

Temat opracowania:

OPINIA GEOTECHNICZNA

z dokumentacją badań podłoża gruntowego

Projekt sieci wodociągowej i kanalizacyjnej
w ulicy Kosynierów w Sierpcu

AUTOR OPRACOWANIA:

mgr inż. Tomasz Michałek
Uprawnienia geologiczne nr: **VII-1582**

.....

Inwestor:

**Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej
„EMPEGEK” Sp. z o.o. w Sierpcu**

ul. Konstytucji 3-go Maja 48, 09-200 Sierpc

Zamawiający:

JRP INSTALACJE Waldemar Lis

ul. Mickiewicza 53, 09-200 Sierpc

Wykonawca:

GEOsolutions Tomasz Michałek

ul. Ku Wiatrakom 7/89, 85-856 Bydgoszcz

SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI	26
SPIS ZAŁĄCZNIKÓW	27
CZĘŚĆ OPISOWA	28
1. WSTĘP	28
2. WYKONANE PRACE GEOTECHNICZNE	29
2.1. Prace terenowe	29
2.1.1. Wiercenia geotechniczne.....	29
2.1.2. Opróbowanie wyrobisk.....	29
2.2. Prace laboratoryjne.....	29
2.3. Prace geodezyjne	30
2.4. Prace kameralne.....	30
3. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ	30
3.1. Lokalizacja i położenie terenu badań	30
3.2. Fizjografia, morfologia	30
3.3. Budowa geologiczna	31
3.4. Zjawiska geodynamiczne.....	31
3.5. Charakterystyka pierwszego nieużytkowego poziomu wód podziemnych.....	31
3.5.1. Obserwacje występowania pierwszego poziomu wody podziemnej.....	31
3.5.2. Warunki filtracji.....	31
4. MODEL GEOTECHNICZNY PODŁOŻA GRUNTOWEGO	32
4.1. Charakterystyka wydzielonych warstw geotechnicznych i ich własności	32
4.2. Ocena przydatności gruntów z wykopów do wbudowania.....	33
5. GEOTECHNICZNE WARUNKI POSADOWIENIA	34
5.1. Parametry geotechniczne podłoża i obliczenia statyczne.....	34
5.1.1. Właściwości wg PN-81/B-03020 oraz PN-83/B-02482.....	34
5.1.2. Parametry wg PN-EN 1997-1:2008 (Eurokod 7)	34
5.1.3. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa do obliczeń	35
5.1.4. Zalecenia dotyczące obliczeń statycznych	35
5.1.5. Obliczenia nośności i osiadania podłoża gruntowego oraz ogólnej stateczności	35
6. OCENA PRZYDATNOŚCI BADANEGO TERENU DO REALIZACJI INWESTYCJI	35
7. ZALECENIA REALIZACYJNE	36
7.1. Odbiory podłoża pod projektowane obiekty.....	36
7.2. Dobór materiału do wykonania podsypki i zasypki oraz technologia zagęszczania	36
7.3. Kontrola zagęszczenia podłoża.....	37
8. PODSUMOWANIE, WNIOSKI I ZALECENIA	38
8.1. Podsumowanie wyników prowadzonych badań geotechnicznych	38
8.2. Wnioski z przeprowadzonych badań geotechnicznych, dotyczące posadowienia	38
8.3. Zalecenia projektowe	38
9. MATERIAŁY WYKORZYSTANE W DOKUMENTACJI.....	39

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

1. Mapa topograficzna Polski. Skala 1:10 000.
2. Mapa sytuacyjno-wysokościowa. Skala 1:1 500.
3. objaśnienia znaków i symboli.
4. Poglądowy przekrój geotechniczny.
5. Karty otworów wiertniczych.

CZĘŚĆ OPISOWA

1. WSTĘP

Opracowanie wykonano na podstawie zlecenia FTH SANBUD Marek Gorzelany (ul. Instalatorów 3, 09-200 Sierpc). Inwestorem zadania jest Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej „EMPEGEK” Sp. z o.o. w Sierpcu (ul. Konstytucji 3-go Maja 48, 09-200 Sierpc).

Przedmiotem opracowania jest opinia geotechniczna z dokumentacją badań podłoża gruntowego dla potrzeb ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektu budowlanego dla zadania: „Opracowanie dokumentacji projektowej dla sieci wodociągowej i kanalizacyjnej w ulicy Kosynierów w Sierpcu”.

Charakterystyka inwestycji:

Projekt sieci wodociągowej z rur tworzywowych wraz z przyłączami PE 160 – w ciągu ulicy Kosynierów, długości około 685 m. Projekt sieci kanalizacyjnej PCV 200, 160 – długości około 250,0 m.

W opracowaniu zawarto wyniki badań przeprowadzonych dla tego zadania.

Celem badań geotechnicznych jest rozpoznanie budowy geologicznej podłoża budowlanego i występujących w tym podłożu warunków hydrologicznych, cech fizycznych i mechanicznych gruntów oraz innych własności gruntów, które mogą mieć wpływ na warunki wykonania zamierzonej inwestycji.

W szczególności celem było:

- rozpoznanie przestrzennego układu warstw geotechnicznych podłoża budowlanego,
- określenie głębokości występowania wody gruntowej,
- wydzielenie warstw geotechnicznych,
- określenie wiodących parametrów fizyczno-wytrzymałościowych wydzielonych warstw,
- określenie kategorii gruntu budowlanego,
- wskazanie kategorii geotechnicznej w zależności od stopnia skomplikowania warunków gruntowych oraz konstrukcji obiektu budowlanego,
- ustalenie przydatności gruntów na potrzeby budownictwa.

Dokumentacja swoim zakresem obejmuje przedstawienie:

- metodyki, zakresu i wyników wykonanych badań terenowych, laboratoryjnych oraz prac kameralnych,
- zarysu fizjografii, geomorfologii i hydrografii,
- warunków geologicznych i hydrogeologicznych,
- charakterystyki geotechnicznej podłoża gruntowego,
- warunków gruntowo-wodnych podłoża,
- zaleceń i wniosków końcowych.

