


NAZWA INWESTYCJI: <b>Naprawa przybudówki szybu windowego na terenie Oczyszczalni Ścieków Pomorzany w Szczecinie</b>		
ADRES: <b>ul. Tama Pomorzańska 8, Szczecin</b>		
DZIAŁKI NR: 9/5, obręb 1059		
INWESTOR: <b>Zakład Wodociągów i Kanalizacji Spółka z o. o. w Szczecinie</b> ul. M. Golisza 10, 71-682 Szczecin		
ZAMAWIAJĄCY: <b>Zakład Wodociągów i Kanalizacji Spółka z o. o. w Szczecinie</b> ul. M. Golisza 10, 71-682 Szczecin		
PROJEKTANCI: <b>Geotechnical Consulting Office Sp. z o.o. Sp. k.</b> ul. Jagiellońska 90/5, 70-437 Szczecin tel. 00 48 91 485 07 00 <b>E-Mail:</b> <a href="mailto:gco@gco-consult.com">gco@gco-consult.com</a> <b>www:</b> <a href="http://www.gco-consult.com">www.gco-consult.com</a>		NR PROJEKTU <b>GCO24033</b>  Geotechnical Consulting Office
NAZWA OPRACOWANIA: <b>OPINIA GEOTECHNICZNA WRAZ Z DOKUMENTACJĄ BADAŃ PODŁOŻA</b>		
AUTORZY RAPORTU	NR UPRAWNIEN	PODPIS
<b>dr inż. Mariusz Kowalow</b>	ZAP/0021/PWOK/05 Rzecz. Bud. 2539/05/U/C	
<b>mgr inż. Małgorzata Wróbel - Hen</b>	ZAP/0120/PWBKb/17 Upr. geol. nr VII 1907	
<b>mgr inż. Marta Chryścina</b>	ZAP/0076/WBKb/17 ZAP/0124/WBS/16 Upr. geol. kat. VII 1842	
<b>dr inż. Adam Wasiluk</b>	ZAP/0255/WBKb/16	
<b>mgr inż. Kacper Popowicz</b>		

Szczecin, kwiecień 2024 r.

## **SPIS TREŚCI**

1	Wstęp	4
2	Materiały wykorzystane w opracowaniu	4
3	Charakterystyka terenu badań	8
3.1	Lokalizacja i opis terenu badań	8
3.2	Charakterystyka przybudówki	8
4	Morfologia	9
5	Geologia	9
6	Prace polowe	10
6.1	Wiercenia badawcze	10
6.2	Sondowania dynamiczne DPH	11
6.3	Otwory obserwacyjne	12
6.4	Prace geodezyjne	13
6.5	Opróbowanie wyrobisk i badania makroskopowe	13
7	Badania laboratoryjne gruntu	14
7.1	Oznaczanie składu granulometrycznego	14
7.2	Oznaczanie wilgotności	14
7.3	Oznaczanie zawartości części organicznych	15
7.4	Agresywność wody gruntowej w stosunku do betonu i stali	15
8	Podłoże gruntowe	16
9	Woda podziemna	18
10	Agresywność wody podziemnej w stosunku do betonu i stali oraz gruntu w stosunku do betonu	20
11	Parametry geotechniczne podłoża gruntowego	20
12	Kategoria geotechniczna obiektu	21
13	Zalecenia odnośnie działań naprawczych	22
14	Podsumowanie	23

## **SPIS TABEL**

<b>Tabela 1:</b>	Współrzędne oraz rzędne wysokościowe punktów badawczych .....	13
<b>Tabela 2:</b>	Wyniki obliczeń współczynnika filtracji.....	14
<b>Tabela 3:</b>	Zestawienie oznaczeń wilgotności.....	15
<b>Tabela 4:</b>	Zestawienie wyników oznaczeń zawartości części organicznych .....	15
<b>Tabela 5:</b>	Zestawienie warstw geotechnicznych gruntu w rejonie przybudówki.....	17
<b>Tabela 6:</b>	Pomierzony poziom zwierciadła wód podziemnych .....	18
<b>Tabela 7:</b>	Wartości charakterystyczne do wymiarowania wyprowadzone na podstawie badań terenowych i laboratoryjnych .....	21

