

Zleceniodawca: Zespół Badawczo-Projektowy
MOSTY-WROCŁAW s.c.
ul. Krakowska 19-23
50 – 424 Wrocław

**Opinia geotechniczna wraz z dokumentacją badań podłoża
gruntowego określająca warunki gruntowo-wodne podłoża
terenu dla zadania: „Kompleksowa przebudowa konstrukcji
technologicznego mostu wiszącego przez rzekę Odrę”**

Lokalizacja:

Miejscowość: Zimnice Małe, Kąty Opolskie
Gmina: Prószków, Tarnów Opolski
Powiat: opolski
Województwo: dolnośląskie

Wykonawca: GEOSKOP Sp. z o.o.
ul. Krakowska 29c
50 – 424 Wrocław

Opracował:

mgr Marcin Kościk
geolog inżynierski
upr. nr VII – 1262

mgr Karol Sagatowski
geolog,
upr. nr XIII-148 DOL

Prezes Zarządu:

mgr Piotr Borysewicz

Wrocław – grudzień 2023 r.

Spis treści

1. WSTĘP.....	3
1.1 PODSTAWY FORMALNE	3
1.2 CEL I ZAKRES	3
1.3 MATERIAŁY WYJŚCIOWE	4
2. OPIS ZASTOSOWANYCH METOD BADAWCZYCH	5
2.1 OTWORY BADAWCZE	5
2.2 SONDOWANIA GEOTECHNICZNE STATYCZNĄ CPTU/CPT	5
2.2.1 <i>KORELACJE STOSOWANE W SONDOWANIACH STATYCZNYCH Z ELEKTRYCZNYM STOŻKIEM POMIAROWYM.....</i>	6
2.3 OPRÓBOWANIE	8
2.4 BADANIA LABORATORYJNE	8
2.4.1 <i>BADANIE WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-MECHANICZNYCH GRUNTÓW</i>	8
2.4.2 <i>BADANIE PRÓBKI WODY PODZIEMNEJ NA AGRESYWNOSĆ W STOSUNKU DO KONSTRUKCJI BETONOWYCH I ŻELBETOWYCH</i>	9
2.5 PRACE GEODEZYJNE	9
2.6 WYDZIELENIE WARSTW GEOTECHNICZNYCH	9
3. WYNIKI PRAC TERENOWYCH I BADAŃ LABORATORYJNYCH.....	10
3.1 BUDOWA GEOLOGICZNA	10
3.2 WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE	10
3.2.1 <i>AGRESYWNOSĆ WODY PODZIEMNEJ.....</i>	11
3.3 WARUNKI GEOTECHNICZNE	11
3.3.1 <i>USTALENIE RODZAJU WARUNKÓW GRUNTOWYCH ORAZ KATEGORII GEOTECHNICZNEJ</i>	11
3.3.2 <i>CHARAKTERYSTYKA WYDZIELONYCH WARSTW GEOTECHNICZNYCH</i>	12
3.3.3 <i>WYSADZINOWOŚĆ GRUNTÓW</i>	13
3.3.4 <i>OCENA JAKOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO</i>	13
4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....	15

Spis załączników

1. Mapa lokalizacyjna w skali 1:50 000
2. Mapa dokumentacyjna w skali 1:1 000
3. Karty geotechnicznych otworów badawczych
4. Wyniki badań sondą statyczną CPTU/CPT
5. Przekrój geotechniczny 1-1' w skali 1 : 1000/75
6. Objasnienia do kart otworów i przekroju geotechnicznego
7. Wyniki badań laboratoryjnych
8. Tabela wyprowadzonych wartości parametrów geotechnicznych wydzielonych warstw
9. Tabela charakterystycznych wartości parametrów geotechnicznych wydzielonych warstw

1. Wstęp

1.1 Podstawy formalne

Podstawą do wykonania niniejszego opracowania jest zlecenie wystawione przez firmę **Zespół Badawczo-Projektowy MOSTY-WROCŁAW s.c.** z siedzibą przy ul. Krakowskiej 19-23 we Wrocławiu, firmie **GEOSKOP Sp. z o.o.** z siedzibą we Wrocławiu przy ul. Krakowskiej 29c.

Niniejsze opracowanie zostało wykonane na podstawie następujących przepisów:

- a) Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. *Prawo budowlane* (Dz. U. 2023, poz. 682 wraz z późniejszymi zmianami);
- b) Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w *sprawie ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych* (Dz. U. 2012, poz. 463).