Ustalenie kategorii gruntów w podłożu projektowanej inwestycji dokonano według KNR 2-01 01 Budowle i Roboty Ziemne.

W niniejszej dokumentacji zastosowano podwójną klasyfikację gruntów zgodną z PN-EN ISO 14688-1/2 w myśl wprowadzonego Eurokod-7 [16,17] oraz starą opartą o polskie normy w tym [10]. Podwójne nazewnictwo ma, w okresie przejściowym, zwiększyć czytelność opracowania dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego. Konieczność stosowania norm opartych o Eurokod-7 wynika z Rozporządzenia [1].

Orientacyjną lokalizację omawianego terenu badań przedstawiono w załączniku nr 1.

Zgodnie z § 4.4 rozporządzenia [1], ustalenie kategorii geotechnicznej dla całej projektowanej inwestycji lub jej części leży w kompetencji projektanta. Kategorię zagrożenia

bezpieczeństwa inwestycji, wynikającą ze stopnia skomplikowania konstrukcji, jej posadowienia, oddziaływań oraz warunków geotechnicznych (kategorię geotechniczną) określono generalnie według [1,16] jako I.

W dalszych etapach projektowania a nawet budowy, w przypadku stwierdzenia zagrożeń, konieczności zastosowania alternatywnych metod i rozwiązań nieprzewidzianych w normach, nadzwyczajnego ryzyka itp. - wymagających podjęcia osobnych badań lub podjęcia specjalnych zabiegów związanych z posadowieniem obiektów, przyjętą kategorię geotechniczną, zgodnie z rozporządzeniem [1] należy zmienić.

Szczegółową lokalizację badań przedstawiono w załączniku nr 2.

Podstawą do opracowania dokumentacji były wyniki wizji lokalnej i wyniki prac polowych przeprowadzonych w drugiej połowie kwietnia 2019 roku.

Jako podkład geodezyjny wykorzystano plan sytuacyjno-wysokościowy terenu dostarczony przez Zleceniodawcę.

Niniejsze opracowanie wykonano w pięciu egzemplarzach: cztery z przeznaczeniem dla Zleceniodawcy, jedno do celów archiwalnych.

2. WYKONANE PRACE GEOTECHNICZNE

W ramach prac geotechnicznych wykonano prace terenowe (wiercenia, pobranie próbek oraz prace geodezyjne), badania laboratoryjne (próbek gruntów) oraz prace kameralne.

2.1. Prace terenowe

Prace terenowe obejmowały wizję terenu badań, wykonanie otworów wiertniczych, przeprowadzenie terenowych badań geotechnicznych w otworach badawczych w całym profilu otworów wiertniczych oraz pobieranie próbek gruntu do dalszych badań laboratoryjnych.

Prace terenowe przeprowadzono pod stałym nadzorem autora opracowania.

2.1.1. Wiercenia geotechniczne

Z poziomu istniejącego terenu wykonano 14 otworów wiertniczych o głębokości od 2,0 m do 5,0 m, o łącznym metrażu 38,0 m. Wiercenia prowadzono zgodnie z wymaganiami normy [14].

Ilość wykonanych wierceń i ich głębokość była zgodna z uzgodnieniami dokonanymi ze Zleceniodawcą.

Wyniki wierceń przedstawiono na pogładowym przekroju geotechnicznym stanowiącym załącznik nr 4 oraz w kartach otworów wiertniczych w załącznikach nr 5.

2.1.2. Opróbowanie wyrobisk

Podczas wykonywania otworów wiertniczych pobrano łącznie 43 próbki. Próbki gruntów pobierano z każdej makroskopowo różnej warstwy i nie rzadziej niż, co około 1 m. Próbki gruntów przewieziono do laboratorium i ponownie poddano kontrolnym badaniom makroskopowym. W trakcie badań makroskopowych określano dla wszystkich gruntów ich rodzaj, barwę oraz wilgotność a dla gruntów spoistych dodatkowo ich stan. Miejsca pobrania próbek przedstawiono w kartach otworów wiertniczych, załączniki nr 5.

2.2. Prace laboratoryjne

Pobrane w terenie próbki gruntów rodzimych poddano w laboratorium kontrolnym badaniom makroskopowym. W trakcie badań makroskopowych oznaczono rodzaj gruntów, barwę oraz wilgotność a dla gruntów spoistych dodatkowo ich stan.

Badania laboratoryjne obejmowały wykonanie: badania makroskopowe – 43 szt.,

Laboratoryjne rozpoznanie makroskopowe zostało uwzględnione przy sporządzaniu kart otworów, przedstawionych w załącznikach nr 5.

2.3. Prace geodezyjne

Lokalizację wyrobisk wyznaczono na podstawie domiarów prostokątnych w dowiązaniu do istniejącej sytuacji (istniejąca zabudowa, granice działek) w oparciu o plan sytuacyjno-wysokościowy dostarczony przez Zleceniodawcę.

Rzędne wysokościowe wyrobisk badawczych przyjęto przez interpolację wartości wysokościowych z planu sytuacyjno-wysokościowego dostarczonego przez Zleceniodawcę.

2.4. Prace kameralne

Wykonane prace kameralne swoim zakresem obejmowały prace:

- analizę i ocenę wyników badań polowych,
- opracowanie załącznika graficznego formie pogładowego przekroju geotechnicznego,
- opracowanie mapy sytuacyjno-wysokościowej z lokalizacją wykonanych wierceń,
- ustalenie wiodących parametrów geotechnicznych gruntów na podstawie przeprowadzonych badań,
- opracowanie części tekstowej dokumentacji razem z wnioskami oraz zaleceniami.

3. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

3.1. Lokalizacja i położenie terenu badań

Projektowana inwestycja położona jest w województwie mazowieckim, w powiecie sierpeckim, na terenie miasta Sierpc wzdłuż ulicy Kosynierów, działki nr 483/12, 475/4, 474/4, 473/4, 473/7, 472/3, 471/9 oraz 469/2 obręb 0001 Sierpc.

