



ZAKŁAD PROJEKTOWO HANDLOWY ***GEOLOG***

75-361 Koszalin, ul. Dmowskiego 27
tel./fax (0-94) 345-20-02 tel. kom. 602-301-597
NIP: 669-040-49-70 e-mail: geolog@wp.pl

OPINIA GEOTECHNICZNA

dla projektu modernizacji oczyszczalni ścieków
w **Starogardzie Gdańskim**

Zlecniodawca: Przedsiębiorstwo Projektowo-Usługowe
PROJ-EKO Sp. z o.o.
64-920 Piła, ul. Okrzei 18

Opracował: mgr Bolesław Plichta

Współpraca: mgr inż. Jakub Kanarek

Koszalin, grudzień 2016 r.

projekty i dokumentacje geologiczno- inżynierskie projekty i dokumentacje warunków
hydrogeologicznych dla obiektów mogących zanieczyścić wody podziemne
monitoring wód podziemnych dokumentacje geotechniczne nadzór geotechniczny

I. WSTĘP

Niniejszą opinię wykonano na zlecenie Przedsiębiorstwa Projektowo-Uslugowego PROJ-EKO Sp. z o.o., 64-920 Piła, ul. Okrzei 18.

Celem prac jest rozpoznanie i udokumentowanie warunków gruntowo-wodnych dla projektu modernizacji oczyszczalni ścieków w Starogardzie Gdańskim. Na podstawie badań zostaną zaprojektowane fundamenty budynku garażowego oraz wiat magazynowych osadu. W porozumieniu z projektantem, opracowującym projekt budowlany modernizacji, obiekty te zakwalifikowano do pierwszej kategorii geotechnicznej, w związku z czym opracowanie ograniczono do sporządzenia opinii geotechnicznej.

Opracowanie wykonano zgodnie z rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r., w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz. U. z dnia 27.04.2012 r., poz. 463).

II. ZAKRES PRAC

2.1. Prace polowe

W ramach prac polowych wykonano 7 otworów do głębokości 6,0 m. Łączny metraż wierceń wyniósł więc 42,0 m. Otwory nr 1 – 5 zlokalizowano w miejscu projektowanych wiat magazynowych osadu, natomiast 6 i 7 – w miejscu budynku garażowego. W celu uściślenia stanu gruntów sypkich, przy otworach nr 3 i 7 wykonano sondowania udarowe lekką sondą udarową typu DPL. Zakres prac, a więc lokalizacja i głębokość otworów, został ustalony z projektantem, opracowującym projekt budowlany.

Prace i badania terenowe prowadzono zgodnie z normami wymienionymi we wstępie (rozdział I) oraz wymogami PN-B-04452:2002 „Geotechnika - badania polowe” między innymi w zakresie makroskopowych badań gruntu, prowadzenia sondowań, poboru próbek oraz pomiarów zwierciadła wody gruntowej w wyrobiskach badawczych.

Otworki po opróbowaniu starannie zlikwidowano. Likwidację otworów prowadzono sukcesywnie zgodnie z zasadami sztuki wiertniczej, co nie pogorszyło stanu środowiska.

2.2. Prace geodezyjne

Otworki badawcze wyznaczono w terenie na podstawie mapy sytuacyjno–wysokościowej w skali 1:500, metodą domiarów prostokątnych dowiązanych do punktów stałych w terenie. Po zakończeniu badań zaniwelowano rzędne powierzchni terenu w miejscach wierceń w nawiązaniu do państwowego układu wysokościowego. Za punkty odniesienia przyjęto rzędne wjazdów studni kanalizacyjnych o wysokościach 74,28 m n.p.m. (otworki nr 1 – 5) i 73,33 m n.p.m. (otworki nr 6 i 7).

2.3. Prace laboratoryjne

Charakterystyczne próbki gruntów zbadano laboratoryjnie w celu określenia: analizy uziarnienia dla gruntów sypkich oraz wilgotności naturalnej i ciężaru objętościowego dla gruntów spoistych. W przypadku wody określono stopień agresywności w stosunku do betonu zgodnie z PN-EN 206-1:2003 „Beton - Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”.