## **SPIS ZAŁĄCZNIKÓW**

Załącznik 1	Lokalizacja terenu Inwestycji
Załącznik 2	Mapa dokumentacyjna terenu badań
Załącznik 3	Karty otworów badawczych
Załącznik 4	Przekrój geotechniczny
Załącznik 5	Wykresy sondowań sondą dynamiczną ciężką DPH
Załącznik 6	Karta dokumentacyjna tymczasowego otworu obserwacyjnego
Załącznik 7	Wynik analizy granulometrycznej
Załącznik 8	Wynik analizy wód podziemnych na agresywność w stosunku do betonu i stali

## 1 Wstęp

**Zakład Wodociągów i Kanalizacji (ZWIK)** z siedzibą w Szczecinie zlecił firmie Geotechnical Consulting Office Sp. z o.o. Sp. k. (GCO) z siedzibą w Szczecinie, wyłonionej w drodze przetargu, wykonanie badań geotechnicznych oraz sporządzenie opinii geotechnicznej mającej na celu określenie budowy geologicznej podłoża gruntowego oraz ocenę warunków gruntowo-wodnych dla potrzeb doboru technologii wykonania naprawy przybudówki szybu windowego zlokalizowanej na terenie Oczyszczalni Ścieków Pomorzany w Szczecinie na działce nr 9/5 z obrębu 1059.

Podstawą wykonania prac jest Umowa nr 38/SZP/2024 zawarta pomiędzy Zakładem Wodociągów i Kanalizacji, a Geotechnical Consulting Office Sp. z o.o. Sp. k. z dnia 05.04.2024 r.

Niniejsza opinia geotechniczna wraz z dokumentacją badań podłoża opracowana została na podstawie wyników badań terenowych i laboratoryjnych wykonanych przez GCO w kwietniu 2024 r. przy uwzględnieniu wytycznych Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. Nr 0, poz.463) [17].

Lokalizację terenu badań przedstawiono w **załączniku 1**.

## 2 Materiały wykorzystane w opracowaniu

Następujące dokumenty zostały nam udostępnione przez Zleceniodawcę:

- [1] GEOTOM, Mapa inwentaryzacji, MODGiK.354.1323.20219, skala 1:500, 14.02.2022 r.,
- [2] WTE Wassertechnik gmbH, OTV S.A., Polimex Mostostal, Budowa mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków „Pomorzany” wraz z gospodarką osadową, Obiekt 13/3 Komory fermentacyjne, Przybudówka KL-13.3/3, dokumentacja powykonawcza, 13.11.2009 r.,
- [3] WTE Wassertechnik gmbH, OTV S.A., Polimex Mostostal, Budowa mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków „Pomorzany” wraz z gospodarką osadową, Obiekt 13/3 Winda, Obiekt NR-1.13/3, przekrój B-B, dokumentacja powykonawcza,

- [4] WTE Wassertechnik gmbH, OTV S.A., Polimex Mostostal, Budowa mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków „Pomorzany” wraz z gospodarką osadową, Obiekt 13/3 Winda, Obiekt NR-1.13/3, przekrój C-C, dokumentacja powykonawcza,
- [5] N-GEO, Szczecin, ul. Tama Pomorzańska 8, woj. zachodniopomorskie – rozbudowa węzła obróbki osadu wraz z niezbędną infrastrukturą techniczną na terenie Oczyszczalni Ścieków Pomorzany na dz. nr 9/5 (obr. 1059), załączniki 1 do 6, styczeń 2019 r.
- [6] Gwizdała K.: Opinia naukowo – techniczna dotycząca oceny nośności pali prefabrykowanych 40x40 cm wykonywanych pod posadowienie komór fermentacyjnych nr: 1.13/1, 1.13/2 na podstawie analizy oporów wbijania pali i dodatkowych sondowań CPT, Gdańsk, marzec 2006 r.,
- [7] AARSLEFF Sp. z o.o., Oświadczenie dot. wykonania robót palowych, Szczecin, 23.03.2006 r.,
- [8] Kutnowska Prefabrykacja Betonów Kutno Sp. z o.o., Oświadczenie o zgodności, Kutno, 14.02.2006 r.,
- [9] Fotokart Sp. z o.o., Inwentaryzacja powykonawcza pali docelowych – Obiekt 1.13/1, 27.02.2006 r.,
- [10] Fotokart Sp. z o.o., Inwentaryzacja powykonawcza pali docelowych – Obiekt 1.13/2, 28.02.2006 r.,
- [11] Fotokart Sp. z o.o., Inwentaryzacja powykonawcza pali docelowych – Obiekt 1.13/3, 11.12.2006 r.,
- [12] ZWiK w Szczecinie, Dokumentacja fotograficzna przybudówki szybu windowego.