Projektowana inwestycja nie leży na obszarach chronionych w tym Natura 2000.

Projektowana inwestycja nie leży na obszarach i terenach górniczych.

Lokalizację terenu badań przedstawiono w załączniku nr 1.

3.2. Fizjografia, morfologia

Pod względem fizjograficznym (fizycznogeograficznym) dokumentowany teren położony jest w obrębie podprovincji Niziny Środkowopolskiej. Szczegółowo obszar inwestycji znajduje się w mezoregionie: Wysoczyzna Płońska, będąca częścią makroregionu: Niziny Północnomazowieckiej.

Wysoczyzna Płońska (318.61) znajduje się na północ od Kotliny Warszawskiej i przedstawia równinę morenową urozmaiconą łańcuchem wzgórz morenowych i kemowych, ciągnących się równolegle do Wisły poniżej ujścia Narwi. Od północy i wschodu przylega do Równiny Raciąskiej i doliny Wkry, od zachodu granicę stanowi najdalszy zasięg form terenu związanych z fazą leszczyńską zlodowacenia wiślańskiego na wschód od Płocka. Wysokości nad poziomem morza przekraczają 100 m, przy czym najwyższe wzniesienie osiąga 163 m. Region ma powierzchnię około 1780 km². Jest to kraina rolnicza z małym udziałem lasów, o glebach płowych i brunatnoziemnych na glinie morenowej i piaskach naglinowych. W południowej części utworzono rezerwat „Noskowo” (75,8 ha) z fragmentem naturalnego lasu liściastego. Głównym ośrodkiem miejskim jest Płońsk, położony przy linii kolejowej z Nasielska przez Sierpc do Torunia, wybudowanej w latach 1924-1937. Sierpc leży w północno-zachodniej części regionu i jest miastem od pierwszej ćwierci XIV w., ale zabytki sakralne pochodzą z

XVI-XVIII w. W mieście jest browar, wytwórnia pasz i zakłady młynarskie. Sierpc jest także lokalnym węzłem kolejowym z połączeniem do Płocka i Brodnicy. Miasta położone na 30-40 m skarpie nad drogą wodną Wisły straciły swe dawniejsze znaczenie. Są to: Zakroczym z drobnym przemysłem spożywczym i skórzanym, Czerwińsk, który był miastem w latach 1373-1869 i zachował zabytkowy kościół wraz z opactwem kanoników regularnych (XII w.), Wyszogród, położony na przeprawie przez Wisłę (długi drewniany most), mający również kilka zabytków sakralnych (XV-XVIII w.). Na południo-wschodzie, nad ujściem Narwi do Wisły wznoszą się mury wybudowanej w XIX w. fortecy Modlin.

Pod względem hydrograficznym, teren badań leży w dorzeczu rzeki Wisły, w obszarze zlewni „Sierpica od dopł. spod Zbojna do ujścia” (275649).

3.3. Budowa geologiczna

Na podstawie wykonanych prac, literatury geologicznej oraz map geologicznych stwierdzono, że podłoże gruntowe w przypowierzchniowej warstwie oddziaływania budowli zbudowane jest z utworów czwartorzędowych holoceniskich oraz plejstoceniskich.

Holocen reprezentowany jest przez utwory współczesne występujące w postaci nasypów niekontrolowanych i nasypów budowlanych.

Plejstocen reprezentowany jest przez piaski ze żwirami wodnolodowcowe ($^{fg}_{pzi}Q^{B3}_{p4}$) oraz przez gliny zwałowe ($^{g}_{gw}Q^{B3}_{p4}$).

3.4. Zjawiska geodynamiczne

Podczas wykonywania prac terenowych nie stwierdzono występowania zjawisk geodynamicznych.

3.5. Charakterystyka pierwszego nieużytkowego poziomu wód podziemnych

Na podstawie literatury geologicznej oraz map geologicznych stwierdzono że na terenie projektowanej inwestycji płycej występuje nieużytkowy poziom wód podziemnych. Wynika z niego, że pierwszy poziom wody podziemnej może występować na głębokościach od 2 m ppt do 5 m ppt, ze zmianami głębokości w ciągu roku do 1 m.

3.5.1. Obserwacje występowania pierwszego poziomu wody podziemnej

W trakcie wykonywania prac geotechnicznych do głębokości wykonanego odwiertu, nie stwierdzono występowania zwierciadła wody podziemnej.

Woda okresowo (po opadach atmosferycznych lub roztopach zimowych) może okresowo gromadzić się na stropie utworów spoiwych w obrębie lokalnie występujących przypowierzchniowo gruntów niespoistych.

Poziom wód podziemnych, po intensywnych i długotrwałych opadach atmosferycznych, roztopach wiosennych lub długotrwałych okresach podwyższonych temperatur może się zmieniać. Ostatnie lata, powszechnie uważane są za lata, gdzie występuje generalnie obniżony poziom wód gruntowych.

W rejonie wykonanych otworów nie prowadzono wieloletnich obserwacji poziomu wód gruntowych, dlatego też dokładna prognoza ich zmian w czasie nie jest możliwa.

3.5.2. Warunki filtracji

Podłoże gruntowe wykazuje bardzo zmienne warunki filtracji.

Występujące w podłożu nasypy są gruntami o bardzo zróżnicowanych własnościach filtracyjnych wynikających z ich zróżnicowanego składu mechanicznego. Nasypy zbudowane

przeważnie z gruntów niespoistych wykazują własności filtracyjne zbliżone do gruntów sypkich je budujących.

Grunty organiczne wykazują bardzo zmienne wartości współczynnika filtracji zawierające się w przedziale od 0,001 m/d do 40 m/d. Przepuszczalność podłoża organicznego uzależniona jest od rodzaju i frakcjonowania części mineralnych. W miarę wzrostu stopnia rozkładu oraz dużej zawartości frakcji ilastych oraz pylastych, współczynniki filtracji gruntów organicznych maleją, osiągając przy bardzo wysokim stopniu rozłożenia wartości skrajnie niskie.