2.4. Prace kameralne

W ramach prac kameralnych wykonano:

- mapę orientacyjną w skali 1:10000 (mapa topograficzna), na której zaznaczono rejon badań (załącznik nr 1),
- mapy dokumentacyjne w skali 1:500, na których zaznaczono miejsca otworów badawczych, linie przekrojów geotechnicznych oraz położenie reperów roboczych (załącznik nr 2.1 i 2.2),
- przekroje geotechniczne w skali 1:100/500 i 1:100/250, na których przedstawiono przestrzenny układ gruntów, podział na warstwy geotechniczne, stany gruntów i poziom wody gruntowej (załączniki nr 3.1 i 3.2),
- wykresy sondowań udarowych sondą DPL (załączniki nr 4.1 i 4.2),

- objaśnienia symboli użytych w opracowaniu (załącznik nr 5),
- część tekstową, którą opracowano w oparciu o wyniki wykonanych prac i badań, materiały archiwalne, dane z literatury oraz aktualne wytyczne i rozporządzenia.

III. BUDOWA GEOLOGICZNA I WARUNKI WODNE

Pod względem geomorfologicznym modernizowana oczyszczalnia jest położona głównie w obrębie doliny rzeki Wieżycy, która na prawie całym odcinku utworzyła taras akumulacyjny zalewowy¹. Niewielka południowo-zachodnia część zlokalizowana jest także w obrębie równiny sandrowej. Budowa geologiczna jest tu stosunkowo prosta, a w podłożu do zbadanej głębokości 6,0 m stwierdzono występowanie utworów czwartorzędowych wieku holoceni i plejstoceni.

Od góry nawiercono utwory pochodzenia antropogenicznego. W miejscach wierceń przeważają nasypy piaszczysto-żwirowe z kamieniami oraz częściami organicznymi (próchnica) i gruzu budowlanego (fragmenty cegły, betonu itp.). Lokalnie natrafiono także na domieszki osadów z oczyszczalni. W miejscach otworów nr 3, 4 i 5 teren jest utwardzony płytami betonowymi typu IOMB. Łączna miąższość nasypów waha się w miejscach wierceń w granicach od 1,0 (otwór nr 2) do 1,8 (otwór nr 1 m). Niżej holocen reprezentowany jest przez piaski i żwiry rzeczne tarasów zalewowych (${}_{p2}^f Q_h^t$), które przykrywają plejstoceni piaski i żwiry wodnolodowcowe (${}_{p22}^{fg} Q_{p4}^2 P_m$). W otworach nr 2, 4 i 7 nawiercono także soczewki plejstoceni lodowcowych glin (${}_g Q_{p4}^2 P_m$).

Właściwe zwierciadło wody gruntowej nawiercono w obrębie serii przepuszczalnych utworów piaszczystych i żwirów. Współczynniki filtracji gruntów nawodnionych można według Wiłuna² przyjąć w wysokości:

- dla piasku grubego i średniego – $k = 10^{-3} - 10^{-4}$ m/s,

¹ Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski wraz z objaśnieniami, Arkusz Starogard Gdanski (130), Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1986-1987

² Wiłun Zenon. Zarys geotechniki. Wydawnictwo Komunikacji Łączności. Warszawa 1982

- dla drobnego żwiru – $k = 10^{-2} - 10^{-3}$ m/s.

Współczynniki określone na podstawie analizy uziarnienia według tzw. wzoru amerykańskiego (USBSC) wynoszą (tabela 3):

- dla piasku średniego $k = 9,94 \cdot 10^{-5} - 1,35 \cdot 10^{-4}$ m/s,
- dla żwiru $k = 9,15 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Są to przeważnie wody o charakterze swobodnym (lokalnie lekko napiętym przez słabiej przepuszczalne grunty spoiste lub nasypowe). W rejonie otworów nr 1 – 5 (projektowana wiata) ustalone zwierciadło układało się na głębokościach 2,8 – 3,0 m, tj. na rzędnych 70,8 – 70,7 m n.p.m. W miejscu otworów nr 6 i 7 (garaż) zwierciadło stabilizowało na głębokościach 1,2 m, co odpowiada rzędnym 72,0 – 71,9 m n.p.m. W otworze nr 2 oraz płyciej w punkcie nr 4 wodę stwierdzono w postaci sączeń na stropie słabiej przepuszczalnych gruntów spoistych lub z laminacji piasków w ich obrębie. Woda z tych sączeń stabilizowała w poziomie nawiercenia, tj. na głębokości 2,2 m w otworze nr 2 i 1,4 m w otworze nr 4.

Obraz warunków wodnych odnosi się do okresu wierceń i może ulegać okresowym zmianom w zależności od opadów atmosferycznych i pory roku. Przewiduje się wahania właściwego zwierciadła w granicach $\pm 0,5$ m oraz zmianę intensywności sączeń.

