

GT PROJEKT

Sp. z o.o. & Co Spółka komandytowa
ul. Parkowa 4, Swadzim k. Poznania
62 - 080 Tarnowo Podgórne
tel. (061) 625 22 22, fax. (061) 625 22 25
www.gtprojekt.pl, e-mail: info@gtprojekt.pl

KRS 0000249629

Regon: 300231530

NIP 779-22-76-312

Bank Handlowy w Warszawie S.A. 68 1030 0019 0109 8503 0011 8941

PROJEKT KONSEPCYJNY

ZABEZPIECZENIA STATECZNOŚCI SKARPY

NA TERENIE OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW PRZY ULICY SZKOLNEJ W BORÓWCU

NR DZIAŁKI: 219/1; 258; 231

MIEJSCOWOŚĆ: BORÓWIEC

GMINA: KÓRNIK

POWIAT: POZNAŃSKI

WOJEWÓDZTWO: WIELKOPOLSKIE

ZLECIENIODAWCA / INWESTOR:

AQUANET S.A.

UL. DOLNA WILDA 126
61 - 492 POZNAŃ

OPRACOWALI:

DR INŻ. ANDRZEJ T. WOJTASIK

upr. geol. MOŚZNIL VII-1197; cert. PKG 0058
upr. bud. WKP/0087/POOK/15

WERYFIKOWAŁ:

MGR INŻ. MIKOŁAJ JAKUBOWSKI

upr. bud. WKP/0048/POOK/10

MGR INŻ. JOANNA MĄCZYŃSKA

cert. PKG 0281

MGR INŻ. BARTOSZ RANIEWICZ

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA:

CZĘŚĆ TEKSTOWA:

1.	PODSTAWA OPRACOWANIA	3
1.1.	ZAKRES ORAZ CEL OPRACOWANIA	3
1.2.	PODSTAWA PRAWNA OPRACOWANIA	3
1.3.	PODSTAWA MERYTORYCZNA OPRACOWANIA	3
2.	PODSTAWOWE INFORMACJE O OBIEKCIE	4
2.1.	LOKALIZACJA OBIEKTU	4
2.2.	OGÓLNY OPIS STANU SKARPY ORAZ OBIEKTÓW BUDOWLANYCH	5
3.	WARUNKI GRUNTOWO – WODNE	10
3.1.	MORFOLOGIA I HYDROGRAFIA	10
3.2.	BUDOWA GEOLOGICZNA	10
3.3.	WARUNKI GEOTECHNICZNE	11
3.4.	WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE	12
4.	ANALIZA STATECZNOŚCI	13
4.1.	OPIS METODY OBLICZEŃ	13
4.2.	WYNIKI ANALIZY STATECZNOŚCI	14
5.	PROPONOWANE ROZWIĄZANIA	15
5.1.	WARIANT 1	16
5.2.	WARIANT 2	16
5.3.	OPIS TECHNOLOGII INIEKCJI STRUMIENIOWEJ JET-GROUTING	17
5.4.	CZYNNOŚCI DODATKOWE	18
6.	UWAGI	19

CZĘŚĆ GRAFICZNA:

RYS. 8836A_01_00	PLAN SYTUACYJNY	1 : 200
RYS. 8836A_02_01	PRZEKRÓJ SCHEMATYCZNY – WARIANT 1	1 : 50
RYS. 8836A_02_02	PRZEKRÓJ SCHEMATYCZNY – WARIANT 2	1 : 50
ZAŁ. 1-5	ANALIZA STATECZNOŚCI	
ZAŁ. 6	PRZEDMIAR ROBÓT SPECJALISTYCZNYCH	

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

Niniejszy projekt koncepcyjny zabezpieczenia stateczności skarpy na terenie oczyszczalni ścieków przy ulicy Szkolnej w Borówcu, zwany dalej Projektem, opracowano na zlecenie Inwestora – **AQUANET S.A.**, z siedzibą: 61-492 Poznań, ul. Dolna Wilda 126 (zwanego dalej Zleceniodawcą).

1.1. ZAKRES ORAZ CEL OPRACOWANIA

Niniejszy Projekt obejmuje swym zakresem zabezpieczenie stateczności skarp na terenie oczyszczalni ścieków w Borówcu. Niniejszy Projekt należy traktować jako koncepcyjny, a przedstawione w nim rozwiązania muszą zostać zweryfikowane i doszczegółowione na etapie Projektu Wykonawczego.

1.2. PODSTAWA PRAWNA OPRACOWANIA

Projekt opracowano w oparciu o ustawy, rozporządzenia, wytyczne i normy, związane z geologią, budownictwem i geotechniką, w tym, nie wyłączając innych, wyszczególnione poniżej:

- [N_01] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25. kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz.U. z 2012 poz. 463).
- [N_02] norma PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [N_03] norma PN-EN 12716: Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Iniekcja strumieniowa.
- [N_04] Polska Norma: Eurokod 7 - PN-EN 1997-1-2008 - Projektowanie geotechniczne. Część 1 - Zasady ogólne.
- [N_05] Polska Norma: Eurokod 7 - PN-EN 1997-2-2007 - Projektowanie geotechniczne. Część 2 - Badania podłoża gruntowego.
- [N_06] norma PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- [N_07] norma PN-EN 206-1:2003. Beton – Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

1.3. PODSTAWA MERYTORYCZNA OPRACOWANIA

Dla sporządzenia Projektu przeanalizowano dostępne materiały geologiczne i geotechniczne, mapy oraz inne materiały i informacje, w tym, nie wyłączając innych:

- [a] „Projekt wykonawczy. Rozbudowa i modernizacja Oczyszczalni Ścieków w Borówcu - Budynek stacji odwadniania osadu OB. 12 – branża konstrukcyjna”, opracowanie AQUA Sp. z o.o., wrzesień 2008 r.;
- [b] Rysunki z projektów wykonawczych i/lub dokumentacji powykonawczych pozostałych obiektów, opracowania AQUA Sp. z o.o.
- [c] „Ekspertyza geotechniczna. Określenie warunków geotechnicznych oraz optymalnego sposobu posadowienia budynku odwadniania osadu (budynek nr 12) w Oczyszczalni Ścieków w Borówcu”, opracowanie GT Projekt (dokumentacja 4796 / 2011), kwiecień 2011 r.;

- [d] „Rozpoznanie warunków gruntowo – wodnych w rejonie obiektu 12 na terenie oczyszczalni ścieków AQUANET w m. Borówiec, gm. Kórnik”, opracowanie Firma geologiczna GEOOPTIMA, wrzesień 2018 r.;
- [e] „Protokoły z monitorowania urządzeń pomiarowych z dnia: 2017.10.20; 2018.01.19; 2018.04.19; 2018.07.19 wraz z aneksem, na okoliczność powstania uszkodzeń w Budynku Stacji Odwadniania Osadu w Borówcu, ul. Szkolna”, opracowanie Pracownia Projektowa Roman Pilch;
- [f] Wybrane karty nadzoru autorskiego z robót fundamentowych obiektu stacji odwadniania osadu z dnia 2011.03.02; 2011.04.19; 2011.04.27; 2011.05.24;
- [g] Monitoring geodezyjny – zestawienia obserwacji reperów z dn. 6.04.2020, 15.04.2020, 22.05.2020, 26.06.2020, opracowanie Geocartis
- [h] „Opinia geotechniczna dla rozpoznania warunków geotechnicznych w rejonie istniejącej skarpy na terenie oczyszczalni ścieków w m. Borówiec”, opracowanie GT Projekt, nr dok. 8748A, lipiec 2020r.
- [i] „Projekt Wykonawczy. Wzmocnienie podłoża gruntowego w technologii „jet-grouting”. Budynek stacji odwadniania osadu [OB.12] na terenie oczyszczalni ścieków przy ulicy Szkolnej w Borówcu”, opracowanie GT Projekt, nr dok. 8208A, luty 2019r.
- [j] Wizja lokalna wraz z inwentaryzacją geodezyjną skarpy, w dn. 1.10.2020r.
- [k] bieżące uzgodnienia ze Zleceniodawcą.

2. PODSTAWOWE INFORMACJE O OBIEKCIE

2.1. LOKALIZACJA OBIEKTU

Oczyszczalnia ścieków w Borówcu (OŚ Borówiec) zlokalizowana jest w obrębie miejscowości, około 600 m na zachód od drogi ekspresowej S11, na lewym brzegu cieku Głuszynka, płynącego z południa na północ i dalej, na północny zachód (dolina Głuszynki stanowi wschodnią i północną, naturalną granicę oczyszczalni).

Rzędne terenu badań i najbliższego otoczenia wynoszą od około 64 m n.p.m. (teren w bezpośrednim sąsiedztwie cieku) do około 73 m n.p.m. (zalesione wzgórze, położone bezpośrednio na południe i zachód od terenu oczyszczalni).

W rejonie skarpy rzędne wynoszą ok. 65,0-65,5 m n.p.m. u podstawy skarpy, bezpośrednio przy ogrodzenia i ok. 69,0-69,5 m n.p.m. na górze skarpy, w pobliżu obiektów nr 06, 14, 07, 11.1, 11.2, 12).

2.2. OGÓLNY OPIS STANU SKARPY ORAZ OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

Infrastruktura w północnej i północno-wschodniej części oczyszczalni jest zlokalizowana na skarpie o wysokości ok. 4-4,5m. Skarpa jest skierowana w stronę doliny rzeki Głuszynki. W podstawie skarpy przebiega granica inwestycji i ogrodzenie terenu oczyszczalni ścieków.

Skarpa jest porośnięta bujną roślinnością, jednak mimo to w wielu miejscach można zaobserwować przemieszczenia mas ziemnych, oberwania, wyerodowane fragmenty. Na przestrzeni lat, w trakcie eksploatacji infrastruktury oczyszczalni, obserwowano też deformacje fragmentów chodników i korytek ściekowych na naziomiu skarpy. Obecnie zauważalne też są zarysowania i spękania niektórych budynków – zarówno z zewnątrz, jak i wewnątrz.

W pobliżu granicy działki, na górze skarpy, znajdują się następujące obiekty:

Obiekt nr 12 - budynek odwadniania osadu

Zaobserwowano zarysowania i spękania na zewnętrznej ścianie budynku oraz wewnątrz – zwłaszcza nad bramą garażową i w jednym z narożników budynku.



Obiekt K7 (element małej infrastruktury)

Nie zaobserwowano problemów w bezpośrednim pobliżu obiektu.



Obiekt 17 – pompownia wody technologicznej

W przeszłości obserwowano znaczne deformacje opaski chodnikowej i schodów – obecnie nowe, niedawno odtworzone.



Obiekty 11.1 i 11.2 – zagęszczacze grawitacyjne

Nie zaobserwowano zarysowań / spękań na licu budynku. Niewielka szczelina pomiędzy opaską chodnikową a zagęszczaczem.



Obiekt 07 – budynek dmuchaw

Zaobserwowano deformacje opaski chodnikowej biegnącej wzdłuż budynku.

Brak możliwości zaobserwowania ewentualnych zarysowań / spękań w środku budynku, z uwagi na panele akustyczne wyłożone od wewnątrz budynku.