1.2 Cel i zakres

Przeprowadzone prace i badania miały na celu rozpoznanie warunków gruntowo - wodnych podłoża terenu pod projektowaną inwestycję – kompleksowa przebudowa konstrukcji technologicznego mostu wiszącego przez rzekę Odrę. Zakres prac został określony przez Zleceniodawcę. W celu udokumentowania postawionego zadania wykonano:

1) prace terenowe:

- wytyczenie i niwelacja 2 geotechnicznych otworów badawczych,
- wykonanie 2 otworów badawczych do głębokości 11,0 ÷ 15,0 m ppt., o łącznym metrażu 26,0 mb,
- wykonanie 2 sondowań sondą statyczną CPTU/CPT do głębokości 10,4 ÷ 14,0 m ppt., o łącznym metrażu 24,4 mb,
- pobór 6 próbek gruntów do badań laboratoryjnych,
- pobór próbki wody podziemnej do badań laboratoryjnych,
- badania makroskopowe gruntów.

2) prace laboratoryjne:

- oznaczenie parametrów fizyko - mechanicznych gruntów,
- oznaczenie agresywności wody podziemnej w stosunku do konstrukcji betonowych i żelbetowych.

3) prace kameralne:

- mapa lokalizacyjna,
- mapa dokumentacyjna,
- przekrój geotechniczny,
- karty dokumentacyjne otworów geotechnicznych,
- karty dokumentacyjne sondowań CPTU/CPT,
- karty badań laboratoryjnych,
- tekst opracowania z wnioskami.

Niniejsza opinia opracowana została na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych, dlatego też została wykonana według Eurokodów 7 - *PN-EN 1997-1:2008* [5] i *PN-EN 1997-2:2009* [6]. Nazewnictwo gruntów przedstawione w niniejszym opracowaniu zostało również dostosowane do norm europejskich i określone na podstawie normy *PN-EN ISO 14688-2:2006* [7]. Nazewnictwo gruntów określone według starej normy *PN-B-02481:1998* [10], zostało umieszczone w nawiasach.

Parametry gruntów przedstawione w niniejszej opinii, oparte zostały na wykonanych w terenie geotechnicznych otworach badawczych, sondowaniach geotechnicznych CPTU/CPT oraz badaniach laboratoryjnych próbek gruntów. Zestawienie wyprowadzonych parametrów wydzielonych warstw geotechnicznych przedstawiono w tabeli – Zał. nr 8, a ich wartości charakterystyczne na Zał. nr 9.

1.3 Materiały wyjściowe

1. *Zarys geotechniki*. Z. Wiłun, Warszawa 1987 r.
2. *Wytyczne wydzielania warstw geotechnicznych*. GEOPROJEKT, Warszawa 1987 r.
3. *Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne*. (PN-B-02479:1998).
4. *PN-88/B-04481. Grunty budowlane – badania próbek gruntów*. Warszawa 1988 r.
5. *PN-EN 1997-1:2008. Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne*. Warszawa 2008 r.
6. *PN-EN 1997-2:2009. Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego*. Warszawa 2009 r.
7. *PN-EN ISO 14688-2:2006. Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania*. Warszawa 2006 r.
8. *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice* - T. Lunne, P. Robertson, J. Powell, London 1997 r.

9. PN-B-04452:2002. *Geotechnika. Badania polowe.*
10. PN-B-02481:1998. *Geotechnika – terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.* Warszawa 1998 r.
11. *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. Załącznik do zarządzenia Nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014 r.*
12. *Słownik hydrogeologiczny.* J. Dowigałło, T. Macioszczyk. PIG.
13. PN-B-06050:1999 - *Geotechnika - Roboty ziemne - Wymagania ogólne.* Warszawa 1999 r.

2. Opis zastosowanych metod badawczych

2.1 Otwory badawcze

Otwory badawcze zostały wykonane za pomocą mechanicznego urządzenia MWG-6. Były to wiercenia mechaniczno – obrotowe, na sucho, o średnicy ϕ 110 mm. W listopadzie 2023 r. wykonano łącznie 2 geotechniczne otwory badawcze do głębokości 11,0 ÷ 15,0 m ppt., o łącznym metrażu 26,0 mb.

W trakcie prowadzenia robót badawczych na bieżąco prowadzono opis geotechniczny gruntów i wykonywano ich makroskopowe badania. Po opróbowaniu otwory zostały zlikwidowane z zachowaniem kolejności przewiercanych warstw. W trakcie prowadzenia robót pobrano 6 próbek gruntów (Zał. nr 7) do badań laboratoryjnych.

Lokalizację otworów badawczych przedstawiono na mapie dokumentacyjnej (Zał. nr 2), a ich profile geotechniczne zamieszczono na Zał. nr 3. Na podstawie profilów otworów, sondowań geotechnicznych oraz badań laboratoryjnych wykreślono przekrój geotechniczny (Zał. nr 5), określono budowę geologiczną (p. 3.1), warunki hydrogeologiczne (p. 3.2) i geotechniczne (p. 3.3) podłoża terenu badań.