Przy opracowaniu niniejszej dokumentacji uwzględniono ponadto następujące normy oraz akty prawne i literaturę:

- [13] Mapa hydrograficzna Polski 1:50 000, Arkusz Szczecin Wschód N33-90-C, Warszawa 2004,
- [14] Mapa topograficzna w skali 1:25 000 arkusz Szczecin,
- [15] Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski skala 1:50 000 arkusz Szczecin,
- [16] Mapa topograficzna Polski, skala 1:25 000, arkusz N-33-90-A, B,
- [17] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. Nr 0, poz.463),

- [18] Instrukcja ITB nr 303. Ustalenie przydatności gruntów dla potrzeb budownictwa. Warszawa 1990,
- PN-EN 1997-1:2008; Eurokod 7 - Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne,
- [19] PN-EN 1997-1:2008; Eurokod 7 - Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego,
- [20] PN-EN ISO14688 -1:2018-05 - Rozpoznanie i badania geotechniczne -- Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów -- Część 1: Oznaczanie i opis,
- [21] PN-EN ISO14688-2:2018-05 - Rozpoznanie i badania geotechniczne -- Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów -- Część 2: Zasady klasyfikowania,
- [22] PN-EN 1997-1:2008/NA, Załącznik Krajowy do Polskiej Normy,
- [23] PN-B-02479:1998 Dokumentowanie geotechniczne,
- [24] PN-88/B-04481 Grunty budowlane. Badanie próbek gruntów,
- [25] PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Podział, nazwy, symbole i określenia,
- [26] PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe,
- [27] PN-B-06050 Geotechnika: Roboty ziemne budowlane,
- [28] PN-83/B-02482 Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych,
- [29] DIN1054 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau,
- [30] Recommendations on Excavations EAB, 2nd Edition, Ernst & Sohn 2008,
- [31] Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ EA – Pfähle, Wyd. 2, Ernst & Sohn 2013,
- [32] Wiłun, Z., Zarys Geotechniki, Wydawnictwa Komunikacji i łączności 1987,
- [33] Knaupe, Werner: Zabezpieczenia i odwodnienia wykopów, VEB Wydawnictwo budowlane, Berlin 1979,
- [34] Joseph E., Bowels: Analiza i projektowanie fundamentów, The McGraw-Hill Companies Inc., 1996,
- [35] Henner, Türke: Statyka w budownictwie ziemnym, wydanie 2 poprawione, Wydawnictwo Architektoniczne i Nauk Technicznych Berlin, 1990,
- [36] Kondracki, J., Geografia regionalna Polski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010,
- [37] Paczyński, B., Sadurski, A., Hydrogeologia regionalna Polski – Tom I Wody słodkie, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2007,
- [38] Kowalski J.: Hydrogeologia z podstawami geologii, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław 2007.
- [39] Meyer Z.: Obliczenia inżynierskie osiadania fundamentów, Szczecin 2012,