Obiekt 14 – budynek stacji trafo i agregatu

Zaobserwowano zarysowania i spękania na zewnętrznej ścianie, w narożniku budynku od strony skarpy, a także pod jednym z okien, natomiast drugie z okien nie otwiera się. Ponadto występują deformacje opaski chodnikowej, a w przeszłości także korytek ściekowych (wielokrotnie układanych/naprawianych).

Brak możliwości zaobserwowania ewentualnych zarysowań / spękań w środku budynku, z uwagi na panele akustyczne w znacznej części wewnątrz budynku.

Uwaga: praca agregatu generuje silne drgania.



Obiekt 06 – pompownia recyrkulatu

Zaobserwowano znaczne deformacje opaski chodnikowej biegnącej wzdłuż budynku, od strony skarpy



Skarpa

Skarpa opadająca w kierunku doliny Głuszynki, o wysokości ok. 4-4,5m jest porośnięta bujną roślinnością. Zaobserwowano przemieszczenia i deformacje opasek chodnikowych i korytek ściekowych na górze skarpy. Na licu skarpy miejscami widać oberwanie mas ziemnych, wymyte fragmenty, jednak ze względu na roślinność, są one obecnie trudno widoczne. U podstawy skarpy widoczne są przemieszczenia mas ziemnych, wybrzuszenia, a także zaobserwowano wysięki wody. Z informacji otrzymanych od pracowników oczyszczalni ścieków wynika, że okresowo występuje więcej wysięków wody. Ścieżka biegnąca u podstawy skarpy, przy ogrodzeniu, w wielu miejscach jest już znacznie węższa niż początkowo (skarpa miejscami dochodzi do ogrodzenia). Jednak ścieżka jest rzadko uczęszczana i nie prowadzono dotąd jej monitoringu ani dokładnych obserwacji w tym zakresie.

Dużym problemem jest złe odwodnienie terenu i obiektów budowlanych. Woda z rynien, z obiektów posadowionych na górze skarpy, odprowadzana jest korytkami ściekowymi do krawędzi skarpy, a następnie najprawdopodobniej miała odpływać po narzucie kamiennym. Od dłuższego czasu woda opadowa najprawdopodobniej spływa po powierzchni skarpy, wymywając ją i powodując znaczną jej degradację. W wielu miejscach zaobserwowano, że narzut kamienny, po którym miała spływać woda, znajduje się już u podstawy skarpy.





3. WARUNKI GRUNTOWO – WODNE

Opis warunków gruntowo - wodnych przytoczono za archiwalnymi dokumentacjami geotechnicznymi [c], [d], [h].

3.1. MORFOLOGIA I HYDROGRAFIA

Analizowany teren znajduje się w obrębie Pojezierza Wielkopolskiego (315.5), jednostki fizjograficznej rzędu makroregionu wg podziału J. Kondrackiego (Narodowy Atlas Polski). W szczegółowym podziale geomorfologicznym, teren badań leży w obrębie Równiny Wrzesińskiej (315.56).

Rozpatrywana lokalizacja położona jest w bezpośrednim sąsiedztwie doliny cieku – Głuszynki, płynącej z południa na północ i północny zachód, stanowiącej naturalną, wschodnią i północną granicę OŚ Borowiec. Rzędne doliny Głuszynki wynoszą około 64÷66 m n.p.m.; dolina wcina się w otaczający teren, leżący na rzędnych powyżej 70 m n.p.m.

Ciek Głuszynka o długości około 34 km (zwany też Kamionką lub, niewłaściwie, Koplą, Kroplą) stanowi prawy dopływ Warty. Głuszynka wypływa z Jeziora Raczyńskiego dalej przepływa przez ciąg jezior rynnowych (Bnińskie, Kórnickie, Skrzyneckie Duże i Skrzyneckie Małe), a uchodzi do Warty w miejscowości Czapury na południe od Poznania.

3.2. BUDOWA GEOLOGICZNA

Budowę geologiczną analizowanego rejonu rozpoznano na podstawie map geologicznych, materiałów archiwalnych [c], [d] oraz badań geotechnicznych [h]. W podłożu opisywanego terenu stwierdzono występowanie utworów czwartorzędowych, związanych z akumulacyjną działalnością lądolodów w okresach glacialnych oraz erozyjno-akumulacyjną wód lodowcowych oraz rzecznych w okresach interglacialnych, a także osadów holocenów.

Budowa geologiczna terenu badań, ze względu na położenie w strefie krawędziowej doliny rzecznej, jest skomplikowana.

Najstarszymi osadami, nawierconymi w analizowanym rejonie są osady związane z bezpośrednią akumulacją zlodowacenia środkowopolskiego. Są to gliny piaszczyste ze żwirem i otrockami, barwy szarej, silnie skonsolidowane, lokalnie z przewarstwieniami i soczewkami piasków. Strop glin zwałowych występuje w zróżnicowanym przedziale głębokości od 1,3 do 18,0 m p.p.t., tj. w przedziale rzędnych od 67,5 do 51,0 m n.p.m. i zapada stromo w kierunku doliny rzeki Głuszynki. Gliny zlodowacenia środkowopolskiego zostały nawiercone tylko lokalnie. W części wykonanych punktów badawczych, do głębokości rozpoznania nie stwierdzono osadów zwałowych. Zostały one prawdopodobnie wyerodowane podczas procesów związanych z powstaniem doliny rzecznej. Osadami kolejnymi stratygraficznie w sekwencji, częściowo zalegającymi na glinach zlodowacenia środkowopolskiego odłożone są utwory zastoiskowe – mułki zastoiskowe fazy leszczyńskiej zlodowacenia północnopolskiego. Są to osady wykształcone jako pyły oraz gliny pylaste z przewarstwieniami oraz wkładkami piasków. Strop mułków stwierdzono na rzędnych od około 62,5 m n.p.m. do około 54,5 m n.p.m.