Dokładny obraz budowy geologicznej i warunków wodnych został przedstawiony w części graficznej na przekrojach geotechnicznych (załączniki nr 3.1 i 3.2).

IV. WARUNKI GEOTECHNICZNE

Występujące w podłożu grunty zaliczono do 10 warstw geotechnicznych, o zbliżonych cechach fizyko-mechanicznych. Ze względu na zmienny skład i chaotyczne ułożenie cząstek, z podziału wyłączono płytsze niekontrolowane nasypy z dużą zawartością próchnicy (otwory nr 1 i 2) oraz nasypy w miejscu planowanego garażu (nasypy gruzowe i osady w otworach nr 6 i 7). Wyszczególniono następujące warstwy geotechniczne:

- **warstwa geotechniczna I** obejmująca niekontrolowane nasypy piaszczysto-żwirowe z domieszkami próchnicy oraz gruzu budowlanego, występujące w stanie średniozagęszczonym i zagęszczonym. Uogólnioną wartość charakterystyczną stopnia zagęszczenia przyjęto w wysokości $I_D^{(n)} = 0,50$;
- **warstwa geotechniczna IIa** obejmująca piaski pylaste z pyłami, występujące w stanie średniozagęszczonym. Uogólnioną wartość charakterystyczną stopnia zagęszczenia przyjęto w wysokości $I_D^{(n)} = 0,50$;
- **warstwa geotechniczna IIb** obejmująca piaski średnie, występujące w stanie średniozagęszczonym, dla których uogólnioną wartość charakterystyczną stopnia zagęszczenia przyjęto w wysokości $I_D^{(n)} = 0,35$;
- **warstwa geotechniczna IIc** obejmująca piaski średnie i grube ze żwirami, występujące w stanie średniozagęszczonym, dla których uogólnioną wartość charakterystyczną stopnia zagęszczenia przyjęto w wysokości $I_D^{(n)} = 0,50$;
- **warstwa geotechniczna IId** obejmująca piaski średnie ze żwirami, występujące w stanie zagęszczonym. Uogólnioną wartość charakterystyczną stopnia zagęszczenia przyjęto w wysokości $I_D^{(n)} = 0,70$;
- **warstwa geotechniczna IIIa** obejmująca lekko zaglinione żwiry, występujące w stanie średniozagęszczonym. Uogólnioną wartość charakterystyczną stopnia zagęszczenia przyjęto w wysokości $I_D^{(n)} = 0,50$;
- **warstwa geotechniczna IIIb** obejmująca żwiry z kamieniami, występujące w stanie zagęszczonym. Uogólnioną wartość charakterystyczną stopnia zagęszczenia przyjęto w wysokości $I_D^{(n)} = 0,70$;
- **warstwa geotechniczna IVa** obejmująca piaski gliniaste i gliny, występujące w stanie plastycznym. Wartość charakterystyczną stopnia plastyczności przyjęto w wysokości $I_L^{(n)} = 0,45$;
- **warstwa geotechniczna IVb** obejmująca gliny i gliny piaszczyste, występujące w stanie plastycznym. Wartość charakterystyczną stopnia plastyczności przyjęto w wysokości $I_L^{(n)} = 0,35$;

- **warstwa geotechniczna IVc** obejmująca gliny, występujące w stanie twardoplastycznym. Wartość charakterystyczną stopnia plastyczności przyjęto w wysokości $I_L^{(n)} = 0,20$;

Grunty warstw IVa – IVc należą do grupy B według PN - 81/B - 03020.

Charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych ustalono metodą B i C według w/w normy i podano w poniższej tabeli.

Tabela 1. Charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych ustalone metodą B i C według PN - 81/B – 03020

