęściej jednak ich mięszość wynosi od około 1,00 do 1,50 m.

Poniżej nasypów od początku projektowanej inwestycji do okolic skrzyżowania z ulicą Smolecką podłoże budują gliny morenowe zlodowacenia środkowopolskiego (gliny barwy brązowej), a poniżej nich gliny morenowe zlodowacenia południowopolskiego (gliny barwy brunatnej, szarej, ciemnoszarej oraz zielonkawej). W obrębie tych glin występują nawodnione soczewki piasków i pospółek, które zazwyczaj nie mają ze sobą połączenia hydraulicznego. Utwory te są zazwyczaj słabo przemyte i mocno zaglinione. Ze względu na przyjętą siatkę otworów (odległości pomiędzy otworami około 100 m) przedstawiona rozciągłość horyzontalna tych soczewek przedstawiona na przekrojach geologiczno-inżynierskich jest tylko przypuszczalna i prawdopodobna. Na badanym terenie można się spodziewać również występowania tego typu soczewek pomiędzy wykonanymi otworami. Sporadycznie stwierdzono również występowanie pyłów (otwór O-3 i O-4) lub soczewek gruntów organicznych (otwór O-1, ARCH-11, ARCH-15). W rejonie otworu O-1 została stwierdzona soczewka gruntów organicznych o miąższości około 1,0 metra. Ze względu na to, że w rejonie tego otworu, była kiedyś zlokalizowana „pieczarkarnia”, grunty te nie muszą być pochodzenia naturalnego i mogą zostać zaklasyfikowane do gruntów antropogenicznych co projektant powinien wziąć pod uwagę przy projektowaniu wzmocnienia podłoża w tamtym rejonie. Poniżej nasypów w obrębie glin morenowych zlodowacenia środkowopolskiego bardzo często stwierdzono występowanie gruntów w stanie plastycznym. Zazwyczaj strefy gruntów uplastycznionych występują w obniżeniach terenu gdzie gromadzą się wody opadowe infiltrujące przez nasypy. Wody te ze względu na nieprzepuszczalny charakter podłoża rodzimego nie mogą infiltrować w jego głąb, gromadzą się w lokalnych obniżeniach i nieckach z czasem uplastyczniając grunty występujące w podłożu. Rejony występowania gruntów plastycznych zostały przedstawione na przekrojach geologiczno-inżynierskich oraz na mapach warunków geologiczno-inżynierskich.

4.2 Warunki hydrogeologiczne

Na badanym terenie występują wody piętra czwartorzędowego, trzeciorzędowego oraz triasowego. Triasowe piętro wodonośne obejmuje poziom wodonośny wapienia muszlowego i pstrego piaskowca, z których znaczenie użytkowe dla eksploatacji wód posiada jedynie poziom wapienia muszlowego.

Trzeciorzędowy poziom wodonośny ma znaczenie użytkowe i związany jest z występowaniem izolowanych warstw i soczew piaszczystych i piaszczysto-pyłowatych w obrębie iłów, w stropowych partiach miocenu górnego. Poziom ten jest niejednorodny i tworzy kilka rozczłonkowanych poziomów, wchodzących w skład wielowarstwowego systemu o zmiennych miąższościach.

Czwartorzędowy poziom wodonośny wiąże się z obszarami pradoliny Odry, gdzie wody występują w utworach piaszczystych i żwirowych wieku plejstocénskiego i holocénskiego, w pięciu strefach głębokościowych. Poziomy wodonośny tworzą osady kopalnych dolin, piaski i żwiry fluwioglacjalne oraz osady rzeczne. Osady piaszczyste tarasów zalewowych w dolinie Odry tworzą ciągłe poziomy wodonośny o znacznym rozprzestrzenieniu i zmiennych miąższościach. Niejednokrotnie utwory wodonośne izolowane są od powierzchni terenu słabo przepuszczalnymi namułami.

5 Przyjęcie projektowego modelu obliczeniowego

Dla poszczególnych warstw gruntu, w zależności od rodzaju obciążeń, metody wzmocnienia oraz posadowienia obiektu, zaleca się przyjęcie następującego modelu obliczeniowego:

- Dla wszystkich rodzajów technologii wzmocnienia podłoża gruntowego, należy użyć model sprężysto-plastyczny z kryterium ściska gruntu Mohra-Coulomba.

- Obliczenia efektywności wzmocnienia podłoża gruntowego zaleca się prowadzić za pomocą programów elementów skończonych, wyznaczając siły wewnątrz pali lub kolumn. W zależności od rodzaju pracy wzmocnienia, obliczenia należy prowadzić w stanie osiowo-symetrycznym (dla pojedynczego elementu wzmocnienia) lub w Płaskim Stanie Odształcenia.
- Współczynnik stateczności należy sprawdzić klasyczną metodą blokową Bishop'a lub w programie elementów skończonych, poprzez procedurę redukcji $\tan \phi$ i c (redukcji kąta tarcia wewnętrznego i kohezji).