2.2 Sondowania geotechniczne statyczną CPTU/CPT

Dla oceny parametrów geotechnicznych gruntów *in situ* oraz weryfikacji profilu gruntowego, wykonano sondowania statyczne sondą TG 63-200 kN firmy PAGANI, z zastosowaniem stożka piezoelektrycznego z pomiarem ciśnienia porowego (CPTU).

W listopadzie 2023 r. wykonano 1 sondowanie statycznych CPTU (CPTU-2) do głębokości 10,4 m ppt oraz 1 sondowania statyczne CPT (CPT-1) do głębokości 14,0 m ppt.

Łączny metraż sondowań wynosi 24,4 mb. Pierwotnie sondowanie CPT-1 planowano wykonać stożkiem piezoelektrycznym z pomiarem ciśnienia porowego (CPTU). Ze względu jednak na występowanie w sondowaniu CPTU-2 rumoszu wapienia na głębokości 10,2 m ppt mogący uszkodzić stożek CPTU, zdecydowano się na zamianę stożka piezoelektrycznego na stożek mechaniczny CPT (Begemann).

Interpretacje profili gruntowych wykonano w oparciu o metodę Robertsona 1986 [8] i przedstawiono za pomocą programu „CPT-STAR” firmy *Soft-Projekt*. Na podstawie wyników sondowań, obliczono następujące parametry fizyko – mechaniczne gruntów:

- stopień zagęszczenia I_D ,
- stopień plastyczności I_L ,
- efektywny kąt tarcia wewnętrznego ϕ' ,
- spójność efektywną c' ,
- wytrzymałość gruntów na ścinanie w warunkach bez odpływu S_u ,
- moduł ściśliwości pierwotnej M_0 .

2.2.1 Korelacje stosowane w sondowaniach statycznych z elektrycznym stożkiem pomiarowym

Celem przeprowadzenia poprawnego monitoringu parametrów określonych badaniami typu CPTU, ustalono korelacje stosowane w Polsce zgodnie z normą PN-B-04452:2002 [9], jak również z normami używanymi w innych krajach oraz Eurokodem EN1997-2:2009 [6].

• Dane bezpośrednie

W badaniach CPTU otrzymujemy bezpośrednio:

q_c = opór stożka.

f_s = jednostkowy opór tarcia na poboczniczy.

u_1 i u_2 ciśnienie porowe rejestrowane przez układ czujników na stożku (dwa pierścienie porowe).

Opór netto (skorygowany) pod elektrycznym stożkiem pomiarowym oblicza się:

$$q_t = q_c + (1-a)u_2$$

gdzie “a” (często opisywane w sposób bardziej pełny jako a_c/a_n) i zwykle oscyluje między 0,5 i 0,8 zależnie od rodzaju zastosowanego stożka. W wykonanych badaniach, gdzie pomierzone ciśnienia porowe są nieznaczne wobec oporu na stożku, korekty te są niewielkie.

- **Stopień zagęszczenia (I_D)**

Został on określony według metody Jamiołkowskiego, jako rozwinięcie klasycznej formuły Baldi 1986 [8].

$$I_D = \frac{1}{2,9} \ln \frac{qt / pa}{20 * (\sigma'_{v0} / pa)^{0,555}} * 100$$

co całkowicie zgodne jest z polską normą PN-B-04452:2002 rys. A.3 [9].

- **Stopień plastyczności (I_L)**

Zastosowano korelacje opisane w normie polskiej PN-B-04452:2002 [9], gdzie:

$$I_L = 0,242 - 0,427 \log qc \quad (f_i > 30\%)$$

$$I_L = 0,518 - 0,653 \log qc \quad (f_i = 10-30\%)$$

$$I_L = 0,729 - 0,736 \log qc \quad (f_i < 10\%)$$

- **Kąt tarcia gruntów niespoistych**

Obliczanie odbywa się na podstawie nomogramu [8] wykorzystując wzór:

$$\phi' = f(B_q, N_m) \quad (\text{Senneset et al. 1989})$$

Współczynnik N_m zależy od rodzaju gruntu i głębokości.

$$Z > 5m \quad N_m = \frac{qt - \sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0} + I_D \%}$$

$$Z \leq 5m \quad N_m = \frac{qt - \sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0} + I_D \% + 10(5 - z)}$$

- **Kąt tarcia i spójność gruntów spoistych**

Za aktualnie obowiązującą przyjmuje się tabelę A.4 z PN-B-04452:2002 [9]. Zastosowano korelację Carcolé y Aguilar uzyskaną dla glin polskich i opublikowaną w magazynie "Ingenieria Civil" Centrum Badań i Doświadczeń dla Robót Publicznych przy hiszpańskim Ministerstwie Transportu i Infrastruktury (CEDEX).

$$\phi' = 18 * e^{0,032 * (qt - \sigma_v)}$$

$$c' \text{ (MPa)} = 0,00312 * (qt - \sigma_v)^2$$

Dla warunków bez drenażu wartość spójności efektywnej może być określana na podstawie historii konsolidacji gruntów (Mayne and Stewart 1988).

$$c' \text{ (MPa)} = 0,02 \sigma_p'$$

gdzie σ_p' – ciśnienie prekonsolidacji = $OCR * \sigma'_{v0}$ (Lunne i inni, 1997).