- [40] Kowalów, M.: Einfluss von Wasserstandveränderungen eines Vorfluters auf die Grundwasserverhältnisse einer nahegelegenen Deponie (Oddziaływanie zmiany stanów wody w cieku na stosunki wodne w rejonie pobliskiego składowiska odpadów), Geotechnik 21, Nr. 2, Verlag Glückauf Essen, 1998,
- [41] Hilmer, K., Kowalów, M.: Bemessungswasserstand für Bauwerke im vorfluternahen Bereich (Stany wód gruntowych do wymiarowania dla obiektów położonych w sąsiedztwie cieków wodnych), LGA - Rundschau 98-2, LGA Eigenverlag, Nürnberg,
- [42] Kowalów, M.: Wpływ zabezpieczeń inżynierskich na zmianę hydraulicznych warunków filtracji ze składowisk odpadów, Szczecin, 2000,
- [43] Z. Meyer, M. Kowalów, R. Bednarek: ZMIANY SPOSOBU WZMACNIANIA GRUNTÓW SŁABYCH NA OSTROWIE GRABOWSKIM W OPARCIU O BADANIA KONSOLIDACJI TORFÓW XXIII Konferencja Naukowo-Techniczna "Awarie budowlane" Szczecin-Międzyzdroje 23-26 maja 2007,
- [44] Kowalów M., Wróbel M., Rozbudowa infrastruktury portowej na terenie Międzyzdrza - zagrożenia związane z bezpośrednim posadowieniem obiektów na gruntach organicznych i nasypowych, XXIII Konferencja Naukowo-Techniczna, Awarie Budowlane 2007, Międzyzdroje, maj 2007,
- [45] Kowalów, M.: Empiryczny model konsolidacji torfów w warunkach długiego czasu konsolidacji, Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej nr 379, Geotechnika IV, Szczecin, 1988,
- [46] Meyer Z., Kowalów, M.: Funkcja czasu w empirycznym modelu konsolidacji torfów, Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej nr 357, Geotechnika III, Szczecin, 1987,
- [47] ISOK Informatyczny System Osłony Kraju, <http://mapy.isok.gov.pl/imap/>,
- [48] GeoLog, <https://geolog.pgi.gov.pl/>,
- [49] PIG PIB, <https://geologia.pgi.gov.pl/>,
- [50] System Ochrony Przeciwośmiskowej <http://geoportal.pgi.gov.pl/>,
- [51] Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska <http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/>.

### **3 Charakterystyka terenu badań**

#### **3.1 Lokalizacja i opis terenu badań**

Obszar objęty badaniami znajduje się na terenie Oczyszczalni Ścieków Pomorzany w Szczecinie, położonej przy ul. Tama Pomorzańska 8, powiat m. Szczecin, gmina Szczecin, województwo zachodniopomorskie.

Teren badań położony jest w bezpośrednim sąsiedztwie dwóch komór fermentacyjnych, szybu windowego i przybudówki windy. Komory fermentacyjne jak i szyb windowy [3][4] zostały posadowione w sposób pośredni na palach prefabrykowanych, wbijanych o wymiarach 40x40 cm [6]. Przybudówka windy została posadowiona w sposób bezpośredni na ławach fundamentowych o szerokości 1,9 m [2].

Na terenie badań znajduje się infrastruktura podziemna taka jak: kanalizacja ogólnospławna, instalacja wodociągowa i elektryczna oraz teletechniczna [1].

Rzędna terenu w rejonie badań wynosi 7 m n.p.m.

#### **3.2 Charakterystyka przybudówki**

Przybudówka o wymiarach 1,98 x 2,14 m została posadowiona w sposób bezpośredni na fundamencie skrzyniowym [2][3][4]. Poziom posadowienia znajduje się na rzędnej [-]0,82 m n.p.m. Ściany fundamentowe wykonano jako żelbetowe do rzędnej [-]0,12 m n.p.m. Góra fundamentu skrzyniowego została zamknięta płytą betonową. Wnętrze skrzyni prawdopodobnie zostało wypełnione materiałem zasypowym (przypuszczenie autorów opinii). Brak jest jednak wskazań w dostarczonych materiałach potwierdzenia tej hipotezy.

Ściany przybudówki windy wykonano w konstrukcji murowanej z pustaków Porotherm.

Poziom „zera” przybudówki został ustalony na rzędnej 6,97 m n.p.m.

W trakcie eksploatacji przybudówki nastąpiło odspojenie przybudówki windy od szybu windowego [12].



## 4 Morfologia

Teren Oczyszczalni ograniczony jest od zachodu ulicą Tama Pomorzańska, od wschodu korytem Odry Szczecińskiej, a od północy i południa kanałami rzeki Odry.

Pod względem morfologicznym teren składowiska znajduje się w dolinie Odry na jej lewobrzeżnym, zalewowym tarasie, który od strony zachodniej przechodzi w wysoczyznę. Taras zalewowy Odry wypełniają w większości równiny torfowe wypełnione przeważnie przez torfy niskie.

## 5 Geologia

Dokumentowany obszar Inwestycji znajduje się w podprovincji Pobrzeża Południowobałtyckiego, w makroregionie Pobrzeża Szczecińskiego w mezoregionie Doliny Dolnej Odry [36].

Podłoże gruntowe w dolinie rzeki Odry zbudowane jest z holocenijskich utworów aluwialnych oraz plejstocenijskich utworów lodowcowych i wodnolodowcowych w strefie krawędziowej wysoczyzny plejstocenijskiej.