Przepuszczalność gruntów niespoistych uzależniona jest od ich uziarnienia. Dla piasków drobnych od 2 m/d do 8 m/d.

Przepuszczalność gruntów spoistych jest zależna od zawartości i uziarnienia frakcji piaszczystej. Orientacyjne wartości współczynnika wodoprzepuszczalności dla piasków gliniastych wynoszą od 0,009 m/d do 2 m/d a dla glin piaszczystych od 0,005 m/d do 0,34 m/d.

4. MODEL GEOTECHNICZNY PODŁOŻA GRUNTOWEGO

4.1. Charakterystyka wydzielonych warstw geotechnicznych i ich własności

W celu dokładniejszej charakterystyki występujących warunków, w podłożu gruntowym dokonano wydzielenia warstw geotechnicznych. Podstawowym kryterium podziału na warstwy, była budowa geologiczna.

Cechy wiodące dla wydzielonych warstw geotechnicznych wyznaczono na podstawie analizy makroskopowej próbek gruntu oraz wyników badań laboratoryjnych.

Za cechę przewodnią dla gruntów spoistych przyjęto stopień plastyczności I_L (na podstawie badań makroskopowych), dla gruntów niespoistych przyjęto stopień zagęszczenia I_D (na podstawie oporu podczas wiercenia).

W oznaczeniach gruntów zastosowano podwójną klasyfikację tj. obowiązującą zgodnie z PN-EN ISO 14688-1/2 oraz starą zgodnie z [10].

Grunty podłoża budowlanego ujęto w następujące pięć warstw geotechnicznych:

Warstwę I – stanowią przypowierzchniowo występujące współczesne nasypy obejmującą nasypy niekontrolowane, w których składzie zaobserwowano piaski gliniaste, piaski drobne, humus, kamienie, lokalnie gruz. W przypadku gry zbudowane są z dominującym udziałem utworów piaszczystych (piasków), nasypy tej podwarstwy występują w stanie średnio-zagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia $I_D=0,50$ ($\gamma_m=1\pm0,20$). W przypadku gdy zbudowane są z dominującym udziałem utworów spoistych (piaski gliniaste) występują w stanie twardoplastycznym (lokalnie półzwartym) o średniej wartości stopnia plastyczności $I_L=0,15$ ($\gamma_m=1\pm0,20$). Grunty tej podwarstwy zaliczane są do kat. II, wg KNR 2-01 01 Budowle i Roboty Ziemne.

Warstwę II – stanowią występujące holocenijskie utwory organiczne obejmujące humus. Występuje przypowierzchniowo, miąższością do około 0,3 m. Grunty te zaliczane są do kat. II (wg KNR 2-01 01 Budowle i Roboty Ziemne).

Warstwę III – stanowią lodowcowe piaski, zdeponowane w postaci piasków drobnych. Piaski drobne lokalnie występują z domieszką piasków gliniastych. Dla całej warstwy geotechnicznej III przyjęto uogólniony stopień zagęszczenia $I_D=0,40$ ($\gamma_m=1\pm0,20$). Grunty warstwy II są gruntami niewysadzinowymi. Grunty te zaliczane są do kat. II (wg KNR 2-01 01 Budowle i Roboty Ziemne).

Warstwę IV – stanowią spoiste utwory plejstoceny występujące w postaci glin piaszczystych i piasków gliniastych. Dla utworów tych przyjęto grupę konsolidacji geologicznej B, według normy [7]. Ze względu na zróżnicowane wartości stopnia plastyczności w obrębie IV warstwy gruntów wyodrębniono trzy podwarstwy:

- **podwarstwę IV_a** – obejmują piaski gliniaste. Grunty podwarstwy IV_a charakteryzują się konsystencją plastyczną i występują w stanie plastycznym o średniej wartości stopnia plastyczności $I_L=0,30$ ($\gamma_m=1\pm0,10$), grunty tej podwarstwy zaliczane są do kat. II (wg KNR 2-01 01 Budowle i Roboty Ziemne),
- **podwarstwę IV_b** – obejmują piaski gliniaste i gliny piaszczyste występujące z domieszką kamieni. Grunty podwarstwy IV_b charakteryzują się konsystencją plastyczną i występują w stanie twardoplastycznym o średniej wartości stopnia plastyczności $I_L=0,20$ ($\gamma_m=1\pm0,10$), grunty tej podwarstwy zaliczane są do kat. II (piaski gliniaste) i kat. III (gliny piaszczyste, wg KNR 2-01 01 Budowle i Roboty Ziemne),
- **podwarstwę IV_c** – obejmują piaski gliniaste i gliny piaszczyste występujące z domieszką kamieni. Grunty podwarstwy IV_c charakteryzują się konsystencją plastyczną i występują w stanie twardoplastycznym (lokalnie półzwałym) o średniej wartości stopnia plastyczności $I_L=0,10$ ($\gamma_m=1\pm0,10$), grunty tej podwarstwy zaliczane są do kat. II (piaski gliniaste) i kat. III (gliny piaszczyste, wg KNR 2-01 01 Budowle i Roboty Ziemne).

Warstwę V – stanowią lodowcowe piaski, zdeponowane w postaci piasków drobnych. Dla całej warstwy geotechnicznej V przyjęto uogólniony stopień zagęszczenia $I_D=0,55$ ($\gamma_m=1\pm0,20$). Grunty warstwy V są gruntami niewysadzinowymi. Grunty te zaliczane są do kat. II (wg KNR 2-01 01 Budowle i Roboty Ziemne).

Na podstawie otrzymanych wyników rozpoznania geotechnicznego oraz uwzględniając charakterystykę inwestycji, proponuje się I kategorię geotechniczną (w prostych warunkach wodno-gruntowych).