- **Wytrzymałość gruntu na ścinanie w warunkach bez odpływu**

W odniesieniu do gruntów drobnoziarnistych użyto definicji Campanella i in. 1982. Zastosowano wartość $N_k = 15$, zwykle stosowaną w Polsce (PN-B-04452:2002 rozdział A.2.2) [9].

$$S_u = \frac{q_t - u_2}{15}$$

- **Moduły edometryczne**

Dla gruntów gruboziarnistych (niespoistych) zastosowano wzór [6]:

$$E_{\text{oed}} = a \cdot q_t$$

gdzie a dla gruntów gruboziarnistych (niespoistych) = 5.

Dla prekonsolidowanych gruntów drobnoziarnistych (spoistych) stosuje się wzór zaproponowany przez Kulhavy, Mayne 1990 [8].

$$M_0 = 8.25(q_t - \sigma_{v0})$$

2.3 Opróbowanie

W trakcie wierceń pobrano, zgodnie z normą PN-EN 1997-2:2009 [6] 6 próbek gruntów kat. B (o naturalnej wilgotności NW) w celu określenia ich parametrów fizyko – mechanicznych. Pobrano również 1 próbkę wody podziemnej na badanie agresywności w stosunku do konstrukcji betonowych i żelbetowych (Zał. nr 7).

Próbki pobrane zostały w ilości umożliwiającej przeprowadzenie badań parametrów fizyko – mechanicznych.

2.4 Badania laboratoryjne

2.4.1 Badanie właściwości fizyko-mechanicznych gruntów

Badania laboratoryjne próbek gruntu pobranych z otworów badawczych przeprowadzone zostały w następującym zakresie (Zał. nr 7):

- próbki kat. B (NW)
 - skład granulometryczny (analiza areometryczna i analiza sitowa),
 - granice konsystencji,
 - gęstość właściwa,
 - gęstość objętościowa,
 - wilgotność naturalna.

Badania składu uziarnienia gruntów niespoistych zostały wykonane poprzez rozdzielanie poszczególnych frakcji za pomocą odsiewania ich na sitach, wg normy PN-59/B-04483. W przypadku gruntów spoistych wykonana była analiza areometryczna wg normy PN-88/B-04481 [4].

Parametry uzyskane na podstawie badań laboratoryjnych zostały zweryfikowane wykonanymi sondowaniami CPTU.

2.4.2 Badanie próbki wody podziemnej na agresywność w stosunku do konstrukcji betonowych i żelbetowych

Na próbce wody podziemnej pobranej z otworu O-1 przeprowadzona została analiza agresywności w stosunku do konstrukcji betonowych i żelbetowych w zakresie: pH, twardości węglanowej, CO₂, przewodności elektrolitycznej oraz zawartości chlorków, siarczanów, wodorowęglanów, wapnia, magnezu i amoniaku. Oznaczenia wykonane zostały zgodnie normą PN-EN 206+A1:2016-12 (Zał. nr 7).

2.5 Prace geodezyjne

Prace geodezyjne polegały na wyznaczeniu w terenie projektowanych otworów badawczych na podstawie mapy dostarczonej przez Zleceniodawcę (Zał. nr 2) oraz ich niwelacji technicznej w nawiązaniu repera roboczego.

2.6 Wydzielenie warstw geotechnicznych

Na podstawie wykonanych otworów badawczych, badań makroskopowych, sondowań geotechnicznych oraz badań laboratoryjnych wydzielono warstwy geotechniczne w gruntach rodzimych podłoża.

Wydzielenie warstw, jednorodnych pod względem cech fizycznych i mechanicznych, przeprowadzono zgodnie z „Wytocznymi ...” [2] oraz obowiązującymi normami. Parametry fizyko - mechaniczne poszczególnych warstw określono badaniami polowymi, laboratoryjnymi oraz na podstawie normy PN-EN 1997-2:2009 [6] i literatury [1].

W niniejszej opinii przedstawiono parametry wyprowadzone (Zał. nr 8) na podstawie różnych metod badawczych (sondowania CPTU/CPT, badań laboratoryjnych, badań makroskopowych). Parametry określone zostały na podstawie normy PN-EN 1997-2:2009 [6] i literatury [1] według parametrów wiodących takich jak I_D i I_L .