Dolinę rzeki Odry wyścielają holocenijskie utwory bagienno-rzeczne reprezentowane przez torfy i namuły organiczne (lokalnie gliny humusowe) o łącznej miąższości od około 4 do 11 m oraz piaski rzeczne zalegające poniżej warstw organicznych [42]. Strop torfów w rejonie Oczyszczalni znajduje na rzędnych od około [-]4,5 do [-]2,6 m n.p.m.

Grunty rodzime przykrywa warstwa nasypów niekontrolowanych o bardzo zmiennym składzie. Nasypy te są to nasypy gruzowe i żużłowe z licznymi domieszkami piasku, popiołów [42]. Miąższość nasypów waha się od około 8 do 10 m.

W strefie krawędziowej wysoczyzny plejstocenijskiej podłoże zbudowane jest z glin zwałowych (piaszczystych) oraz piasków wodnolodowcowych (piaski drobne i średnie).

## 6 Prace polowe

Prace terenowe w rejonie przybudówki przeprowadzono w dniach 16.04. – 17.04.2024 r.

Obejmowały one wykonanie:

- wierceń badawczych wraz z ustaleniem litologii podłoża,
- rozbudowy otworu badawczego do otworu obserwacyjnego,
- pobór próby wody podziemnej do badań chemicznych,
- pobór prób gruntu do badań w laboratorium geotechnicznym,
- sondowań dynamicznych sondą ciężką DPH,
- pomiary geodezyjne.

Lokalizację punktów badawczych przedstawiono na mapie dokumentacyjnej w **załączniku 2**.

### 6.1 Wiercenia badawcze

W ramach badań polowych wykonano, łącznie 2 otwory badawcze do głębokości 20 m p.p.t., o łącznym metrażu 40 mb.

Wiercenia te wykonane zostały systemem okrętym wiertnicą Nordmeyer, jako wiercenia bezrdzeniowe, bez orurowania, systemem mechanicznym okrętym, przy użyciu świrdrów spiralnych o średnicy Ø83 mm.

Wiercenia odbywały się krótkimi odcinkami o długości odpowiadającej maksymalnie około 1 m. W trakcie głębenia otworu prowadzono pomiary, obserwacje i badania makroskopowe przewiercanych gruntów oraz obserwacje i pomiary napotkanych poziomów wodonośnych.

Badania makroskopowe obejmowały określenie: rodzaju, stanu, wilgotności i barwy gruntów i zostały przeprowadzone zgodnie z PN-EN ISO 14688-2:2018-05.

Oznaczenie rodzaju gruntów obejmowało:

- określenie rodzaju gruntów gruboziarnistych,
- określenie rodzaju gruntów organicznych,
- ustalenie stanu gruntów gruboziarnistych i organicznych.

W zależności od potrzeb ustalony rodzaj gruntów został uzupełniony opisem przewarstwień i domieszek.

Pomiary zwierciadła wody podziemnej prowadzone były we wszystkich otworach badawczych. Po dotarciu do warstwy wodonośnej został dokładnie określony poziom zwierciadła wody podziemnej, jego głębokość od powierzchni terenu oraz rzędne. W przypadku wystąpienia gruntów z kilkoma poziomami wodonośnymi obserwacje i pomiary zwierciadła wody były wykonywane osobno dla każdej kolejno nawiercanej warstwy.

W trakcie prac wiertniczych pobierano również próbki do badań laboratoryjnych (kategorii E zgodnie z normą PN-EN ISO 22475-1). Próby klasy E pobierano do szczelnych pojemników lub worków foliowych bezpośrednio ze świdrów w trakcie wiercenia.

Po wykonaniu opróbowania i zakończeniu obserwacji poziomów wodonośnych otwory badawcze zostały zlikwidowane. Likwidacja otworów prowadzona była poprzez zasypanie urobkiem z zachowaniem kolejności przewiercanych warstw oraz odpowiednim ich zagęszczeniu.

Karty otworów badawczych przedstawiono w **grupie załączników 3**. Przekrój geotechniczny przedstawiono w **załączniku 4**.