Warstwa geotechniczna	Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Stopień zagęszczenia	Stopień plastyczności	Grupa	Wilgotność naturalna	Gęstość objętościowa	Kąt tarcia wewnętrzznego	Spójność	Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej	Edometryczny moduł ściśliwości wtórnej
			$I_D^{(n)}$	$I_L^{(n)}$		w_n [%]	$\rho^{(n)}$ [t/m ³]	$\phi_u^{(n)}$ [°]	$c_u^{(n)}$ [kPa]	$M_o^{(n)}$ [kPa]	$M^{(n)}$ [kPa]
I	nasypy piaszczysto-żwirowe z domieszkami próchnicy oraz gruzu budowlanego	średnio-zagęszczony/ zagęszczony	0,5	—	—	18	1,70	30,0	—	60000	75000
IIa	piasek pylisty z pyłem piaszczystym	średnio-zagęszczony	0,5	—	—	naw*	1,90	30,5	—	65000	81250
IIb	piasek średni	średnio-zagęszczony	0,35	—	—	naw*	2,00	32	—	75000	83333
IIc	piasek średni, piasek gruby z domieszkami żwiru	średnio-zagęszczony	0,5	—	—	14 naw*	1,85 2,00	33	—	97500	108333
IId	piasek średni ze żwirem	zagęszczony	0,7	—	—	naw*	2,05	34,3	—	130000	144444
IIIa	żwir zagliniony	średnio-zagęszczony	0,5	—	—	12	1,9	38,5	—	155000	155000
IIIb	żwir z kamieniami	zagęszczony	0,7	—	—	10	2	40	—	197500	197500
IVa	piasek gliniasty, glina	plastyczny	—	0,45	B	16	2,1	13,7	23	22000	29333
IVb	glina, glina piaszczysta	plastyczny	—	0,35	B	21	2,05	15,5	27	27000	36000
IVc	glina	twardoplastyczny	—	0,2	B	16	2,15	18,3	32	37000	49333

*grunty nawodnione

Wartości obliczeniowe $x^{(r)}$ poszczególnych parametrów geotechnicznych należy obliczać według wzoru:

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

gdzie:

$x^{(n)}$ – wartość charakterystyczna parametru geotechnicznego,

γ_m – współczynnik materiałowy.

Wartość współczynnika materiałowego, dla występujących w podłożu gruntów mineralnych (warstwy IIa – IIId, IIIa, IIIb, IVa – IVc), należy przyjmować zgodnie z punktem 3.2 PN - 81/B - 03020 w wysokości $\gamma_m = 1 \pm 0,1$, natomiast dla gruntów antropogenicznych (warstwa I), proponuje się współczynnik niejednorodności ustalony na podstawie doświadczeń z rejonu w wysokości $\gamma_m = 1 \pm 0,2$.

V. WNIOSKI

1. W świetle rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r., w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz. U. z dnia 27.04.2012 r., poz. 463), na badanym terenie występują proste warunki gruntowe, natomiast projektowane obiekty zakwalifikowano do pierwszej kategorii geotechnicznej.
2. Ostateczną decyzję, co do sposobu posadowienia, a więc pośrednio co do nośności gruntów poszczególnych warstw, podejmie projektant konstruktor, po przeprowadzeniu sprawdzających obliczeń statycznych.
3. Projektowanie posadowień bezpośrednich i związane z tym obliczenia statyczne można wykonać zgodnie z PN - 81/B - 03020 „Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli”. Przy wyznaczaniu wartości obliczeniowych parametrów geotechnicznych należy przyjmować bardziej niekorzystną wartość współczynnika materiałowego γ_m tj. zapewniającego większe bezpieczeństwo budowli. Zgodnie z p. 3.3.4. powyższej normy wartość współczynnika korekcyjnego m , potrzebnego do

wyznaczenia obliczeniowego oporu granicznego gruntu, należy zmniejszyć mnożąc go przez 0,9 ponieważ wartość parametrów geotechnicznych ustalono metodą B i C. Potrzebne do obliczeń statycznych współczynniki nośności podaje się w poniższej tabelce. Zgodnie z w/w normą wyznaczono je dla poszczególnych warstw geotechnicznych, w zależności od wartości obliczeniowych kątów tarcia $\phi_u^{(r)}$ wynoszących:

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

gdzie:

$\phi_u^{(n)}$ – wartość charakterystyczna kąta tarcia dla poszczególnej warstwy geotechnicznej podana w tabeli nr 1,

γ_m – współczynnik materiałowy wynoszący 0,9 dla gruntów mineralnych (warstwy IIa – IIId, IIIa, IIIb, IVa – IVc) oraz 0,8 dla gruntów antropogenicznych (warstwa I).