W tabeli – Zał. nr 9 określone zostały parametry charakterystyczne wydzielonych warstw geotechnicznych zgodnie z PN-EN 1997-2:2009 [6]. Na dalszych etapach

projektowania geotechnicznego określone zostaną parametry obliczeniowe zgodnie z PN-EN 1997-2:2009 [6].

3. Wyniki prac terenowych i badań laboratoryjnych

3.1 Budowa geologiczna

Na podstawie wierceń badawczych wykonanych dla potrzeb niniejszej opinii w listopadzie 2023 roku rozpoznano budowę geologiczną obszaru badań do głębokości 11,0 ÷ 15,0 m ppt. Budowa geologiczna została zilustrowana dołączonym przekrojem geotechnicznym (Załącznik nr 5). W budowie podłoża udział biorą rodzime czwartorzędowe grunty gruboziarniste (niespoiste) i drobnoziarniste (spoiste) oraz triasowy rumosz skalny. Przykryte są one od góry warstwą humusu (gleby).

Na badanym obszarze, bezpośrednio od powierzchni terenu, występuje warstwa humusu (gleby), również z domieszką piasku średniego i kamieni o miąższości 0,2 ÷ 0,3 m. Poniżej w otworze O-1 występuje warstwa gruntów gruboziarnistych (niespoistych) w postaci piasków średnich z domieszką żwirów o miąższości 0,5 m. W otworze O-2, poniżej warstwy humusu (gleby) i gruntów niespoistych na głębokości 0,2 ÷ 0,8 m ppt występuje warstwa gruntów drobnoziarnistych (spoistych) reprezentowanych przez piaski zailone (piaski gliniaste) z domieszką żwiru, gliny pylaste (gliny), również z domieszką żwiru oraz pyły ilaste (gliny pylaste). Miąższość warstwy tych gruntów wynosi 3,2 ÷ 4,8 m. Poniżej, na głębokości 4,0 ÷ 5,0 m ppt występuje warstwa gruntów gruboziarnistych (niespoistych) reprezentowana przez piaski średnie, piaski średnie z domieszką żwiru, piaski średnie przewarstwione pyłem ilastym (glina pylasta) oraz piaski grube (pospółki). W otworze O-1 ich spąg nie został przewiercony do głębokości 15,0 m ppt. Natomiast w otworze O-2 ich miąższość wynosi 4,9 m i podścielona jest na głębokości 10,2 m ppt warstwą triasowego rumoszu skalnego (wapienia), którego spąg nie został przewiercony do głębokości 11,0 m ppt.

3.2 Warunki hydrogeologiczne

Podczas prowadzonych prac w listopadzie 2023 r. na badanym obszarze stwierdzono występowanie pierwszego czwartorzędowego poziomu wodonośnego. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter napięty. Zostało nawiercone na głębokości 4,0 ÷ 5,0 m ppt (tj. na rzędnych 153,70 ÷ 155,78 m n.p.m.) i stabilizuje się na głębokości 2,2 ÷ 3,3 m ppt (tj. na

rzędnych 156,48 ÷ 156,50 m n.p.m.). Warstwę wodonośną stanowią piaski średnie i piaski grube (pospółki). Poziom wodonośny jest połączony hydraulicznie z korytem rzeki Odry. W związku z powyższym na terenie projektowanej inwestycji mogą wystąpić wahania poziomu zwierciadła wód podziemnych ściśle związane z wahaniami wody w rzece.

Dla występujących na terenie badań gruntów gruboziarnistych (niespoistych) reprezentowany przez piaski średnie i piaski grube (pospółki), określono wartości współczynnika filtracji. Wartości te zostały obliczone na podstawie analizy sitowej (Zał. nr 7) ze wzoru USBSC i wynoszą:

- $2,09 \cdot 10^{-4}$ m/s dla piasków średnich,
- $3,01 \cdot 10^{-4}$ m/s dla piasków grubych (pospółek).

Dla gruntów drobnoziarnistych (spoistych) wartości współczynnika filtracji została przyjęta na podstawie literatury [12] i wynosi:

- $1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-5}$ m/s dla piasków zailonych (piasków gliniastych),
- $1 \cdot 10^{-8} \div 1 \cdot 10^{-6}$ m/s dla glin pylastych (glin),
- $< 10^{-8}$ m/s dla pyłów ilastych (glin pylastych).

3.2.1 Agresywność wody podziemnej

Podczas prac terenowych została pobrana próbka wody podziemnej z otworu O-1. Woda została zbadana pod kątem agresywności w stosunku do konstrukcji betonowych i żelbetowych (Zał. nr 7).