Do wszystkich obliczeń statycznych przyjęto modele geologiczno-geotechniczne zgodne z dokumentacją geologiczno inżynierską

6 Określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych

Wartości obliczeniowe parametrów geotechnicznych $x^{(r)}$ otrzymuje się przez przemnożenie wartości charakterystycznych parametrów geotechnicznych $x^{(n)}$ przez współczynnik materiałowy γ_m .

$$x^{(r)} = x^{(n)} \cdot \gamma_m$$

Do wyznaczenia charakterystycznych parametrów geotechnicznych posłużono się wynikami badań polowych jak i laboratoryjnych, wykonanych w ramach przygotowywania dokumentacji [11].

Tabele charakterystycznych parametrów geotechnicznych zestawiono w Załączniku Nr 1.2 dokumentacji [11].

Dla warstw geotechnicznych, dla których nie określono w Załączniku Nr 1.2 współczynników materiałowych γ_m , ich wartość należy przyjąć równą $1 \pm 0,10$.

6.1 Charakterystyka warstw geotechnicznych

Biorąc pod uwagę rodzaj gruntu i jego stan w podłożu inwestycji wydzielono warstwy geotechniczne, charakteryzujące się zbliżonymi właściwościami fizycznymi i mechanicznymi.

Pod względem litologicznym wydzielono:

- GRUNTY NIESPOISTE,
- GRUNTY SPOISTE,
- GRUNTY ORGANICZNE,
- GRUNTY NASYPOWE

W podłożu dla trasy głównej oraz dla zbiorników retencyjnych wyznaczono osobno warstwy geotechniczne. Dla trasy głównej wydzielono 15 warstw geotechnicznych a dla zbiorników retencyjnych 5 warstw geotechnicznych biorąc pod uwagę rodzaj gruntu, jego genezę, wiek oraz stan. Szczegółowy opis wydzielonych warstw geotechnicznych przedstawiono poniżej.

Trasa główna

Grunty niespoiste

Ia – do której zaliczono piaski drobne i pylaste w stanie średnio zagęszczonym, właściwości fizyczonechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_D = 0.45$,

Ib – do której zaliczono piaski średnie i grube w stanie średnio zagęszczonym, właściwości fizyczonechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_D = 0.45$,

Ic – do której zaliczono pospółki w stanie średnio zagęszczonym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_D = 0.45$,

II – do której zaliczono piaski średnie w stanie średnio zagęszczonym, właściwości fizyczonechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_D = 0.55$,

IIIa – do której zaliczono piaski średnie w stanie zagęszczonym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_D = 0.70$,

IIIb – do której zaliczono pospółki w stanie zagęszczonym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_b = 0.70$,

Grunty spoiste o stopniu konsolidacji B

IV – do której zaliczono grunty spoiste w stanie plastycznym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_L = 0.45$,

V – do której zaliczono grunty spoiste w stanie plastycznym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_L = 0.35$,

VI – do której zaliczono grunty spoiste w stanie twardoplastycznym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_L = 0.20$,

VII – do której zaliczono grunty spoiste w stanie twardoplastycznym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_L = 0.10$,

Grunty spoiste o stopniu konsolidacji A

VIII – do której zaliczono grunty spoiste w stanie twardoplastycznym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_L = 0.10$,

IX – do której zaliczono grunty spoiste w stanie twardoplastycznym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_L = 0.05$,

Grunty spoiste o stopniu konsolidacji D

X – do której zaliczono grunty spoiste w stanie plastycznym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_L = 0.35$,

Grunty organiczne

XI – do której zaliczono grunty próchnicze – nie wyznaczono dla nich parametrów

XII – do której zaliczono namuły – nie wyznaczono dla nich parametrów

Grunty nasypowe

Ze względu na bardzo zróżnicowany i niejednorodny skład wszystkie grunty nasypowe zostały zaklasyfikowane do jednej warstwy oznaczonej na przekrojach geologiczno-inżynierskich literą N. Ze względu na ich niejednorodność, duże wymieszanie gruntów spoistych i niespoistych oraz odpadowych w ich obrębie wraz z ich nieprzewidywalnym zachowaniem pod wpływem obciążeń nie wyznaczono dla nich parametrów.

Zbiorniki retencyjne

Grunty niespoiste

I – do której zaliczono piaski średnie w stanie średnio zagęszczonym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_b = 0.40$,

Grunty spoiste o stopniu konsolidacji B

II – do której zaliczono grunty spoiste w stanie twardoplastycznym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_L = 0.10$,

III – do której zaliczono grunty spoiste w stanie plastycznym na granicy miękkoplastycznego, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_L = 0.50$,

Grunty spoiste o stopniu konsolidacji A

IV – do której zaliczono grunty spoiste w stanie twardoplastycznym, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_L = 0.10$,

V – do której zaliczono grunty spoiste w stanie plastycznym na granicy miękkoplastycznego, właściwości fizyczno-mechaniczne wyznaczono dla parametru wiodącego $I_L = 0.50$,

Grunty nasypowe

Ze względu na bardzo zróżnicowany i niejednorodny skład wszystkie grunty nasypowe zostały zaklasyfikowane do jednej warstwy oznaczonej na przekrojach geologiczno-inżynierskich literą N. Ze względu na ich niejednorodność, duże wymieszanie gruntów spoistych i niespoistych oraz odpadowych w ich obrębie wraz z ich nieprzewidywalnym zachowaniem pod wpływem obciążeń nie wyznaczono dla nich parametrów.