## 6.2 Sondowania dynamiczne DPH

Dla oceny stopnia zagęszczenia ( $I_D$ ) gruntów gruboziarnistych zalegających poniżej gruntów organicznych zostały wykonane dwa sondowania sondą dynamiczną ciężką typu DPH z końcówką stożkową SD do głębokości około 18 m p.p.t. (łącznie 36,3 mb). Badanie wykonywano zgodnie ze standardami międzynarodowymi (German Industrial Standard) oraz wymogami normy: PN/B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe, spełniającej założenia PN-EN 1997-2:2009 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego. Badanie sondą dynamiczną polegało na określeniu oporu, jaki stawia grunt przy dynamicznym zagłębianiu końcówki sondy. Do pogrążania końcówki w grunt użyto młota o masie 50 kg (DPH), swobodnie spadającego z wysokości 500 mm (DPH). Parametrem geotechnicznym była liczba uderzeń młota, potrzebna do zagłębiania sondy o 100 mm (DPH).

Sondowanie i rejestracja jego wyników wykonywane były w sposób ciągły, tak by rejestrowana wartość odpowiadała głębokości pomiaru. Do opracowania wyników sondowań dynamicznych wykorzystano wytyczne normy PN-EN 1997-2:2009 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.

Projektowana głębokość sondowań DPH do głębokości 20 m p.p.t. nie została osiągnięta z uwagi na znaczną ilość uderzeń (powyżej normowych) przy wbijaniu sondy. Trudności w wykonaniu, powodowane były występowaniem w podłożu bardzo zagęszczonych utworów gruboziarnistych [6].

Interpretację wyników badania sondą DPH w gruntach mineralnych gruboziarnistych przeprowadzono na podstawie zależności [19].

$$I_D = 0,23 + 0,380 \log N_{10}$$

Wyniki sondowania dynamicznego (DPH) wraz z jego interpretacją przedstawiono w **załączniku 5**.

### 6.3 Otwory obserwacyjne

Otwór badawczy B1 zostały rozbudowany do tymczasowego otworu obserwacyjnego w celu poboru wody podziemnej do badań laboratoryjnych oraz prowadzenia pomiarów stanów zwierciadła wód podziemnych (I warstwa wodonośna).

Otwór badawczy rozbudowano o kolumnę filtracyjną do głębokości około 7 m p.p.t. Kartę tymczasowego otworu obserwacyjnego przedstawiono w **załączniku 6**.

W otworze obserwacyjnym wykonano pompowanie oczyszczające, a następnie w sposób akredytowany pobrano próbę wody podziemnej i przekazano do akredytowanego laboratorium celem określenia parametrów fizyko – chemicznych.

Próba wody została zapakowana w sterylne butelki z ciemnego szkła i schowane do przenośnej lodówki.

Próbę pobrano zgodnie z następującymi normami:

- PN-EN ISO 5667-11:2008 – Jakość wody – Pobieranie próbek - Część 11: Wytyczne dotyczące pobierania próbek wód podziemnych,
- PN-EN ISO 5667-14:2008 – Jakość wody – Pobieranie próbek - Część 14: Wytyczne dotyczące zapewnienia jakości podczas pobierania próbek wód środowiskowych i postępowania z nimi,
- PN-EN ISO 5667-18:2008 – Jakość wody – Pobieranie próbek - Część 18: Wytyczne dotyczące pobierania próbek wód podziemnych w miejscach zanieczyszczonych.

#### 6.4 Prace geodezyjne

Prace geodezyjne przeprowadzono w dowiązaniu do istniejącej sytuacji w terenie. Współrzędne otworów badawczych oraz ich rzędne wysokościowe określono przy użyciu odbiornika GNSS (Geomax, Zenith 16).

Współrzędne punktów badawczych oraz rzędne wysokościowe w układzie PL 2000 zestawiono w tabeli 1.

**Tabela 1:** Współrzędne oraz rzędne wysokościowe punktów badawczych

Otwór badawczy	Współrzędna X	Współrzędna Y	Wysokość h [m n.p.m.]
B1/DPH1	5919101,8	5469499,1	7
B2	5919092,1	5469496,6	7

#### 6.5 Opróbowanie wyrobisk i badania makroskopowe

Podczas wykonanych prac polowych pobrano 3 prób gruntów o naturalnym uziarnieniu (NU) i 4 prób mineralnych spoistych (NW), które przeznaczono do szczegółowych badań w laboratorium mechaniki gruntów. Klasa poboru próbek 3 - kategoria E.