Bezpośrednio na stropie mułków zastoiskowych zalega nieciągła warstwa osadów niespoistych – piasków wodnolodowcowych dolnych fazy leszczyńskiej. Warstwa cechuje się zmienną miąższością. Lokalnie piasków wodnolodowcowych dolnych nie stwierdzono, a ich maksymalna miąższość wynosi do około 6,0 m.

Na badanym obszarze stwierdzono zarówno osady holocenyckie rodzime, jak i pochodzenia antropogenicznego. Holocenyckie osady rodzime związane s z rozwojem doliny rzeki Głuszynki. Wykształcone s jako torfy, gytie oraz pyły i piaski humusowe. Miąższość osadów holocenyckich rodzimych wynosi od około 2,0 do około 9,0 m. W północnej części terenu badań, lokalnie osadów holocenyckich rodzimych nie stwierdzono.

Holocenyckie osady antropogeniczne wbudowane s w skarpe i jej podnoże. Osady kulturowe składają się z mieszaniny piasków drobnych, humusu, glin i piasków gliniastych z domieszkami humusu oraz namułó. Miąższość nasypów w punktach badawczych wahała się od 1,0 do 5,3 m. Ze względu na punktowe rozpoznanie podłoża gruntowego, należy mieć na uwadze, że lokalnie, pomiędzy miejscami wykonanych badań, nasypy mogą cechować się jeszcze większą miąższością. Przedmiotowy teren został znacznie zmieniony w związku z budową oczyszczalni ścieków.

3.3. WARUNKI GEOTECHNICZNE

Na podstawie analizy budowy geologicznej podłoża gruntowego, w podłożu wydzielono pakiety gruntów o zróżnicowanej genezie. Natomiast w obrębie pakietów wyróżniono warstwy różniące się rodzajem (litologią) oraz stanem (konsystencją lub zagęszczeniem). Podstawą wydzielenia warstw w obrębie pakietów były wyniki badań terenowych: sondowań statycznych; parametrami wiodącymi były: współczynnik tarcia (R_f) oraz opór na stożku sondy (q_c).

Pakiet I - pakiet nasypów antropogenicznych, zbudowanych z mieszaniny piasków, piasków gliniastych, glin, humusu, namułó:

IA	-	nN [Pd+...+Pg+H+K]	$R_f \approx 1,0 \div 5,0 \%$
IA1	-	bardzo luźne	$q_c \approx 1,4 \text{ MPa}$
IA2	-	luźne	$q_c \approx 3,1 \text{ MPa}$
IA4	-	średniozagęszczone	$q_c \approx 6,8 \text{ MPa}$
IA6	-	średniozagęszczone	$q_c \approx 15,0 \text{ MPa}$
IB	-	nN [Gp+Pg+...+Ps+Ż+H+Nm]	$R_f \approx 1,0 \div 3,0 \%$
IB1	-	miękkoplastyczne	$q_c \approx 0,5 \text{ MPa}$
IB2	-	plastyczne	$q_c \approx 1,4 \text{ MPa}$
IB3	-	twardoplastyczne/plastyczne	$q_c \approx 3,0 \text{ MPa}$

Pakiet II - pakiet osadów holocenyckich związanych z rozwojem doliny rzeki Głuszynki zarówno osadów organicznych oraz osadów piaszczystych i spoistych z domieszkami części organicznych; osady spoiste cechują się symbolem konsolidacji „C”):

IIA	-	torfy, gytie, namuły T Gy Nmg //PdH	$R_f \approx 6,0 \div 11,0 \%$
IIA1	-		$q_c \approx 0,3 \text{ MPa}$
IIA2	-		$q_c \approx 0,6 \text{ MPa}$
IIA3	-		$q_c \approx 0,9 \text{ MPa}$
IIb	-	Pd//T//Gy Pd//Pg Pd//π	$R_f \approx 1,0 \div 2,5 \%$
IIb1	-	luźne	$q_c \approx 2,0 \text{ MPa}$ $I_D < 0,25;$
IIc	-	πpH/Gy πp+H	
IIc1	-	plastyczne	$I_L \approx 0,45;$

Pakiet III - pakiet osadów wodnolodowcowych, niespoistych z wkładkami mułków, mułki cechują się stopniem konsolidacji (symbol konsolidacji „B”), w obrębie pakietu wyróżniono następujące warstwy:

IIIA	-	Pd Pd//π Pd//Pg Ps,	$R_f \approx 1,0 \div 3,0 \%$
IIIA3	-	luźne/średniozagęszczone	$q_c \approx 3,5 \text{ MPa}$ $I_D \approx 0,35;$
IIIA4	-	średniozagęszczone	$q_c \approx 5,6 \text{ MPa}$ $I_D \approx 0,45;$
IIIA5	-	średniozagęszczone	$q_c \approx 11,0 \text{ MPa}$ $I_D \approx 0,55;$
IIIB	-	mułki zastoiskowe $\pi//P\pi$	$R_f \approx 1,0 \div 2,0 \%$
IIIB5	-	twardoplastyczne	$q_c \approx 3,0 \text{ MPa}$ $I_L \approx 0,15;$

Pakiet IV - pakiet osadów zastoiskowych fazy leszczyńskiej, dominują mułki zastoiskowe z wkładkami piasków; mułki cechują się stopniem konsolidacji (symbol konsolidacji „B”), w obrębie pakietu wyróżniono następujące warstwy:

IVA	-	mułki zastoiskowe π Gπ π p //Pπ,	$R_f \approx 2,0 \div 4,0 \%$
IVA3	-	plastyczne	$q_c \approx 1,1 \text{ MPa}$ $I_L \approx 0,35;$
IVA4	-	twardoplastyczne/plastyczne	$q_c \approx 2,2 \text{ MPa}$ $I_L \approx 0,25;$
IVB	-	piaski drobne „zaglinione”, „zapyłone” Pd Pπ //π	$R_f \approx 1,0 \div 2,5 \%$
IVB3	-	luźne/średniozagęszczone	$q_c \approx 3,5 \text{ MPa}$ $I_D \approx 0,35;$
IVB4	-	średniozagęszczone	$q_c \approx 6,0 \text{ MPa}$ $I_D \approx 0,45;$

Pakiet V - pakiet plejstocенskich osadów zwałowych, zlodowacenia środkowopolskiego; gliny cechują się wysokim stopniem konsolidacji (symbol konsolidacji „A”), w obrębie pakietu wyróżniono następujące warstwy:

VA	-	gliny zwałowe Gp Gp+Ż	$R_f \approx 3,0 \div 6,0 \%$
VA4	-	twardoplastyczne/plastyczne	$q_c \approx 1,4 \text{ MPa}$ $I_L \approx 0,25;$
VA5	-	twardoplastyczne	$q_c \approx 2,4 \text{ MPa}$ $I_L \approx 0,15;$
VA6	-	twardoplastyczne / półzwarte	$q_c \approx 6,5 \text{ MPa}$ $I_L \approx 0,00;$
VA7	-	półzwarte	$q_c \approx 10,0 \text{ MPa}$ $I_L < 0,00;$
IVB	-	piaski drobne „zaglinione”, „zapyłone” Pπ //Gp	$R_f \approx 1,2 \div 1,5 \%$
IVB4	-	średniozagęszczone	$q_c \approx 6,0 \text{ MPa}$ $I_D \approx 0,45;$

3.4. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

W analizowanym terenie stwierdzono występowanie jednego poziomu wodonośnego, w obrębie piętra czwartorzędowego.

Dla oceny warunków geotechnicznych istotne znaczenie mają wody piętra czwartorzędowego. Woda gruntowa pierwszego poziomu występuje w obrębie holocенskich nasypów, rodzimych osadów holocенskich, osadów wodnolodowcowych, osadów zastoiskowych fazy leszczyńskiej. Wody pierwszego poziomu, pomimo występowania w obrębie osadów o odmiennej stratygrafii oraz genezie, pozostają ze sobą w kontakcie hydraulicznym. Woda gruntowa występuje w postaci swobodnego i napiętego zwierciadła wody oraz częściowo w postaci sączeń.

Ustabilizowane zwierciadło wody gruntowej w rejonie terenu badań występowało w trakcie badań [h] na głębokości od około 0,50 do 4,00 m p.p.t., tj. na rzędnej od około 64,19 do 67,482 m n.p.m. Na podstawie badań stwierdzono generalne spływ wody gruntowej, zgodne z morfologią terenu, tj. w kierunku rzeki Głuszynki. Woda gruntowa spływa do doliny rzecznej po stropie osadów słaboprzepuszczalnych (grunty pakietu IV oraz V).

Głębokości zalegania oraz wahania wody gruntowej pierwszego poziomu zależą pośrednio od ilości opadów atmosferycznych. Na analizowanym terenie należy się liczyć z wahaniami poziomu wód gruntowych, od około +0,70 m do -1,00 m od poziomów zaobserwowanych w czerwcu 2020 r. [h]. Maksymalnych stanów należy się spodziewać w czasie wiosennych roztopów (marzec, kwiecień) i długotrwałych, ulewnych deszczy natomiast minimalnych po suchych latach (wrzesień, październik). Stan wód w czerwcu 2020 r. należy uznać za średni [h].

4. ANALIZA STATECZNOŚCI

W oparciu o wykonane badania geotechniczne [c], [d], [h] oraz wizję lokalną i przeprowadzoną inwentaryzację skarpy [j], wytypowano przekroje poprzeczne przez skarpe, w których wykonano obliczenia.

Z uwagi na brak rysunków przekrojów poprzecznych, geometria skarpy została przyjęta przez Autorów opracowania na podstawie inwentaryzacji własnej [j] oraz planu sytuacyjnego. W związku z powyższym przyjęta geometria może nieznacznie się różnić od rzeczywistej, nie powinno to jednak znacząco wpłynąć na obliczenia.

Przyjęto obciążenie na naziomie skarpy, od istniejących budynków:

- 10 kPa – wewnątrz budynków,
- 60 kPa – w miejscu ław fundamentowych,
- 100 kPa – w miejscu zagęszczacza (przy założeniu wypełnienia całego zbiornika).

Uwaga: w związku z informacją o planowanym zwiększeniu obciążenia w budynku nr 12, uwzględniono dodatkowe obciążenie, w postaci pionowej siły skupionej o wartości 50 kN.

4.1. OPIS METODY OBLICZEŃ

Analizę numeryczną stateczności skarp przeprowadzono przy użyciu programu obliczeniowego GGU-Stability, przy zastosowaniu metody Bishopa. Założeniem tej metody jest podział rozpatrywanej skarpy na bloki obliczeniowe.

Dla wybranych przekrojów poprzecznych wyznaczono stateczność ogólną skarp nasypów. Obliczono najbardziej prawdopodobne, kołowe powierzchnie poślizgu i określono dla nich współczynniki wykorzystania μ , korzystając z metody Bishopa. Analizę wykonano wykorzystując podejście obliczeniowe 3, zgodnie z EC7, przy użyciu współczynników cząstkowych (A2+M2+R3). Na podstawie współczynników wykorzystania μ , obliczono wskaźniki stateczności η .

Dopuszczalna wartość wskaźnika stateczności wynosi $\eta \geq 1.0$, co jest jednoznaczne ze współczynnikiem wykorzystania: $\mu \leq 1.0$.

$$\eta = \frac{1}{\mu}$$

gdzie:

η – wskaźnik stateczności [-],

μ - współczynnik wykorzystania [-].