Woda podziemna wykazuje brak agresywności kwasowej, brak agresywności ługującej, brak agresywności węglanowej (wg PN 80 – B 01800). Wg PN-EN 206+A1:2016-12 woda wykazuje środowisko chemiczne nieagresywne w stosunku do betonu.

3.3 Warunki geotechniczne

3.3.1 Ustalenie rodzaju warunków gruntowych oraz kategorii geotechnicznej

Po analizie warunków geotechnicznych stwierdzić należy, zgodnie z Rozporządzeniem w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych, że badany obszar charakteryzuje się **złożonymi warunkami gruntowymi**. Projektowaną inwestycję proponuje się zaliczyć do **II kategorii geotechnicznej**. Ostateczną decyzję o kategorii geotechnicznej podejmie projektant.

3.3.2 Charakterystyka wydzielonych warstw geotechnicznych

Zgodnie z przyjętą metodyką (p. 2.6), w podłożu wydzielono 7 warstw geotechnicznych:

- 3 w czwartorzędowych rodzimych gruntach gruboziarnistych (niespoistych) – **Ia, Ib, Ic,**
- 3 w czwartorzędowych, rodzimych gruntach drobnoziarnistych (spoistych) – **B1, B2, B3,**
- 1 w triasowych rodzimych gruntach kamienistych – **W.**

Wyprowadzone wartości parametrów fizyko - mechanicznych, wyznaczone na podstawie prac terenowych, badań laboratoryjnych, normy PN-EN 1997-2:2009 [6] i literatury [1] przedstawiono w tabeli – Zał. nr 8, a ich wartości charakterystyczne na Zał. nr 9. Poniżej scharakteryzowano wydzielone warstwy geotechniczne:

Warstwa Ia – piaski średnie, piaski średnie przewarstwione pyłem ilastym (gliną pylastą) w stanie luźnym ($I_D=0,27$). Grunty te zostały nawiercone w otworach O-1 i O-2 na głębokości 5,0 ÷ 6,0 m ppt. Miąższość wynosi 0,7 ÷ 2,0 m. Wyprowadzone wartości parametrów fizyko – mechanicznych przedstawiono w tabeli – Zał. nr 8, a ich wartości charakterystyczne na Zał. nr 9.

Warstwa Ib – piaski średnie, piaski średnie z domieszką żwiru, piaski grube (pospólki) w stanie średniozagęszczonym ($I_D=0,48$). Grunty te zostały nawiercone w otworach O-1 i O-2 na głębokości 0,3 ÷ 7,4 m ppt, a ich miąższość wynosi 0,5 ÷ 2,4 m. Wyprowadzone wartości parametrów fizyko – mechanicznych przedstawiono w tabeli – Zał. nr 8, a ich wartości charakterystyczne na Zał. nr 9.

Warstwa Ic – piaski średnie, piaski średnie z domieszką żwiru, piaski grube (pospólki) w stanie zagęszczonym ($I_D=0,69$). Grunty te zostały nawiercone w otworach O-1 i O-2 na głębokości 9,4 ÷ 9,8 m ppt. Miąższość w otworze O-2 wynosi 0,4 m, natomiast w otworze O-1 ich spąg nie został przewiercony do głębokości 15,0 m ppt. Wyprowadzone wartości parametrów fizyko – mechanicznych przedstawiono w tabeli – Zał. nr 8, a ich wartości charakterystyczne na Zał. nr 9.

Warstwa B1 – glina pylasta (gлина), glina pylasta (gлина) z domieszką żwiru w stanie zwartym ($I_L<0$). Grunty te zostały stwierdzone w otworach O-1 i O-2 na głębokości

0,8 ÷ 3,1 m ppt., a ich miąższość wynosi 0,9 ÷ 3,2 m. Wyprowadzone wartości parametrów fizyko–mechanicznych przedstawiono w tabeli – Zał. nr 8, a ich wartości charakterystyczne na Zał. nr 9.

Warstwa B2 – piasek zailony (piasek gliniasty) z domieszką żwiru, glina pylasta (glina) w stanie twardoplastycznym ($I_L=0,09$). Grunty te zostały stwierdzone w otworze O-2 na głębokości 0,2 ÷ 1,8 m ppt., ich miąższość wynosi 0,8 ÷ 1,3 m. Wyprowadzone wartości parametrów fizyko–mechanicznych przedstawiono w tabeli – Zał. nr 8, a ich wartości charakterystyczne na Zał. nr 9.

Warstwa B3 – pył ilasty (glina pylasta) w stanie plastycznym ($I_L=0,29$). Grunty te zostały stwierdzone w otworze O-2 na głębokości 1,0 ÷ 5,7 m ppt., a ich miąższość wynosi 0,3 ÷ 1,0 m. Wyprowadzone wartości parametrów fizyko–mechanicznych przedstawiono w tabeli – Zał. nr 8, a ich wartości charakterystyczne na Zał. nr 9.