6.2 Charakterystyka warunków geologiczno-inżynierskich na trasie inwestycji

Rodzime podłoże terenu badań charakteryzuje się zmiennymi warunkami gruntowymi i wodnych ze względu na duże zróżnicowanie w wykształceniu warstw litologicznych zalegających w podłożu. W związku z tym trasę inwestycji podzielono na odcinki o korzystnych i niekorzystnych warunkach geologiczno-inżynierskich, mających wpływa na prace budowlane. Przyjęto następujące kryteria:

- Warunki geologiczno – inżynierskie KORZYSTNE:
 - grunty niespoiste w stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym
 - grunty spoiste w stanie twardoplastycznym, zwartym i półzwartym,
 - zwierciadło wód gruntowych poniżej 2,00 m p.p.t.
 - brak procesów geodynamicznych
- Warunki geologiczno – inżynierskie NIEKORZYSTNE:
 - grunty niespoiste w stanie luźnym,
 - grunty spoiste w stanie plastycznym i miękkoplastycznym,
 - zwierciadło wód gruntowych w zakresie 0,00 – 2,00 m p.p.t.
 - obecność gruntów organicznych,
 - nasypy niejednorodne,

Wzdłuż projektowanej trasy na odcinkach:

- początek inwestycji – 0+100 km
- 0+225 km – 0+450 km
- 0+525 km – 1+100 km
- 1+250 km – 1+650 km
- 1+900 km – koniec inwestycji

W podłożu do głębokości 3,0 m p.p.t. występują grunty słabonośne w postaci plastycznych gruntów spoistych oraz niekontrolowanych nasypów. Wzdłuż powyższych odcinków występują również w profilu grunty organiczne.

Generalnie wzdłuż projektowanej trasy w naturalnych obniżeniach terenu mogą występować czasowe lub stałe podtopienia. Wielkość tych podtopień będzie również uzależniona od intensywności opadów atmosferycznych i wiosennych roztopów. W obrębie podtopień należy się spodziewać gruntów słabonośnych oraz organicznych.

Tabela nr 1. Warunki geologiczno – inżynierskie wzdłuż projektowanej trasy.

Nr odcin-ka	Zasięg kilometrażowy	Budowa geologiczna	Warunki wodne	Grupa nośności podłoża	Ocena warunków geologiczno-inżynierskich
-------------	----------------------	--------------------	---------------	------------------------	--

1	Początek opracowania – 0+100	W podłożu stwierdzono występowanie utworów morenowych zlodowacenia środkowopolskiego oraz południowopolskiego reprezentowanych przez gliny w stanie plastycznym, soczewki piasku oraz grunty organiczne	Zwierciadło wód gruntowych o charakterze swobodnym w soczewkach piasku	G4 (ze względu na nasypy i grunty wysadzinowe)	NIEKORZYSTNE
2	0+100 – 0+225	W podłożu stwierdzono występowanie utworów morenowych zlodowacenia środkowopolskiego oraz południowopolskiego reprezentowanych przez gliny w stanie twardoplastycznym oraz soczewki piasku	Brak wód gruntowych	G4, lokalnie G1 (ze względu na nasypy i grunty wysadzinowe)	KORZYSTNE
3	0+225 – 0+450	W podłożu stwierdzono występowanie utworów morenowych zlodowacenia środkowopolskiego oraz południowopolskiego reprezentowanych przez gliny w stanie plastycznym, soczewki piasku	Zwierciadło wód gruntowych o charakterze swobodnym w soczewkach piasku	G4 (ze względu na nasypy i grunty wysadzinowe)	NIEKORZYSTNE
4	0+450 – 0+525	W podłożu stwierdzono występowanie utworów morenowych zlodowacenia środkowopolskiego oraz południowopolskiego reprezentowanych przez gliny w stanie twardoplastycznym oraz soczewki piasku	Zwierciadło wód gruntowych o charakterze swobodnym w soczewkach piasku	G4 (ze względu na nasypy i grunty wysadzinowe)	KORZYSTNE
5	0+525– 1+100	W podłożu stwierdzono występowanie utworów morenowych zlodowacenia środkowopolskiego oraz południowopolskiego reprezentowanych przez gliny w stanie plastycznym i twardoplastycznym, soczewki piasku oraz grunty organiczne	Zwierciadło wód gruntowych o charakterze naporowym w soczewkach piasku	G4 (ze względu na nasypy i grunty wysadzinowe)	NIEKORZYSTNE
6	1+100 – 1+250	W podłożu stwierdzono występowanie utworów morenowych zlodowacenia środkowopolskiego oraz południowopolskiego reprezentowanych przez gliny w stanie twardoplastycznym	Brak wód gruntowych	G4 (ze względu na nasypy i grunty wysadzinowe)	KORZYSTN
7	1+250 – 1+650	W podłożu stwierdzono występowanie utworów morenowych zlodowacenia środkowopolskiego oraz południowopolskiego reprezentowanych przez gliny w stanie plastycznym i twardoplastycznym, soczewki piasku	Zwierciadło wód gruntowych o charakterze naporowym w soczewkach piasku	G4 (ze względu na nasypy i grunty wysadzinowe)	NIEKORZYSTNE
8	1+650 – 1+900	W podłożu stwierdzono występowanie utworów morenowych zlodowacenia środkowopolskiego oraz południowopolskiego reprezentowanych przez gliny w stanie twardoplastycznym	Zwierciadło wód gruntowych o charakterze naporowym w soczewkach piasku	G4 (ze względu na nasypy i grunty wysadzinowe)	KORZYSTNE