## 7 Badania laboratoryjne gruntu

### 7.1 Oznaczanie składu granulometrycznego

Analizę granulometryczną wykonano zgodnie z EN ISO 17892-4:2009 Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 4. Oznaczanie składu granulometrycznego. Analizę granulometryczną dla jednej próby wraz z określeniem współczynników filtracji na podstawie krzywych uziarnienia, wzorami empirycznymi.

Wyniki analizy granulometrycznej przedstawiono w **załączniku 7**.

Obliczenia współczynnika filtracji wykonano w oparciu o wzory empiryczne Beyera, Slichtera, Hazena i USBSC wykorzystując dane z przeprowadzonych analiz granulometrycznych pobranych prób gruntu. Wyniki obliczeń przedstawiono w **tabeli 2**.

**Tabela 2:** Wyniki obliczeń współczynnika filtracji

Nr otworu	Gł. próbki [m]	Rodzaj gruntu	Współczynnik filtracji k [m/s]				Wartość średnia $k_{sr}$ [m/s]
			Hazen	Slichter	USBSC	Beyer	
B1	16	FSa	2,4E-04	8,9E-05	4,6E-05	2,2E-04	1,5E-04

Średnia wartości współczynnika filtracji wyznaczona na podstawie wzorów empirycznych dla warstwy piasków średnich zalegających w rejonie badań wynosi około  $k = 1,5 \times 10^{-4}$  m/s.

### 7.2 Oznaczanie wilgotności

Oznaczenie wilgotności wykonano zgodnie z EN ISO 17892-1:2009 Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 1. Oznaczanie wilgotności.

Wyniki oznaczenia wilgotności przedstawiono w **tabeli 3**.

**Tabela 3:** Zestawienie oznaczeń wilgotności

Nr otworu	Głębokość [m]	Rodzaj gruntu	Masa szkieletu gruntowego $m_s$ [g]	Masa wody w próbce $m_w$ [g]	Wilgotność $w_n$ [%]
B1	11	Pt	24,51	14,38	136,88%
B2	12,5	orSi	22,4	15,37	137,29%

### 7.3 Oznaczanie zawartości części organicznych

Zawartość części organicznych wykonano poprzez prażenie pobranych prób gruntu w temperaturze 600°C. Łącznie wykonano 2 oznaczenia zawartości części organicznych.

Wyniki badań przedstawiono w **tabeli 4**.

**Tabela 4:** Zestawienie wyników oznaczeń zawartości części organicznych

Nr otworu	Głębokość [m]	Rodzaj gruntu	Oznaczenie zgodne z PN EN ISO 14688-1:2018	Zawartość części organicznych [%]
B1	11	torf	Pt	47,7
B2	12,5	pył wysoko organiczny	orSi	25,59

### 7.4 Agresywność wody gruntowej w stosunku do betonu i stali

Oceny badania na agresywności wody gruntowej w stosunku do betonu wykonano w oparciu o normę PN-EN 206-1+A:2016-12.

Oceny agresywnego działania wody względem stali wykonano według DIN 50929 część 3. Prawdopodobieństwo wystąpienia korozji metali w przypadku zewnętrznego narażenia na korozję (przewody rurowe i części budowlano – konstrukcyjne znajdujące się w ziemi i w wodzie).

Wyniki analiz wód podziemnych przedstawiono w **załączniku 8**.

## 8 Podłoże gruntowe

Budowę geologiczną podłoża gruntowego rozpoznano przy pomocy wykonanych otworów badawczych o głębokości około 20 m p.p.t.

Na podstawie wykonanych wierceń, sondowań i badań laboratoryjnych stwierdzono zaleganie w podłożu nasypów antropogenicznych (składających się z piasku średniego, piasku z kamieniami i żwirem, gruzu ceglanego, gruntów organicznych oraz pyłów organicznych), utworów organicznych w postaci torfów i pyłów wysoko organicznych, utworów gruboziarnistych o frakcji dominującej w postaci piasków średnich.

Na podstawie badań określono następujące warstwy geotechniczne:

### Warstwa geotechniczna 0

**Nasypy antropogeniczne** buduje mieszanina piasków średnich, piasków średnich z kamieniami i żwirem, gruzu ceglanego, gruntów organicznych oraz pyłów organicznych. Miąższość warstwy nasypowej wynosi do około 11 m. Warstwa nasypowa stanowi zróżnicowane oraz słabonośne podłoże.