Tabela 2. Wartości współczynników nośności

Warstwa geotechniczna	$\phi_u^{(r)}$ [°]	Współczynniki nośności		
		N_D	N_C	N_B
I	24	9,60	19,32	2,87
IIa	27,45	13,86	24,76	5,01
IIb	28,8	16,08	27,43	6,22
IIc	29,7	17,79	29,44	7,18
IIId	30,87	20,32	32,32	8,66
IIIa	34,65	31,88	44,68	16,01
IIIb	36	37,75	50,58	20,03
IVa	12,33	3,07	9,47	0,34
IVb	13,95	3,57	10,35	0,48
IVc	16,47	4,53	11,94	0,78

4. Występujące w podłożu grunty rodzime (warstwy IIa – IIId, IIIa, IIIb, IVa – IVc) posiadają wysokie parametry wytrzymałościowe i „generalnie” uznawane są za nośne. W przypadku niekontrolowanych nasypów,

z uwagi na ich zmienny skład i bardziej chaotyczne ułożenie cząstek, trudno jest określić ich jednorodne parametry. Wymagałoby to dużo większej liczby otworów i sondowań. Według autora opracowania nasypy piaszczysto-żwirowe z domieszkami próchnicy oraz gruzu budowlanego w rejonie projektowanych wiat można pozostawić w podłożu. Należy natomiast usunąć nasypy z większą ilością próchnicy (płytsze nasypy w otworach nr 1 i 2) oraz nasypy w rejonie projektowanego garażu (otwory nr 6 i 7), które charakteryzują się większą zmiennością (w otworze nr 6 w przelocie 0,8 – 1,7 nawiercono warstwę osadów z oczyszczalni).

5. W celu ujednolicenia parametrów gruntów antropogenicznych pozostawionych w poziomie posadowienia proponuje się je dogęścić w dnie wykopu przy użyciu zagęszczarki o jak największym zasięgu. Stan nasypów można sprawdzić przy użyciu lekkiej płyty dynamicznej. Proponuje się dogęszczenie podłoża do uzyskania dynamicznego odkształcenia podłoża w wysokości $E_{vd} \geq 40$ MPa, co orientacyjnie odpowiada wtórnemu modułowi odkształcenia w wysokości $E_2 \geq 80$ MPa.
6. Z uwagi na niewielką liczbę otworów oraz duże odległości pomiędzy nimi, na przekrojach geotechnicznych (załączniki nr 3.1 i 3.2) przedstawiono jedynie przybliżony zasięg zalegania gruntów poszczególnych warstw. W szczególności dotyczy to właśnie gruntów antropogenicznych, w obrębie których mogą występować wypłylenia jak i przegłębienia, a także zmiany w składzie i stopniu konsolidacji. Dlatego dno wykopu należy poddać dokładnym oględzinom w celu wykrycia ewentualnych „gniazd” gruntów słabonośnych, nieuchwyconych wierceniami. Prace ziemne zaleca się więc prowadzić pod nadzorem geotechnicznym.
7. Wszelkie przegłębienia poniżej przyjętego poziomu posadowienia należy uzupełnić materiałem nośnym. W przypadku podłoża przepuszczalnego można użyć podsypki piaszczysto-żwirowej, natomiast w przypadku gruntów spoistych proponuje się zastosowanie chudego betonu.
8. Fundamenty należy zaprojektować możliwie płytko, aby uniknąć prowadzenia prac odwodnieniowych. Według autora opracowania

w przypadku niewielkiego obniżenia ($H < 0,5$ m) oraz wody z sączeń można je odprowadzać bezpośrednio z dna wykopu, natomiast głębsze obniżenie ($H \geq 0,5$ m) w obrębie piasków i żwirów może wymagać odwodnienia wgłębnego (np. igłofiltrów).

9. Zgodnie z PN-EN 206-1:2003 „Beton - Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność” zbadana woda gruntowa wykazuje małą agresywność amonową XA_1 oraz średnią agresywność siarczanową XA_2 w stosunku do betonu.
10. Prace ziemne i odwodnieniowe należy prowadzić starannie, aby nie naruszyć naturalnej struktury gruntów, co obniżyłoby ich nośność. Jest to szczególnie ważne w obrębie piasków nawodnionych, których parametry wytrzymałościowe, pod wpływem np. wstrząsów mechanicznych, mogą ulec obniżeniu.
11. Wykopy należy chronić również przed zalewaniem wodą i zamarzaniem. Rozmoczone lub rozrobione partie gruntów należy dogęścić (w przypadku wilgotnych piasków i żwirów) lub usunąć z podłoża i zastąpić podsypką piaszczysto-żwirową (lub chudym betonem).
12. Głębokość przemarzania w tym rejonie wynosi 1,0 m według PN - 81/B - 03020.