9	1+900 km – koniec inwestycji	W podłożu stwierdzono występowanie utworów morenowych zlodowacenia środkowopolskiego oraz południowopolskiego reprezentowanych przez gliny w stanie plastycznym i twardoplastycznym oraz soczewki piasku.	Zwierciadło wód gruntowych o charakterze naporowym w soczewkach piasku	G4 (ze względu na nasypy i grunty wysadzinowe)	NIEKORZYSTNE
---	------------------------------------	---	--	--	--------------

6.3 Charakterystyka warunków geologiczno-inżynierskich dla obiektów inżynierskich

Dla obiektu inżynierskiego scharakteryzowano warunki geologiczno – inżynierskie na podstawie następujących kryteriów:

- Warunki geologiczno – inżynierskie KORZYSTNE:

-grunty niespoiste w stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym -grunty spoiste w stanie twardoplastycznym, zwartym i półzwartym, -zwierciadło wód gruntowych poniżej zakładanego poziomu posadowienia w przypadku posadowienia bezpośredniego

- Warunki geologiczno – inżynierskie NIEKORZYSTNE:

-grunty niespoiste w stanie luźnym,
-grunty spoiste w stanie plastycznym i miękoplastycznym,
-zwierciadło wód gruntowych w poziomie lub powyżej poziomu posadowienia,
-obecność gruntów organicznych,
-nasypy niejednorodne

Dla projektowanego wiaduktu zakłada się posadowienie bezpośrednie na podłożu wzmocnionym kolumnami DSM. Biorąc pod uwagę sposób posadowienia, grunty występujące podłożu (przeważają twardoplastyczne gliny morenowe) oraz wody gruntowe (mają charakter naporowy i występują w izolowanych soczewkach piasków) warunki na badanym terenie dla posadowienia tego obiektu należy uznać za korzystne. Ze względu na występowanie w podłożu wód gruntowych w izolowanych soczewkach które nie mają ze sobą zazwyczaj połączeń hydraulicznych nie wykonywano badań agresywności wody dla każdej z osobna. Przy projektowaniu należy założyć, że wody gruntowe mają agresywny charakter i należy dodać do betonu dodatki antykorozyjne.

Tabela nr 2. warunki geologiczno-inżynierskie dla poszczególnych zbiorników wodnych.

Lp.	Zbiornik	Głębokość posadowienia [m p.p.t.]	Numer otworu	Budowa geologiczna	Warunki wodne
1.	Z-1	6,0 – 7,0	Z-1	Poniżej nasypów występują nawodnione piaski oraz piaski gliniaste poniżej których stwierdzono twardoplastyczne gliny morenowe w obrebie których znajdują się nawodnione soczewki piasków średnich	Pierwsze zwierciadło wód gruntowych ma charakter swobodny i stabilizuje się na głębokości około 3,50 m p.p.t. Drugie zwierciadło wód gruntowych ma charakter naporowy i została nawiercona na głębokości około 6,10 m p.p.t. a stabilizuje się na głębokości około 3,5m p.p.t.

2.	Z-2	6,0 – 7,0	Z-2	W podłożu stwierdzono dwa poziomy glin morenowych (zlodowacenia południowo-i środkowopolskiego). W obrębie każdego z tych kompleksów występują soczewki nawodnionych piasków średnich	Obydwa zwierciadła mają charakter naporowy. Pierwsze zwierciadło zostało nawiercone na głębokości około 3,50 m p.p.t. i stabilizuje się na głębokości około 2,00 m p.p.t. Drugie zwierciadło wód gruntowych zostało nawiercone na głębokości około 6,80 m p.p.t. i stabilizuje się na głębokości 2,60 m p.p.t.
3.	Z-3	6,0 – 7,0	Z-3	Podłoże budują twarde plastyczne gliny zlodowacenia środkowo-i południowopolskiego	Brak wód gruntowych