Wzajemne położenie poszczególnych warstw przedstawiono na poglądowym przekroju geotechnicznym, który zamieszczono jako załącznik nr 4.

Budowa geologiczna na trasie projektowanej inwestycji jest stosunkowo mało skomplikowana. Praktycznie cały teren charakteryzuje się zbliżonymi warunkami gruntowymi, dla których dokonano podziału w profilu gruntowym na kategorie gruntu według KNR 2-01 Budowle i Roboty Ziemne. Uogólniając w badanym podłożu przeważają grunty kategorii II oraz marginalnie kategorii III.

Wody w okresie wykonywanych odwiertów nie stwierdzono. Woda okresowa (po opadach atmosferycznych lub roztopach zimowych) może okresowo gromadzić się na stropie utworów spoistych w obrębie lokalnie występujących gruntów niespoistych.

4.2. Ocena przydatności gruntów z wykopów do wbudowania

Z analizy wykonanego odwiertu wynika, że w trakcie prowadzenia robót ziemnych z wykopów będą pozyskiwane zarówno grunty spoiste reprezentowane przez piaski gliniaste, gliny piaszczyste jak i grunty niespoiste reprezentowane przez piaski drobne. Lokalnie rozbiórce ulegnie także część obecnych istniejących nasypów.

Na podstawie występujących rodzajów gruntów, dokonano na podstawie normy [18] oceny przydatności gruntów pochodzących z wykopów do ich ponownego wbudowania.

Rodzaj gruntu	Określenie przydatności
Pd	Przydatne na dolne partie wykopów; mogą być również przydatne na górne partie,

	gdy ich wskaźnik nośności będzie większy niż 10 ($w_{noś} > 10$); gdy ten warunek nie będzie spełniony grunty te przydatne są na górne warstwy pod warunkiem ich ulepszenia spoiwami.
Gp	Przydatne na dolne warstwy, gdy będą wbudowane w miejsca suche lub tylko przejściowo zawilgocone. Przydatne również na górne warstwy, pod warunkiem ich ulepszenia spoiwami. Granica płynności glin powinna być mniejsza niż 35%.
Pg	Przydatne na dolne warstwy, gdy będą wbudowane w miejsca suche lub zabezpieczone od wód gruntowych i powierzchniowych. Przydatne również na górne warstwy, pod warunkiem ich ulepszenia spoiwami.
nN	Przydatność zależna od składu mineralnego.

Przyjmuje się, że grunty są dobrze uziarnione pod względem ich przydatności do zagęszczenia, gdy wartość wskaźnika jednorodności uziarnienia jest większa od 6 ($C_u > 6$) (dla pospółek $C_u > 4$), natomiast wskaźnik krzywizny jest większy od 1 ale mniejszy od 3 ($1 < C_c < 3$). Przed wbudowaniem tych gruntów, należy więc wykonać poletka próbné i ustalić sposób zagęszczenia (np. statyczny, wibracyjny) oraz niezbędną ilość przejść urządzenia zagęszczającego dla uzyskania oczekiwanych efektów zagęszczania.

Należy zwrócić uwagę aby w trakcie realizacji nie pogorszyć własności występujących gruntów poprzez doprowadzenie do wzrostu wilgotności naturalnej. Wilgotność ta może wzrosnąć wskutek doprowadzenia do przemarzania podłoża lub jego uplastycznienia. W trakcie robót należy przewidzieć zabiegi ochronne przed rozmakaniem wskutek np. opadów atmosferycznych. Zastosowane zabiegi ochronne wraz z oceną ich skuteczności należy odnotowywać w dzienniku budowy. Należy także dokumentować czynniki mogące powodować rozmakanie lub przemarzanie podłoża gruntowego.

5. GEOTECHNICZNE WARUNKI POSADOWIENIA

5.1. Parametry geotechniczne podłoża i obliczenia statyczne.

Parametry geotechniczne do obliczeń statycznych należy przyjmować zależnie od podstaw normatywnych wykorzystywanych w projektowaniu.

5.1.1. Właściwości wg PN-81/B-03020 oraz PN-83/B-02482

Własności fizyczno-mechaniczne występujących gruntów opisane zostały z wykorzystaniem zasad zawartych w normach [8,9]. W związku z tym podane wielkości można wprost wykorzystać do tworzenia parametrów geotechnicznych przyjmując:

- jako wartość charakterystyczną parametru geotechnicznego – wartość średnią,
- jako wartość obliczeniową parametru geotechnicznego – wartość charakterystyczną wymnożoną przez wartość współczynnika zmienności przy czym zależnie od rozpatrywanego zagadnienia, należy przyjmować najbardziej niekorzystną wartość tego współczynnika.

W przypadku, gdy wartość współczynnika zmienności ma wysoką wartość zaleca się jednak przyjmować jako wartość charakterystyczną, wartość bardziej niekorzystną, niż wartość średnią.

Należy zauważyć, że przedział zmienności danego wiodącego parametru geotechnicznego, wyznaczony współczynnikiem zmienności ma określone prawdopodobieństwo. Z uwagi na to, że uwzględnia się jedną wartość odchylenia standardowego prawdopodobieństwo to wynosi około 68%. Oznacza, to że około 32% wyników może wykraczać poza przedział zmienności.

5.1.2. Parametry wg PN-EN 1997-1:2008 (Eurokod 7)

Norma Eurokod 7 [16] zupełnie inaczej definiuje pojęcie parametru charakterystycznego – jako ostrożne oszacowanie wartości decydującej o wystąpieniu stanu granicznego. Parametr ten można oszacować wykorzystując metody statystyczne. Powyższa dokumentacja zwiera podstawowe

charakterystyki statystyczne parametrów warstw – wartość średnią oraz odchylenie standardowe (zawarte we współczynniku zmienności), które umożliwiają oszacowanie parametrów charakterystycznych według wymagań Eurokodu 7. Przy wykorzystywaniu metod statystycznych, norma [16] zaleca wyznaczyć taką wartość charakterystyczną, żeby obliczone prawdopodobieństwo wystąpienia mniej korzystnej wartości, decydującej o powstaniu rozpatrywanego stanu granicznego, nie było większe niż 5%.