Warstwa W – rumosz wapienia w stanie zagęszczonym. Grunty te zostały nawiercone w otworze O-2 na głębokości 10,2 m ppt. Ich spąg nie został przewiercony do głębokości 11,0 m ppt. Wyprowadzone wartości parametrów fizyko – mechanicznych przedstawiono w tabeli – Zał. nr 8, a ich wartości charakterystyczne na Zał. nr 9.

3.3.3 Wysadzinowość gruntów

Na podstawie *Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych* [11], określono wysadzinowość gruntów. Stwierdzono, że na badanym terenie do głębokości przemarzania występują grunty:

- **niewysadzinowe** – piaski średnie należące do warstwy **Ib**,
- **bardzo wysadzinowe** – gliny pylaste (gliny) – warstwa **B1**; piaski zailone (piaski gliniaste) – warstwa **B2**; pyły ilaste (gliny pylaste) – warstwa **B3**.

3.3.4 Ocena jakości podłoża gruntowego

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że podłoże budowlane charakteryzuje się występowaniem gruntów zróżnicowanych pod względem genetycznym i litologicznym. Stanowią je:

- czwartorzędowe grunty rodzime drobnoziarniste (spoiste) reprezentowane przez piaski zailone (piaski gliniaste) z domieszką żwirów, gliny pylaste (gliny), gliny pylaste (gliny) z domieszką żwirów, pyły ilaste (gliny pylaste),

- czwartorzędowe grunty gruboziarniste (niespoiste) reprezentowane przez piaski średnie, piaski średnie z domieszką żwirów, piaski średnie przewarstwione pyłem ilastym (gliną pylastą), piaski grube (pospółki),
- triasowe grunty bardzo gruboziarniste (kamieniste) w postaci rumosza wapienia.
Grunty te od góry przykryte warstwą humusu (gleby).

Klasyfikację gruntów i ich przydatność do budowy, podano na podstawie uziarnienia i cech fizyko – mechanicznych [1]:

- **Warstwa Ia – grunty gruboziarniste (niespoiste)** w stanie luźnym reprezentowane przez piaski średnie, piaski średnie przewarstwione pyłem ilastym (gliną pylastą). Grunty te należy traktować jako **średnio-nośne i średnio-ściśliwe**.
- **Warstwa Ib – grunty gruboziarniste (niespoiste)** w stanie średniozagęszczonym reprezentowane przez piaski średnie, piaski średnie z domieszką żwiru, piaski grube (pospółki). Grunty te należy traktować jako **nośne i mało-ściśliwe**.
- **Warstwa Ic – grunty gruboziarniste (niespoiste)** w stanie zagęszczonym reprezentowane przez piaski średnie, piaski średnie z domieszką żwiru, piaski grube (pospółki). Grunty te należy traktować jako **nośne i mało-ściśliwe**.
- **Warstwa B1 – grunty drobnoziarniste (spoiste)** w stanie zwartym reprezentowane przez gliny pylaste (gliny), gliny pylaste (gliny) z domieszką żwiru. Grunty te należy traktować jako **nośne i mało-ściśliwe**.
- **Warstwa B2 – grunty drobnoziarniste (spoiste)** w stanie twardoplastycznym reprezentowane przez piaski zailone (piaski gliniaste) z domieszką żwiru, gliny pylaste (gliny). Grunty te należy traktować jako **nośne i mało-ściśliwe**.
- **Warstwa B3 – grunty drobnoziarniste (spoiste)** w stanie plastycznym reprezentowane przez pyły ilaste (gliny pylaste). Grunty te należy traktować jako **śląbonośne i ściśliwe**.
- **Warstwa W – grunty bardzo gruboziarniste (kamieniste)** w stanie zagęszczonym reprezentowane przez rumosze wapienia. Grunty te należy traktować jako **nienośne i ściśliwe**.

Do bezpośredniego i pośredniego posadowienia projektowanego obiektu nadają się czwartorzędowe grunty rodzime gruboziarniste (niespoiste) należące do warstw **Ia, Ib i Ic**, czwartorzędowe grunty rodzime drobnoziarniste (spoiste) należące do warstw **B1, B2** oraz triasowe grunty bardzo gruboziarniste (kamieniste) warstwy **W**. Traktować należy je jako

nośne i małościśliwe oraz **średnionośne i średniościśliwe** (warstwa Ia). Należy jednak zwrócić uwagę na możliwość większych osiadań na obszarze zalegania średniościśliwych i średnionośnych gruntów warstwy **Ia**.