6.4 Charakterystyka nośności podłoża gruntowego

Oceny nośności podłoża gruntowego dokonano zgodnie z Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999r., w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. nr 43, poz. 430). Grupę nośności podłoża wyznaczono punktowo przy otworach wiertniczych po trasie głównej oraz dróg dojazdowych, biorąc pod uwagę:

- rodzaj wysadzinowości gruntów występujących w podłożu,
- warunki wodne.

a) wysadzinowość gruntów

Podziału gruntów pod względem ich wysadzinowości dokonano na podstawie normy PN-S-02205:1998. *Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.* biorąc pod uwagę następujące kryteria:

- wskaźnik piaskowy WP,
- kapilarność bierną H_{kb} ,
- zawartość cząstek ≤ 0.075 oraz cząstek ≤ 0.02 .

W przypadku rozbieżnej oceny, decydowały wyniki najmniej korzystne.

Ze względu na wysadzinowość gruntów w podłożu badanego terenu wyróżnić można następujące rodzaje gruntów:

Od początku projektowanej trasy do rejonu skrzyżowania z ulicą Smolecką poniżej nasypów dominują grunty wysadzinowe spoiste..

Poniżej tych nasypów w podłożu dominują piaski średnie i drobne oraz pospółki które bardzo często są źle przebyte i oraz w sporym stopniu zaglinione.

b) warunki wodne

Oceny warunków wodnych występujących na badanych terenie dokonano na podstawie położenia zwierciadła wód gruntowych w stosunku do projektowanego położenia spodu istniejącej konstrukcji nawierzchni lub po odjęciu warstwy przypowierzchniowej. Warunki wodne uznano za:

- dobre, gdy zwierciadło wód gruntowych występowało 2.00 m poniżej tego poziomu,
- przeciętne, gdy zwierciadło wód gruntowych występowało 1.00 – 2.00 m poniżej tego poziomu,

-złe, gdy zwierciadło wód gruntowych występowało do 1.00 m poniżej tego poziomu.

Na podstawie wysadzinowości gruntów oraz przyjętych warunków wodnych, scharakteryzowano nośność podłoża i zakwalifikowano ją do odpowiedniej grupy nośności G_i . Grupy nośności przyjęto punktowo, przy każdym otworze badawczym do 1.00 m poniżej poziomu posadowienia konstrukcji jezdni lub poniżej warstwy przypowierzchniowej (gleba, namuł, nasyp).

W sytuacji, gdy w omawianym przedziale głębokościowym występowały:

- grunty różne pod względem wysadzinowości – przyjęto grupę nośności mniej korzystną,
- grunty w stanach plastycznych i miękkoplastycznych i grunty organiczne oraz grunty niespoiste w stanach luźnych – poddano je indywidualnej ocenie, przyjmując generalnie grupę nośności G_4 .

7 Dane konstrukcyjne poszczególnych obiektów budowlanych

Parametry projektowanych obiektów liniowych:

Jezdnia Metrobusa

Parametry techniczne:

- długość odcinka 2719m
- klasa techniczna L
- prędkość projektowa 30km/h
- liczba jezdni i pasów ruchu 1x2
- szerokość pasa ruchu 3.5 – 4.05m
- szerokość chodnika 1.50m (odcinkowo 2.00m i 3.00)
- szerokość ścieżki rowerowej 2.50m (odcinkowo 3.00m)
- szerokość pasa dzielącego (jezdni Metrobusa – jezdni ruchu ogólnego) zmienna – min. 1.0m
- pochylenie poprzeczne na prostej 2.5 % (1% na odcinku wspólnym z torowiskiem)
- skrajnia pionowa min.4.5m
- obciążenie nawierzchni 115 kN/oś

Torowisko tramwajowe

Parametry techniczne:

- $V_{max}=40\text{km/h}$;
- $V_{max}=10\text{km/h}$ w układzie torów Pętli "Wrocławski Park Przemysłowy" oraz w lokalizacji łuków o małych promieniach w rejonie skrzyżowań;
- $R_{min}=150\text{m}$ na szlaku; $R_{min}=25\text{m}$ w torach pętli i w rejonie skrzyżowań dróg;
- dopuszczalne wartości parametrów kinematycznych:
- $a_{dop}=0,6\text{m/s}^2$; $Y=0,5\text{m/s}^3$;
- dopuszczalne pochylenie ramp przechyłowych $\leq 2,5\text{‰}$;
- przechyłka minimalna $h=20\text{mm}$.
- minimalny promień łuku wyokrąglającego załomy profilu podłużnego 2000m; w rejonie pętli – w trudnych warunkach terenowych - 1500m
- skrajnia wg PN-K-92009:1998, PN-K-92011:1998 z uwzględnieniem obrysu lusterek zewnętrznych tramwajów eksploatowanych w MPK Sp. z o.o.;
- odległość krawędzi peronowej na prostej 1250mm od osi toru przy wyniesieniu 170mm w stosunku do projektowanej płaszczyzny powierzchni tocznych główek szyn;
- obciążenie taborem wg PN-85/S-10030 oraz Rozp. MI z dnia 22 grudnia 2003r. w sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz. U. 2003.230.2301)

Tabela nr 3. Lokalizacja i parametry obiektów inżynierskich.