4.2. WYNIKI ANALIZY STATECZNOŚCI

Wytypowano 5 przekrojów obliczeniowych, a przybliżony przebieg przekrojów został przedstawiony na planie sytuacyjnym – rys. 8836A_01_00

Przekrój A – w pobliżu obiektu nr 12

Przekrój B – w pobliżu obiektu nr 12

Przekrój C – w pobliżu obiektu nr 11.2

Przekrój D – w pobliżu obiektu nr 07

Przekrój E – w pobliżu obiektu nr 14 (w narożniku budynku)

Poniżej, zestawiono współczynniki wykorzystania μ oraz wskaźniki stateczności η dla poszczególnych przypadków rozwiązania, w wybranych przekrojach obliczeniowych.

W każdym z przekrojów najpierw obliczono stateczność skarpy w stanie istniejącym aktualnie. W dalszych wariantach uwzględniono odciążenie skarpy keramzytem (warstwy o łącznej miąższości 1,5m), a także odciążenie skarpy z dodatkowym wzmocnieniem fundamentów obiektu w technologii „jet-grouting”. W przypadku przekrojów A i B (budynek 12) uwzględniono już wykonane wzmocnienie w technologii „jet-grouting”.

ANALIZA STATECZNOŚCI SKARPY			
Nr zał.	Przekrój, zastosowane rozwiązanie	Współczynnik wykorzystania μ wg EC7	Wskaźnik stateczności η wg EC7
1.1-1.2	przekrój A		
	uwzględnienie wzmocnienia fundamentów jet-grouting (stan obecny)	1.23	0.81
	uwzględnienie wzmocnienia fundamentów jet-grouting oraz odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny	0.90	1.11
2.1-2.2	przekrój B		
	uwzględnienie wzmocnienia fundamentów jet-grouting (stan obecny)	1.30	0.77
	uwzględnienie wzmocnienia fundamentów jet-grouting oraz odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny	0.97	1.03
3.1-3.3	przekrój C		
	skarpa w stanie obecnym	1.19	0.84
	uwzględnienie odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny	1.18	0.85
	uwzględnienie wzmocnienia fundamentów jet-grouting oraz odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny	0.95	1.05

4.1- 4.3	przekrój D		
	skarpa w stanie obecnym	1.14	0.88
	uwzględnienie odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny	0.98	1.02
	uwzględnienie wzmocnienia fundamentów jet-grouting oraz odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny	0.86	1.16
5.1- 5.3	przekrój E		
	skarpa w stanie obecnym	1.34	0.75
	uwzględnienie odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny	1.21	0.83
	uwzględnienie wzmocnienia fundamentów jet-grouting oraz odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny	0.96	1.04

Dopuszczalna wartość wskaźnika stateczności wynosi $\eta \geq 1.0$, co jest jednoznaczne ze współczynnikiem wykorzystania: $\mu \leq 1.0$.

W związku z powyższym, wartość wskaźnika stateczności jest dopuszczalna:

- **w przekroju A** przy uwzględnieniu wzmocnienia fundamentów jet-grouting oraz odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny,
- **w przekroju B** przy uwzględnieniu wzmocnienia fundamentów jet-grouting oraz odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny,
- **w przekroju C** przy uwzględnieniu wzmocnienia fundamentów jet-grouting oraz odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny,
- **w przekroju D** przy uwzględnieniu odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny (wzmocnienie fundamentów jet-grouting nie jest niezbędne do zapewnienia stateczności w tym przekroju),
- **w przekroju E** przy uwzględnieniu wzmocnienia fundamentów jet-grouting oraz odciążenia skarpy keramzytem (1,5m) z zastosowaniem geotkaniny.

5. PROPONOWANE ROZWIĄZANIA

Z uwagi na brak wymaganej stateczności skarpy oraz obserwowane problemy z postępującą jej degradacją oraz problemy z istniejącą infrastrukturą oczyszczalni ścieków, opisane szerzej w punkcie 2.2., należy bezwzględnie uporządkować odwodnienie powierzchniowe terenu oraz odciążyć skarpe zamieniając wierzchnie warstwy gruntu na keramzyt z przekładkami geosyntetyków (wariant 1 - rozwiązanie tymczasowe). Alternatywnie, po minimum 2 letnim okresie wdrożenia wariantu 1, zaleca się wykonanie wzmocnienia wglębnego fundamentów uszkodzonych obiektów w technologii „jet-grouting”. W obu przypadkach niezbędnym jest wdrożenie szczegółowego monitoringu geodezyjnego przemieszczeń pionowych i poziomych obiektów budowlanych wraz z obserwacją stanu budynków i skarpy.

5.1. WARIANT 1

Odciążenie skarpy za pomocą keramzytu przy zastosowaniu geosyntetyków

Zaleca się rozbiórkę istniejących warstw mineralnych i wbudowanie w górną część skarpy keramzytu (lekki materiał), w celu odciążenia skarpy. Założono wbudowanie keramzytu o łącznej miąższości około 1,5m. Przewiduje się wbudowywanie warstw keramzytu w 3 warstwach o grubości 0,5m każda. Dodatkowo, należy uwzględnić zastosowanie geosyntetyku. Proponuje się użycie geotkaniny o funkcjach wzmacniających oraz separujących – założono do obliczeń długoterminową wytrzymałość na rozciąganie 80/80 kN/m. Rozbiórkę warstw istniejącej skarpy oraz wbudowywanie warstw keramzytu należy prowadzić etapowo, odcinkami, w celu nienaruszenia stateczności budynków posadowionych w jej pobliżu. Założono układanie warstw keramzytu w odległości ok. 0,3m od fundamentu, a poniżej spodu fundamentu dodatkowo z odpowiednim spadkiem.