Parametry zawarte w normach [8,9] można traktować jako ostrożne oszacowanie parametrów charakterystycznych. W przypadku zamiaru korzystania z tych parametrów zaleca się jednak wyznaczanie parametrów wiodących, na podstawie których wyznacza się inne wartości, z prawdopodobieństwem 95% a nie w oparciu o wartość średnią jak to jest w normie [8].

Wartości obliczeniowe parametrów geotechnicznych wg [16] należy wyznaczać na podstawie wartości charakterystycznych, dzieląc je przez częściowe współczynniki bezpieczeństwa wynoszące zależnie od rozpatrywanego przypadku stanu granicznego:

- dla kąta tarcia wewnętrznego $\gamma_\phi = 1,0 \div 1,25$,
- dla spójności efektywnej $\gamma_c = 1,0 \div 1,25$,
- dla ciężaru objętościowego $\gamma_r = 1,0$.

5.1.3. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa do obliczeń

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa do obliczeń statycznych (geotechnicznych) należy przyjmować zgodnie z wartościami podawanymi przez normy przedmiotowe wykorzystywane w projektowaniu.

5.1.4. Zalecenia dotyczące obliczeń statycznych

Obliczenia statyczne posadowienia bezpośredniego zaleca się wykonać według normy [8, pomimo iż nie jest to norma już aktualna, w praktyce inżynierskiej nadal powszechnie stosowana.

Przy obliczeniach statycznych posadowienia bezpośredniego zaleca się przyjąć wartość współczynnika korekcyjnego $m=0,81$ zgodnie z postanowieniami normy [8]. Należy jednak rozważyć zasadność zmniejszenia i przyjęcie go według propozycji zawartej w pracy [19] ($m=0,60 \div 0,80$).

5.1.5. Obliczenia nośności i osiadania podłoża gruntowego oraz ogólnej stateczności

Obliczenia nośności i osiadania podłoża gruntowego oraz ogólnej stateczności należy wykonywać zgodnie z normami przedmiotowymi wykorzystywanymi w projektowaniu.

6. OCENA PRZYDATNOŚCI BADANEGO TERENU DO REALIZACJI INWESTYCJI

Przedmiotowy teren nadaje się do realizacji zamierzonej inwestycji. Na terenie nie występują odcinki problemowe.

Na podstawie wykonanych badań wynikają generalnie korzystne warunki geotechniczne dla potrzeb realizacji zamierzonej inwestycji. Na podstawie przeprowadzonych wierceń w rejonie projektowanej inwestycji, stwierdzono występowanie dobrych (prostych) warunków geotechnicznych.

Utworami budującymi podłoże w dniu wykopu dla projektowanej sieci wodociągowej (głębokość około -1,8 m) oraz dla projektowanej sieci kanalizacyjnej (głębokości od 3,0 do 4,5 m) są przede wszystkim gliny zwałowe w stanie twaroplastycznym oraz w mniejszym stopniu utwory niespoiste.

Rur nie powinno układać się bezpośrednio na gruncie spoistym, lecz na podsypce z piasku średniego grubości 15 – 20 cm. Takiego samego gruntu należy również używać do bezpośredniej zasyпки rur na głębokości do 20 cm. Powyżej do zasyпки można używać gruntu nasypowego (niespoistego) lub rodzimego niespoistego, zagęszczając go warstwami grubości nie przekraczającej 30

cm. Zalecany wskaźnik zagęszczenia zasyпки w terenach zielonych to $I_s \geq 0,95$, dla części utwardzonych (drogi) to $I_s \geq 0,98$.

7. ZALECENIA REALIZACYJNE

7.1. Odbiory podłoża pod projektowane obiekty

- ✓ Realizacja poszczególnych prac budowlanych, związanych z budową sieci wodociągowej wiąże się z koniecznością przeprowadzenia stosownych odbiorów podłoża gruntowego.
- ✓ Przeprowadzone badania podłoża gruntowego mają charakter punktowy i przy dużych odległościach pomiędzy poszczególnymi otworami występujące warunki mogą się różnić od założonych. Z tych względów w trakcie odbioru podłoża, każdorazowo należy sprawdzić zgodność występujących warunków z założeniami.
- ✓ W przypadku braku innych ustaleń, odbiór podłoża pod projektowaną sieć wodociągową można wykonać z zasadami podanymi w odpowiednich normach przedmiotowych.
- ✓ Zaleca się, aby odbiór robót związanych z realizacją posadowienia obiektów i budowli odbył się przy udziale projektantów odpowiednich branż oraz geologa. Nie jest to jednak wymóg obligatoryjny.