Lp	Oznaczenie obiektu	Km	Opis
1	WD-1	1+547.05	Wiadukt w ciągu trasy Metrobusa służy do przeprowadzenia trasy nad przeszkodą którą jest linia kolejowa 5 torowa oraz ulica Robotnicza.
2	SO - 1	0+031,7	ściana oporowa z grodzic stalowych L=70.0m wysokość zmienna 0.0-2.7m
3	SO - 2	0+367,40 ul Robotnicza	ściana oporowa z grodzic stalowych L=81.0m wysokość zmienna 0.0-1.7m

8 Określenie częściowych współczynników bezpieczeństwa do obliczeń geotechnicznych

Według norm Eurokod 7, mamy trzy grupy współczynników cząstkowych:

- do obciążeń,
- do parametrów geotechnicznych,
- do oporów granicznych (w stanie GEO).

W zadaniach geotechnicznych, gdzie oddziaływania wywołane są przez siły z gruntu, reakcja gruntu może być różnie określona. Brak tu jest jednego określonego parametru i często musimy określać wartość mobilizowaną siły czy wytrzymałości w gruncie.

Generalną zasadą jest spełnienie nierówności:

$$Ed < Rd.$$

W oddziaływaniach (E), (F) w geotechnice kłopotliwe są siły, które wynikają z oddziaływań gruntowych, a które wchodzi w te równania.

Norma PN-EN 1997-1 Eurokod 7, wyróżnia 5 stanów granicznych:

- EQU - utrata równowagi konstrukcji, stateczności ogólnej podłoża przy rozpatrywaniu konstrukcji, jako ciało sztywne, w których wytrzymałość konstrukcji jest nieistotna;
- STR - utrata wytrzymałości wewnętrznej lub nadmierne odkształcenia konstrukcji lub elementów konstrukcji;
- GEO - ściecie albo nadmierne deformacje w gruntach lub skałach w obszarze oddziaływania obiektu
- UPL - zniszczenie przez wypór wywołany pionowymi siłami (naruszenie pionowej równowagi sił),
- HYD - zniszczenie w gruncie wywołane przepływem wody wskutek spadku hydraulicznego.

Stan graniczny GEO jest najczęściej miarodajny do projektowania fundamentów. Poniżej podano, za Eurokod 7, współczynniki częściowe do oddziaływań i skutków oddziaływań.

Obiekty powinno się analizować pod kątem sprawdzenia dwóch stanów granicznych (stanu granicznego nośności i stanu granicznego użytkowności), gdzie w każdym przypadku sprawdza się stateczność zewnętrzną i stateczność wewnętrzną. Analizy przeprowadza się sprawdzając najbardziej niekorzystny mechanizm zniszczenia przebiegający po linii poślizgu zgodnie m.in. wg metody Bishopa. Poniżej podaje się odpowiednie procedury przyjęcia do obliczeń stanów granicznych nośności wartości współczynników częściowych.

W celu sprawdzenia stanów granicznych nośności: konstrukcyjnego (STR) i geotechnicznego (GEO) należy stosować następujące zestawy A1 lub A2 współczynników częściowych do oddziaływań (γ_F) lub do skutków oddziaływań (γ_E):

- γ_G do trwałych oddziaływań niekorzystnych lub korzystnych,
- γ_Q do zmiennych oddziaływań niekorzystnych lub korzystnych.

Tablica 1. Współczynniki częściowe do oddziaływań (γ_F) lub skutków oddziaływań (γ_E)

Oddziaływanie		Symbol	Zestaw	
			A1	A2
Trwałe	Niekorzystne	γ_G	1,35	1,0
	Korzystne		1,0	1,0
Zmienne	Niekorzystne	γ_Q	1,5	1,3
	Korzystne		0	0

Współczynniki częściowe do parametrów geotechnicznych (γ_M)

W celu sprawdzenia stanów granicznych nośności: konstrukcyjnego (STR) i geotechnicznego (GEO) należy stosować następujące zestawy M1 lub M2 współczynników częściowych do parametrów geotechnicznych (γ_M):

- $\gamma_{\phi'}$ do tangensa kąta wytrzymałości na ścinanie,
- $\gamma_{c'}$ do spójności efektywnej,
- γ_{cu} do wytrzymałości na ścinanie bez odpływu,
- γ_{qu} do wytrzymałości na ściskanie jednoosiowe,
- γ_γ do ciężaru objętościowego.

Wartości współczynników częściowych $\gamma_{\phi'}$, $\gamma_{c'}$, γ_{cu} , γ_{qu} i γ_γ do użytku krajowego mogą być podane w załączniku krajowym do niniejszej normy. Zalecane wartości dla dwóch zestawów M1 i M2 podano w tablicy 2.