Warstwy keramzytu należy wbudowywać w odpowiednich szalunkach, każda warstwa w całości zamknięta w geosyntetyku, z zachowaniem zakładów zalecanych przez producenta. Ponadto, niższe warstwy należy wykonać z odpowiednim spadkiem od strony fundamentu (wg rys. 8836A_02_01) i zachować szczególną staranność, by nie naruszyć podłoża w bezpośrednim sąsiedztwie fundamentów obiektów. Na warstwach keramzytu należy ułożyć warstwy nawierzchni chodnikowej/trawnika.

Zaproponowane rozwiązanie odciążenia skarpy keramzytem oraz zastosowanie geosyntetyków tymczasowo zabezpieczy i poprawi jej stan, jednak nie zagwarantuje zapewnienia stateczności i całkowitego zatrzymania przemieszczeń.

Warunkiem koniecznym jest uporządkowanie powierzchniowego odwodnienia całego terenu. Bezwzględnie należy zapobiec degradacji skarpy spływającą wodą opadową.

Rozwiązanie ma charakter tymczasowego zabezpieczenia skarpy i zakłada konieczność obserwacji stanu skarpy oraz obiektów przez okres min. 24 miesięcy, w tym prowadzenie monitoringu przemieszczeń pionowych i poziomych. Po tym okresie należy przeanalizować ewentualną konieczność wdrożenia wariantu 2 lub innych niezbędnych czynności zabezpieczających.

Uwaga!

Prace związane z rozbiórką skarpy i wbudowaniem warstw keramzytu przy zagęszczaczach 11.1 i 11.2 należy wykonywać przy możliwie najmniejszym obciążeniu/wypełnieniu zbiorników zagęszczaczy, przy każdym zbiorniku osobno.

5.2. WARIANT 2

Wykonanie wzmocnienia wgłębnego fundamentów obiektów w technologii „jet-grouting” oraz odciążenie skarpy za pomocą keramzytu wraz z zastosowaniem geosyntetyków (wykonane w ramach wariantu 1).

W przypadku braku stabilizacji skarpy i obiektów budowlanych, po wdrożeniu wariantu 1, zaleca się wzmocnienie podłoża gruntowego w technologii wysokociśnieniowej iniekcji strumieniowej „jet-grouting”, tj. scementowanie gruntów występujących pod częścią fundamentów budynków. Wykonanie iniekcji podłoża gruntowego pozwoli na polepszenie parametrów gruntu i przeniesienie obciążeń z budynku na głębsze podłoże gruntowe. Wykonanie kolumn iniekcyjnych przewiduje się pod fundamentami obiektów, w części od

strony skarp, co powinno zredukować/zatrzymać osiadania obiektów, a w połączeniu z odciążeniem skarpy i zastosowaniem geosyntetyków, zapewnić stateczność budowli i skarpy.

Zaprojektowanie wzmocnienia w głębnego w technologii „jet-grouting” wymaga zrealizowania szerokiego zakresu prac geotechnicznych (badań podłoża gruntowego oraz obliczeń analitycznych), który pozwoli prawidłowo ocenić niezbędny zakres wzmocnienia podłoża (w planie, długości i średnicy kolumn).

Na obecnym etapie Projektu Konceptyjnego, zakłada się wykonanie wzmocnienia w technologii „jet-grouting” na części obrysu fundamentów. Schematycznie zakres wzmocnienia kolumnami iniekcijnymi przedstawiono na rys. 8836A_01_00, jednak na etapie Projektu Wykonawczego zakres wzmocnienia należy szczegółowo zweryfikować (obrys każdego z fundamentów i dostosować lokalizację kolumn w planie).

Wstępnie przyjęto szerokość wzmocnienia podłoża na ok. 1,2-1,5m, co należy zweryfikować po szczegółowych badaniach geotechnicznych. Długość kolumn „jet-grouting” należy dostosować do lokalnych warunków geotechnicznych, tj. do głębokości zalegania warstwy nośnej (obecnie można szacować, że kolumny iniekcyjne będą mieć długość ok. 7m). Należy również dostosować nachylenie wykonywanych kolumn do możliwości ich wykonania.

W przypadku wykonywania kolumn po wcześniejszym wykonaniu keramzytu, należy dołożyć wszelkie staranność, by nie naruszyć warstw keramzytu oraz geotkaniny. W przypadku ich wyłącznie lokalnego naruszenia, może zajść konieczność uzupełnienia keramzytu i geosyntetyków. Jednak nie przewiduje się konieczności ponownego wykonywania warstw keramzytu.

5.3. OPIS TECHNOLOGII INIEKCJI STRUMIENIOWEJ JET-GROUTING

Wykonanie kolumn cementowo-gruntowych w technologii „jet-grouting” polega na w głębny scementowaniu szkieletu gruntowego przy zastosowaniu iniekcji wysokociśnieniowej.

Roboty iniekcyjne mogą być realizowane wyłącznie przez Wykonawcę posiadającego odpowiedni sprzęt do wykonywania iniekcji techniką strumieniową oraz odpowiednie doświadczenie w prowadzeniu tego typu robót.

Wykonawca zobowiązany jest do sporządzenia we własnym zakresie i na własny koszt Projektu Technologii i Organizacji Robót oraz opracowania Programu Zapewnienia Jakości.