Do bezpośredniego i pośredniego posadowienia nie nadają się natomiast czwartorzędowe grunty rodzime drobnoziarniste (spoiste) należące do warstw **B3** znajdujące się na prawym brzegu rzeki Odry (otwór O-2). Traktować należy je jako **słabonośne i ściśliwe**.

Prowadzenie prac budowlanych w gruntach spoistych należących do **warstw B1, B2 i B3** wiąże się z ich zabezpieczeniem przed kontaktem z wodą, która może doprowadzić do uplastycznienia, a nawet upłynnienia budujących je gruntów, a tym samym pogorszenia ich parametrów geotechnicznych.

4. Podsumowanie i wnioski

1. *Opinia geotechniczna wraz z dokumentacją badań podłoża gruntowego określająca warunki gruntowo – wodnych podłoża terenu dla zadania: „Kompleksowa przebudowa konstrukcji technologicznego mostu wiszącego przez rzekę Odrę” została wykonana na podstawie zlecenia wystawionego przez firmę Zespół Badawczo-Projektowy MOSTY-WROCŁAW s.c. z siedzibą przy ul. Krakowskiej 19-23 we Wrocławiu, firmie GEOSKOP Sp. z o.o. z siedzibą we Wrocławiu przy ul. Krakowskiej 29c.*
2. Przeprowadzone prace i badania miały na celu rozpoznanie warunków gruntowo - wodnych podłoża terenu pod projektowaną inwestycję – kompleksowa przebudowa konstrukcji technologicznego mostu wiszącego przez rzekę Odrę. Zakres prac został określony przez Zleceniodawcę.
3. Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych badany obszar charakteryzuje się złożonymi warunkami gruntowymi. Projektowaną inwestycję proponuje się zaliczyć do II kategorii geotechnicznej. Ostateczną decyzję o kategorii geotechnicznej podejmie projektant.
4. Podłoże terenu charakteryzuje się występowaniem gruntów zróżnicowanych pod względem genetycznym i litologicznym. Stanowią je czwartorzędowe grunty rodzime

gruboziarniste (niespoiste) i drobnoziarniste (spoiste) oraz triasowe grunty bardzo gruboziarniste (kamieniste). Grunty te przykryte są od góry warstwą humusu (gleby).

5. Podczas prowadzonych prac w listopadzie 2023 r, na badanym obszarze stwierdzono występowanie pierwszego czwartorzędowego poziomu wodonośnego. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter napięty. Zostało nawiercone na głębokości $4,0 \div 5,0$ m ppt (tj. na rzędnych $153,70 \div 155,78$ m n.p.m.) i stabilizuje się na głębokości $2,2 \div 3,3$ m ppt (tj. na rzędnych $156,48 \div 156,50$ m n.p.m.). Warstwę wodonośną stanowią piaski średnie i piaski grube (pospółki). Poziom wodonośny jest połączony hydraulicznie z korytem rzeki Odry. W związku z powyższym na terenie projektowanej inwestycji mogą wystąpić wahania poziomu zwierciadła wód podziemnych ściśle związane z wahaniami wody w rzece.
6. W podłożu wydzielono 7 warstw geotechnicznych: 2 w czwartorzędowych rodzimych gruntach gruboziarnistych (niespoistych) – Ia, Ib i Ic, 3 w czwartorzędowych rodzimych gruntach drobnoziarnistych (spoistych) – B1, B2, B3 oraz 1 w triasowych gruntach bardzo gruboziarnistych (kamienistych) – W.
7. Do bezpośredniego i pośredniego posadowienia projektowanego obiektu nadają się czwartorzędowe grunty rodzime gruboziarniste (niespoiste) należące do warstw Ia, Ib i Ic, czwartorzędowe grunty rodzime drobnoziarniste (spoiste) należące do warstw B1, B2 oraz triasowe grunty bardzo gruboziarniste (kamieniste) warstwy W. Traktować należy je jako nośne i małościśliwe oraz średnio-nośne i średniościśliwe (warstwa Ia). Należy jednak zwrócić uwagę na możliwość większych osiadań na obszarze zalegania średniościśliwych i średnio-nośnych gruntów warstwy Ia.
8. Do bezpośredniego i pośredniego posadowienia nie nadają się natomiast czwartorzędowe grunty rodzime drobnoziarniste (spoiste) należące do warstw B3 znajdujące się na prawym brzegu rzeki Odry (otwór O-2). Traktować należy je jako słabonośne i ściśliwe.
9. Prowadzenie prac budowlanych w gruntach spoistych należących do warstw B1, B2 i B3 wiąże się z ich zabezpieczeniem przed kontaktem z wodą, która może doprowadzić do uplastycznienia, a nawet upłynnienia budujących je gruntów, a tym samym pogorszenia ich parametrów geotechnicznych.