Tablica 2. Współczynniki częściowe do parametrów gruntu (γ_M)

Parametr gruntu	Symbol	Zestaw	
		M1	M2
Kąt wytrzymałości na ścinanie *)	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Spójność efektywna	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Wytrzymałość na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1,0	1,4
Wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe	γ_{qu}	1,0	1,4
Gęstość objętościowa	γ_γ	1,0	1,4
*) Współczynnik ten stosuje się do wartości $\tan \phi'$			

Współczynniki częściowe dotyczące fundamentów bezpośrednich

W przypadku fundamentów bezpośrednich w celu sprawdzenia stanów granicznych nośności: konstrukcyjnego (STR) i geotechnicznego (GEO) należy stosować następujące zestawy R1, R2 lub R3 współczynników częściowych dla parametrów oporu (nośności) (γ_R):

- $\gamma_{R,v}$ do nośności podłoża,

- $\gamma_{R,h}$ do oporu na przesunięcie.

Tablica 3. Współczynniki częściowe oporu (γ_R) dotyczące fundamentów bezpośrednich

Opór	Symbol	Zestaw		
		R1	R2	R3
Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,0	1,4	1,0
Przesunięcie	$\gamma_{R,h}$	1,0	1,1	1,0

Podzielono zatem po stronie F współczynniki do oddziaływań na grupy A, M i R.

grupa pierwsza A

- A1 - współczynniki obciążeń stosowanych od obciążeń konstrukcji F_k (raczej duże wartości);
- A2 - współczynniki od oddziaływań geotechnicznych (wartości przeważnie 1,0 tylko niekiedy 1,3);

grupa druga M

M - wchodzi tu oddziaływanie, gdy obciążeniem jest grunt

- $M1 \rightarrow F \frac{G}{k}$ od obciążeń gruntem dla oddziaływań charakterystycznych (1,0)
- $M2 \rightarrow F \frac{G}{d}$ dla obliczeniowych (różne)

grupa trzecia R

opory R (oddziałuje tylko grunt), wartości wchodzi w drugą stronę równania

- charakterystyczne $R_k = 1,0$
- obliczeniowe R_d różne (1,0; 1,25; 1,4)

Zgodnie z opracowaniem [11] poszczególne rodzaje obliczeń wykonuje się z wykorzystaniem zasad wybranych z poniższych:

Podejście 1

1. A1 + M1 + R1
2. A2 + M2 + R1

Podejście 2

3. A1 + M1 + R2

Podejście 3

4. A1 + M2 + R3
5. A2 + M2 + R3

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 - $m = 0,8 \cdot 0,9 = 0,72$.

9 Określenie oddziaływań od gruntu

Na przedmiotowej inwestycji mamy następujące oddziaływania gruntu:

- parcie i odpór gruntu na konstrukcje obiektów inżynierskich wynikające z podniesienia terenu (podwyższone nasypy) i ruchu pojazdów
- oddziaływania występujące w skarpach nasypów zapewniające ich stateczność.

Do określenia oddziaływań należy użyć metod analitycznych, dotyczących obliczenia parcia gruntu i oporu gruntu. Oddziaływania należy uwzględnić w obliczeniach nośności elementów obiektów inżynierskich oraz wzmocnienia podłoża.

W przypadku analiz stateczności skarp, wyróżnia się następujące oddziaływania:

a) bezpośrednie:

- ciężar gruntu i wody,
- parcie gruntu,
- ciśnienie gruntu,
- ciśnienie sphywowe,
- obciążenia stałe przyłożone do konstrukcji,
- obciążenia naziomu,
- siły kotwienia,
- usunięcie obciążenia lub wykonanie wykopu,
- obciążenie pojazdami,
- tarcie negatywne na pobocznicach pali,

b) pośrednie:

- pęcznienie i skurcz,
- przemieszczenia związane z pełzaniem lub osiadaniem gruntu,

- przemieszczenia związane z degradacją, zmianami w składzie mineralnym, samozagęszczaniem, rozpuszczeniem gruntu,
- przemieszczenia i przyspieszenia wywołane drganiami, obciążeniami dynamicznymi, eksploatacją górniczą itp.,
- skutki działania temperatur (w tym lodu).

9.1 Fundamenty bezpośrednie

W celu dokonania stosownych obliczeń do ustalenia nośności podłoża gruntowego w odniesieniu do projektowanego posadowienia obiektu mostowego, posłużono się wytycznymi zawartymi w krajowej normie PN-81/B-03020. Grunty budowlane - Posadowienie bezpośrednie budowli - Obliczenia statyczne i projektowanie [9] oraz PN-EN 14679:2005 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – mieszanie wgłębne gruntu [10].