W przeciwieństwie do klasycznych iniekcji, w wyniku których struktura gruntu i jego skład granulometryczny pozostają właściwie niezmienione, w technologii iniekcji strumieniowej grunt jest rozdrabniany strumieniem zaczynu cementowego wypływającego z dysz iniekcyjnych z dużą energią. Prędkość (około 100 m/s) oraz ciśnienie (minimum 50 MPa, na ogół nie mniejsze niż 120 MPa) powodują, że w zasięgu działania strumienia iniektu, cząstki gruntu zostają wymieszane z zaczynem, a ich nadmiar wypływa na powierzchnię terenu. Utworzona w ten sposób mieszanina cementogruntu uzyskuje wytrzymałość na ściskanie od ok. 3 do 8 MPa w gruntach spoistych oraz do około 20 ÷ 25 MPa w piaskach i żwirach.

Formowanie kolumny iniekcyjnej należy wykonywać na odpowiednio wyniesionej platformie roboczej tak, aby głowicę kolumny zakończyć poniżej poziomu platformy.

Formowanie kolumny odbywać się winno z prędkością około 0,3 ÷ 0,4 m/min. Poprzez podnoszenie żerdzi wiertniczej z jednoczesnym jej obrotem wokół własnej osi (około 15 ÷ 20 obrotów / min.). Umiejętne kojarzenie ciśnienia podawanego medium, z obrotami żerdzi iniekcyjnej i prędkością jej unoszenia w otworze umożliwia uzyskanie efektu

wymieszania rozplukanego gruntu z podawanym iniektem i wytworzenia elementu iniekcyjnego o odpowiednich wymiarach i parametrach wytrzymałościowych.

Uwaga: ze względu na okresowe rozluźnienie gruntu (i spadek jego wytrzymałości) kolumn iniekcyjne nie mogą być formowane pod fundamentami w kolejności „jedna przy drugiej”; wymagany jest odpowiedni odstęp i formowanie co trzeciej – co piątej / szóstej kolumny dziennie.

Technologia jest mało wrażliwa na występowanie przewarstwień i innych niejednorodności gruntu oraz na występowanie przepływów filtracyjnych i umożliwia iniektowanie podłoża w kontrolowany sposób.

Technologia wzmacniania gruntu metodą iniekcji strumieniowej jest przyjazna dla środowiska ze względu na stosowanie nieszkodliwych materiałów. Technologia „jet-grouting”, prosta z założenia, wymaga jednak dużego doświadczenia w wykonawstwie i projektowaniu oraz zastosowania odpowiednich maszyn i przestrzegania warunków bieżącej kontroli wykonania robót.

5.4. CZYNNOŚCI DODATKOWE

Należy uporządkować odwodnienie wód opadowych, w tym odprowadzenie wód powierzchniowych i wód z rynien poszczególnych obiektów do podstawy skarpy.

Zwraca się uwagę, że po rozbiórce części nasypu i ponownym odtworzeniu z keramzytu, należy usunąć i ponownie odtworzyć/ukorzenić roślinność na licu skarpy, a także na naziomiu. W trakcie prac związanych z wbudowywaniem keramzytu, należy także przebudować instalacje biegnące w skarpie. Zaleca się odtworzenie instalacji w takiej odległości od budynków, by w przypadku późniejszego wykonywania kolumn iniekcyjnych nie zachodziła kolizja.

Naziomu skarpy nie wolno dodatkowo obciążać. Po wykonaniu wzmocnienia należy zabezpieczyć teren w bezpośrednim sąsiedztwie skarpy przed wjazdem/parkowaniem pojazdów.

Należy wdrożyć **monitoring geodezyjny** przemieszczeń pionowych i poziomych. Na czas prowadzenia monitoringu osiadań, repery należy trwale zabezpieczyć przed ewentualnym uszkodzeniem/zniszczeniem. Monitoring geodezyjny należy prowadzić przez min. 24 miesiące, min. 1 pomiar/miesiąc. Na rys. 8836A_01_00 przedstawiono propozycję lokalizacji reperów, jednak dokładna lokalizacja i szczegóły powinny zostać ustalone w projekcie monitoringu sporządzonym przez jednostkę geodezyjną. Założono zastosowanie co najmniej 20 reperów, tj. 10 par reperów: reper w pobliżu attyki do pomiaru przemieszczeń poziomych i reper ok. 0,5m nad poziomem terenu do pomiaru przemieszczeń pionowych.

Ponadto należy dokładnie obserwować stan skarpy, zwłaszcza pojawienie się wysięków wody, a także powierzchniowe oberwanie/obsunięcie mas ziemnych. Zaleca się przeprowadzenie szczegółowej wizji lokalnej wraz z oceną skarpy po przycięciu roślinności/opadnięciu liści.

Obserwacji należy poddawać także stan infrastruktury wokół budynków (zwłaszcza opasek chodnikowej, elementów korytek ściekowych itp.), a także samych budynków, w tym ewentualnych zarysowań, pęknięć itp.

6. UWAGI

1. Niniejszy **P**rojekt jest opracowaniem koncepcyjnym i nie może stanowić podstawy do realizacji opisanych rozwiązań.
 2. Szczegóły dot. wykonania zabezpieczenia skarpy poprzez jej odciążenie, odwodnienie terenu, wzmocnienia wglębnego podłoża muszą być przedstawione w Projektach Wykonawczych.
 3. Niniejszy projekt koncepcyjny należy rozpatrywać łącznie z częścią rysunkową oraz załącznikami.
 4. Wszystkie opisane prace muszą być wykonane pod ścisłym i ciągłym Nadzorem Geotechnicznym.
 5. Niezależnie od przyjętego rozwiązania, należy wprowadzić **monitoring geodezyjny** przemieszczeń pionowych i poziomych. Na czas prowadzenia monitoringu osiadań, repery należy trwale zabezpieczyć przed ewentualnym uszkodzeniem/zniszczeniem.
 6. Naziomu skarpy nie wolno dodatkowo obciążać. Po wykonaniu wzmocnienia należy zabezpieczyć teren w bezpośrednim sąsiedztwie skarpy przed wjazdem/parkowaniem pojazdów.
-