7.2. Dobór materiału do wykonania podsypki i zasypki oraz technologia zagęszczania

- ✓ W trakcie wykonywania robót ziemnych zajdzie konieczność wykonywania zasypki i podsypki. Generalnie zaleca się wykonywanie zasypki z gruntów niespoistych (piaszczysto-żwirowych).
- ✓ Dopuszczalne jest również wykonywanie zasypki z gruntu spoistego, o ile spełnia on wymagania normy [8] i jest wbudowany w odpowiednie miejsca wykopu. Zwraca się jednak uwagę, że niemal wszystkie grunty spoiste w stanie naturalnym wykazują wilgotność wyższą od wilgotności optymalnej. Ich właściwe zagęszczanie będzie wymagać uprzedniego przesuszenia w sposób naturalny lub sztuczny (np. przez stabilizację wapnem).
- ✓ Większość gruntów niespoistych występujących w warunkach naturalnych, jest źle uziarniona pod względem możliwości ich zagęszczania, gdyż wskaźnik jednorodności uziarnienia tych gruntów z reguły nie przekracza wartości $C_u < 6$ a wskaźnik krzywizny jest mniejszy od $C_c < 1$.
- ✓ Przy niskich wartościach wskaźników ($3 < C_u < 6$; $C_c > 1$), lecz wyższych od wskaźników, jakie wykazują grunty występujące na terenie przeprowadzonych badań, zagęszczenie jest możliwe, lecz w celu uzyskania wymaganych wysokich parametrów zagęszczania konieczne jest bardzo ściśle przestrzeganie wymogów technologicznych.
- ✓ Podstawowym warunkiem technologicznym skutecznego zagęszczania gruntów przeznaczonych na nasypy i zasyпки, podsypki itp. jest ich wprowadzenie przy wilgotności optymalnej (w^{opt}), uprzednio określonej w badaniach laboratoryjnych.
- ✓ Grunt o wskaźniku jednorodności uziarnienia $C_u < 3$ w zasadzie nie powinien być używany do wykonania nasypów chyba, że badania na poletku doświadczalnym wykażą możliwość jego zagęszczenia.
- ✓ Do zagęszczania źle uziarnionych gruntów niespoistych konieczne jest używanie sprzętu wibracyjnego o stosunkowo wysokiej masie, przy czym sposób zagęszczenia (z wibracją lub bez oraz liczba przejść maszyny zagęszczającej) powinien być ustalano doświadczalnie na poletku próbnym.
- ✓ Proces zagęszczania źle uziarnionych gruntów powinien przebiegać przy stosunkowo niewielkiej grubości warstw.
- ✓ Walce wibracyjne o dużej masie pozwalają na zagęszczanie źle uziarnionego podłoża niespoistego warstwami większej miąższości.
- ✓ W przypadku, gdy zagęszczanie przy wilgotności optymalnej (w^{opt}) warstwami o niewielkiej miąższości nie da oczekiwanych rezultatów, konieczne będzie doziarnienie zagęszczanych grun-

tów tak odpowiednio dobranymi frakcjami lub innymi gruntami, aby spełniony został warunek $C_u > 6$ oraz $3 > C_c > 1$.

- ✓ Przed przystąpieniem do realizacji prac należy przeprowadzić wstępne badania przydatności gruntu do zamierzonych robót, wybierając kruszywo najkorzystniejsze. Badania te powinny swoim zakresem obejmować, co najmniej wilgotność optymalną w^{opt} , maksymalny ciężar szkieletu gruntowego γ_d^{max} , uziarnienie (w tym wskaźnik jednorodności uziarnienia C_u , wskaźnik krzywizny $C_c > 1$) oraz jednorodność gruntów.
- ✓ Wskazane jest, aby materiał stosowany do wbudowywania był w miarę możliwości jednorodny. Wskaźnik zagęszczenia I_s wylicza się bowiem w oparciu o uprzednio wyznaczoną wartość maksymalnego ciężaru szkieletu gruntowego γ_d^{max} (γ_d^{max} ma w pewnym sensie charakter stałej materiałowej).
- ✓ W przypadku zmiany rodzaju wbudowywanego gruntu lub jego dużej niejednorodności, wartość maksymalnego ciężaru szkieletu gruntowego γ_d^{max} musi być ponownie lub każdorazowo wyznaczana, co podraża koszty odbiorów.
- ✓ Uwzględniając ewentualne problemy związane z odbiorami zagęszczanego podłoża, zaleca się rozważenie zasadności technicznej i ekonomicznej stosowania w szczególnie odpowiedzialnych miejscach odpowiedniego materiału gwarantującego bezproblemowo skuteczne zagęszczanie (np. kruszywo frakcjonowane).

7.3. Kontrola zagęszczenia podłoża

- ✓ Podstawowym miarodajnym parametrem do odbioru zasypek, podsypek itp. nie jest stopień zagęszczenia I_D , lecz wskaźnik zagęszczenia I_s .
- ✓ Odbiór zagęszczanego podłoża powinien odbywać się poszczególnymi warstwami. Do wykonania kolejnej warstwy powinno się przystąpić po dokonaniu odbioru warstwy poprzedniej. Ze względu na metodykę badań wartości wskaźnika zagęszczenia I_s , odbiory zagęszczenia podłoża mają charakter zanikający.
- ✓ W przypadku, gdy kontrola nie będzie się odbywać zagęszczanymi warstwami, lecz w sposób kompleksowy, wyznaczenie wartości wskaźników zagęszczenia I_s w przekroju pionowym jest możliwe, lecz niezwykle kosztowne, gdyż wymaga pobrania prób o nienaruszonej strukturze z poszczególnych głębokości.
- ✓ Do określania wartości wskaźnika zagęszczenia I_s nie zaleca się wykorzystywania sondowań podłoża, gdyż korelacje pomiędzy wartościami wskaźnika zagęszczenia I_s a stopniem zagęszczenia I_D są niedokładne i mają charakter orientacyjny.
- ✓ Sondowania gruntu są natomiast bardzo przydatne do oceny jednorodności zagęszczenia podłoża w całym profilu pionowym.
- ✓ W przypadku braku kryteriów odbioru, można wykorzystać, zależnie od charakteru nasypu czy zasypki, zalecenia podane w normach.
- ✓ Zastępczo, zamiast badania wskaźnika zagęszczenia I_s , można stosować oznaczanie dynamicznego modułu odkształcenia E_D . W przypadku, gdy projekt budowlany nie będzie określał wymaganej wartości dynamicznego modułu odkształcenia E_D lecz tylko wymagane wartości wskaźnika zagęszczenia I_s , dla każdego rodzaju gruntu należy opracować zależności korelacyjne pomiędzy wartościami E_D a I_s .
- ✓ Przy końcowym odbiorze robót ziemnych związanych z korpusem drogowym (poziom płaszczyzny robót ziemnych) należy posługiwać się wartościami pierwotnego i wtórnego modułu odkształcenia (E_1 i E_2) oraz wskaźnikiem odkształcenia (I_0).