10 Obliczenia stanu granicznego nośności fundamentów

10.1 Posadowienie bezpośrednie fundamentów

W ramach obliczeń nośności podłoża ustalono maksymalne wpływy od obciążeń obiektu oddziałujące na kolumnę DSM w wielkości $N_r=2336$ kN, przy nośności kolumny w gruncie po uwzględnieniu współczynników korekcyjnych $Q_f=2339$ kN. Sprawdzono także osiadania, gdzie uzyskano maksymalną wartość osiadania pod przyczółkami w wysokości $u_1=14$ mm, oraz pod filarami $u_2=23$ mm. Wartość osiadań oraz ich różnice na poszczególnych podporach mieszczą się w wartościach dopuszczalnych

11 Obliczenie nośności i osiadania podłoża gruntowego oraz ogólnej stateczności

Do obliczeń nośności i osiadań należy przyjąć dane przekazane przez Projektanta obiektu. Przekazane wartości obciążeń powinny uwzględniać oddziaływania od:

- Ciężaru własnego konstrukcji;
- Obciążeń użytkowego;
- Obciążeń śniegiem;
- Obciążeń wiatrem;
- Obciążeń dynamicznych od pracujących maszyn;

Wartości obciążeń, w zależności od rodzaju obliczeń, należy skorygować częściowymi współczynnikami korekcyjnymi zgodnymi z pkt. 8 niniejszego opracowania.

Na określenie nośności podłoża gruntowego składają się dwa czynniki: nośność samego podłoża gruntowego oraz nośność elementu wzmocnienia.

W przypadku wzmocnienia podłoża gruntowego palami lub kolumnami betonowymi, nośność podłoża można określić tylko jako nośność pala lub kolumny betonowej (z pominięciem nośności gruntu). W innym przypadku nośność podłoża należy uwzględnić.

Wielkość osiadań podłoża gruntowego można wyznaczyć analitycznie lub metodą elementów skończonych.

Na określenie stateczności ogólnej powinno składać się określenie:

- wyznaczenie linii poślizgu o minimalnym współczynniku bezpieczeństwa F . Współczynnik bezpieczeństwa F jest wynikiem stosunku sił utrzymujących do sił wywracających.

- współczynnik stateczności ogólnej F , dla poszczególnych faz budowy nie powinien być mniejszy niż 1,3
- wyznaczenie sił wewnętrznych w elementach wzmocnienia podłoża gruntowego (palach, kolumnach betonowych). Siły wewnętrzne w elemencie wzmocnienia nie powinny przekraczać wytrzymałości materiału na zniszczenie z uwzględnieniem współczynnika bezpieczeństwa $F = 2,0$.

Ogólny współczynnik stateczności, obliczany dowolną metodą, nie może być mniejszy niż 1,5 w fazie eksploatacji obiektu.

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 Δu , 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 (namyty, 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 szkielecie 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

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. 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

Zastosowanie odpowiedniego systemu odwodnienia jest szczególnie ważne, gdy podłożo 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. 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 trasy Metrobus 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 robot 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 i obiekt inżynierski należy zaliczyć do nich:

- wahania zwierciadła wody gruntowej – poziom wody gruntowej może podlegać okresowym i sezonowym wahaniom o amplitudzie szacowanej na 0.5- 1.0m
- agresywność wód gruntowych w stosunku do betonu

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

ρ_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 ekspresowej 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 wśród glinowych 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 robot 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 stateczności 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

Zakres czynności mających na celu monitoring konstrukcji na etapie budowy jak i eksploatacji powinien zostać określony przez Projektanta obiektu.

Projektowany system monitoringu komunikacyjnych obiektów liniowych polega na prowadzeniu systematycznych pomiarów i obserwacji, dokumentowaniu istotnych danych o zachowaniu podłoża i pracy konstrukcji jak i ocenie wyników w celu podejmowania właściwych decyzji w przypadku powstania deformacji nieciągłych zagrażających bezpieczeństwu użytkowania obiektu.

Znaki wysokościowe powinny być umieszczone na każdej z podpór obiektu mostowego w ilości nie mniej niż 4 sztuki oraz po obu stronach przęseł nad podporami i w środku rozpiętości przęseł

dłuższych niż 21m. Znaki wysokościowe powinny być powiązane ze stałym znakiem wysokościowym, wykonanym z trwałego materiału i posadowionym na gruncie rodzimym poniżej poziomu przemarzania, poza korpusem drogi w niewielkiej odległości od obiektu.

W odniesieniu do nowo projektowanych nasypów, lokalizację reperów powinien ustalić Projektant drogowy. Wstępnie zakłada się po 3 repery usytuowane w każdym wyznaczonym przekroju poprzecznym. Odległość między poszczególnymi przekrojami pomiarowymi powinna wynosić maks. 25 m. Podstawy reperów należy umieścić w podstawie nasypu, a w przypadku wykonywania w podstawie nasypu materaca - na jego powierzchni.

16 Wnioski

Projekt geotechniczny ma na celu dostarczenie niezbędnych informacji dla poprawnego zaprojektowania posadowienia planowanych konstrukcji. Sposób rozwiązań konstrukcyjnych, dobór materiałów, lokalizację elementów wzmocnienia oraz ścieżki obliczeń zostaną przedstawione w projekcie budowlanym oraz wykonawczym.