8. PODSUMOWANIE, WNIOSKI I ZALECENIA

8.1. Podsumowanie wyników prowadzonych badań geotechnicznych

- ✓ W wyniku wykonanych terenowych oraz laboratoryjnych badań geotechnicznych dokonano rozpoznania podłoża budowlanego w obrębie projektowanej inwestycji.
- ✓ W miejscu lokalizacji planowanej inwestycji występują proste warunki gruntowo-wodne (geotechniczne), występują korzystne dla potrzeb realizacji zamierzonej inwestycji.
- ✓ Utworami podścielającymi dla występującego nasypu są zarówno utwory spoiste oraz utwory niespoiste.
- ✓ Utwory spoiste występują jako twardoplastyczne lokalnie półzwarłe oraz marginalnie jako plastyczne.
- ✓ Utwory niespoiste występują jako średniozagęszczone.
- ✓ Grunty te zaliczono do kategorii II i III (marginalnie).
- ✓ Na obszarze prowadzonych badań nie stwierdzono występowania poziomu wód podziemnych.
- ✓ Woda może okresowo gromadzić się (po intensywnych opadach atmosferycznych lub roztopach) na stropie warstwy glin zwałowych w obrębie występujących piasków.
- ✓ Projektowana inwestycja nie leży na terenie zalewowym.
- ✓ Podczas wykonywania prac terenowych nie stwierdzono występowania zjawisk geodynamicznych.
- ✓ Średnia głębokość przemarzania gruntów, na rozpatrywanym terenie, wynosi około 1,0 m ppt. choć podczas surowych zim może dochodzić do 1,5 m ppt.

8.2. Wnioski z przeprowadzonych badań geotechnicznych, dotyczące posadowienia

- ✓ Na przeważającej długości wykopów, ich dno zbudowane będzie z gruntów warstwy IV. Rur nie powinno układać się bezpośrednio na gruncie spoistym, lecz na podsypce np. z piasku średniego grubości 15 – 20 cm. Takiego samego gruntu należy również używać do bezpośredniej zasyпки rur na głębokości do 20 cm. Powyżej do zasyпки można używać gruntu nasypowego (niespoistego) lub rodzimego niespoistego, zagęszczając go warstwami grubości nie przekraczającej 30 cm. Zalecany wskaźnik zagęszczenia zasyпки w terenach zielonych to $I_s \geq 0,95$, dla części utwardzonych (drogi) to $I_s \geq 0,98$.
- ✓ Należy usunąć i całkowicie wybrać z dna wykopów warstwę nasypu niekontrolowanego (warstwa I) oraz warstwę humusu (warstwa II).
- ✓ Wszelkie rozmoczone, przesuszone, przemarznięte lub wtórnie uplastycznione partie gruntów należy wybrać z dna wykopów i zastąpić zagęszczoną do $I_D > 0,50$ pospółką lub chudym betonem.
- ✓ Wszelkie rozluźnione partie gruntów należy dogęścić do $I_D > 0,50$.
- ✓ W przypadku występowania sączeń wody ze skarp po wykonaniu wykopu, niedopuszczalne jest bezpośrednie pompowanie wody z dna wykopu, wodę oprowadzać rowkami do studni zbiorczej i odpompowywać do odbiornika.

8.3. Zalecenia projektowe

- ✓ Ze względu na rodzaj występujących gruntów, maksymalne pochylenie skarp wykopów nieumocnionych, przy nieobciążonej koronie, nie powinno przekraczać wartości kąta tarcia wewnętrznego poszczególnych warstw gruntu, z jednoczesnym uwzględnieniem wymagań normy: „PN-B-06050 :1999. Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.”
- ✓ Zgodnie z normą: „PN-B-06050 :1999. Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne” maksymalne pochylenie skarp wykopów tymczasowych, nieumocnionych, nie powinno przekraczać 1:1,5, przy czym w tym przypadku głębokość wykopu nie powinna być większa niż 4 m.
- ✓ Zaleca się, aby projekt budowlany, a przede wszystkim wykonawczy określał wymagane zagęszczenie, wyrażone minimalną wartością stopnia zagęszczenia I_D lub wskaźnika zagęszczenia I_s , dla gruntów niespoistych stanowiących zasypkę lub podsypkę poszczególnych elementów pro-

jektowanych obiektów.

- ✓ Prace ziemne i fundamentowe zaleca się prowadzić w „suchych” okresach roku.
- ✓ Roboty ziemne i fundamentowe należy prowadzić zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami.

9. MATERIAŁY WYKORZYSTANE W DOKUMENTACJI

Przy sporządzaniu dokumentacji korzystano z niżej wymienionych przepisów prawnych, norm państwowych i branżowych, map geologicznych, sytuacyjnych i topograficznych a także literatury, materiałów archiwalnych oraz dokumentacji projektowych oraz geologicznych:

- [1]. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 roku w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (*poz. 463*).
- [2]. 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*).
- [3]. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011 roku w sprawie gromadzenia i udostępniania informacji geologicznej (*Dz.U. Nr 282, poz. 1657*).
- [4]. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 maja 2014 roku w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej (*poz. 596*).
- [5]. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 roku - Prawo budowlane (*Dz.U. Nr 89, poz. 414 z późn. zm*).
- [6]. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku - Prawo ochrony środowiska (*Dz.U. Nr 62, poz. 627 z późn. zm*).
- [7]. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku – Prawo geologiczne i górnicze (*Dz.U. Nr 163, poz. 981 z późn. zm*).
- [8]. PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [9]. PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- [10]. PN-86/B-02480. Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
- [11]. PN-88/B-04481. Grunty budowlane. Badania próbek gruntów.
- [12]. PN-B 02479:1998. Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
- [13]. PN-B 02481:1998. Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.
- [14]. PN-B 04452:2002. Geotechnika. Badania polowe.
- [15]. PN-B-06050:1999. Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- [16]. PN-EN 1997-1:2008. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- [17]. PN-EN 1997-2 2008 Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2. Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
- [18]. PN-S-02205:1998. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- [19]. Wiłun Z.: Zarys geotechniki. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 1982 roku.

Bydgoszcz, maj 2019 rok