### Warstwa geotechniczna 1

**Warstwy gruntów organicznych** występują w postaci torfów oraz pyłów wysoko organicznych.

Ze względu na rodzaj gruntu oraz parametry wytrzymałościowe w warstwie 1 wydzielono dwie podgrupy geotechniczne w postaci:

**Warstwa geotechniczna 1A** – reprezentowana jest przez torfy (Pt), o stopniu rozłożenia wahającym się wg skali van Posta od H5 do H8 (torfy dostatecznie do silnie rozłożonych). Jest to warstwa występująca bezpośrednio pod warstwą geotechniczną 0. Miąższość warstwy waha się od około 1,3 m do około 1,7 m. Jest to podłoże odkształcalne, o ograniczonej nośności.



**Warstwa geotechniczna 1B** – reprezentowana przez grunty o frakcji głównej w postaci pyłów wysoko organicznych (orSi) o konsystencji plastycznej. Warstwa ta występuje bezpośrednio pod warstwą 1A. Miąższość warstwy waha się do około 1,8 m do 2,5 m. Jest to podłoże odkształcalne, o ograniczonej nośności.

## Warstwa geotechniczna 2

**Warstwa geotechniczna 2 – zagęszczone do bardzo zagęszczone** ( $I_d = 0,77 - 0,93$ ) piaski średnie. Strop warstwy 2 nawiercony został na głębokości od około 14,1 do 15 m p.p.t. Utwory warstwy geotechnicznej 2 nie zostały przewiercone do głębokości wykonanych odwiertów tj. około 20 m p.p.t. Warstwa ta stanowi nośne podłoże budowlane.

Poniżej w **tabeli 5** zestawiono poszczególne warstwy geotechniczne podając ich oznaczenia oraz stany zgodnie PN EN ISO 14688.

**Tabela 5:** Zestawienie warstw geotechnicznych gruntu w rejonie przybudówki

Warstwa geotechniczna	Opis gruntu zgodnie z PN EN ISO 14688-1:2018	Oznaczenie zgodnie z PN EN ISO 14688-1:2018	Stan gruntu $I_d / I_c$
<b>0</b>	Nasypy antropogeniczne	Mg	-
<b>1A</b>	Torf	Pt	-
<b>1B</b>	Pył wysoko organiczny	orSi	plastyczny /0,35/
<b>2</b>	Piasek średni	MSa	zagęszczony do bardzo zagęszczony /0,77 – 0,93/

Istniejące odwierty stanowią punktowe otwory badawcze. Przestrzenne rozmieszczenie warstw geologicznych gruntu pomiędzy poszczególnymi otworami może odbiegać od przyjętego modelu, zwłaszcza gdy otwory te są od siebie znacznie oddalone.

Karty otworów zostały przedstawione w **grupie załączników 3**. Przekroje geotechniczne zostały przedstawione w **grupie załączników 4**.

## 9 Woda podziemna

Na podstawie przeprowadzonych robót geotechnicznych stwierdzono występowanie wody podziemnej czwartorzędowego poziomu wodonośnego w dwóch warstwach wodonośnych w postaci swobodnego oraz napiętego zwierciadła wód podziemnych.

Swobodne zwierciadło pierwszej warstwy wodonośnej nawiercono na głębokości od około 4 do 6 m p.p.t. tj. w zakresie rzędnych około 1 – 3 m n.p.m.

Poziom zwierciadła wód podziemnych drugiej warstwy wodonośnej nawiercono na głębokości od około 14,1 do 15 m p.p.t., tj w zakresie rzędnych około [-]8 - [-]7,1 m n.p.m. Poziom zwierciadła stabilizował się na głębokości około 4 m p.p.t. tj, na rzędnej 3 m n.p.m. Warstwę napinającą stanowiły utwory organiczne w postaci torfów oraz pyłów wysoko organicznych.

Poziomy zwierciadła wód podziemnych w rejonie przybudówki wraz z głębokością ich zalegania zestawiono w **tabeli 6**.

**Tabela 6:** Pomierzony poziom zwierciadła wód podziemnych

Numer otworu	Rzędna terenu [m n.p.m.]	Nawiercony poziom zwierciadła wód gruntowych		Ustabilizowany poziom zwierciadła wód gruntowych	
		Głębokość zwierciadła wody [m p.p.t.]	Rzędna zwierciadła wody [m n.p.m.]	Głębokość zwierciadła wody [m p.p.t.]	Rzędna zwierciadła wody [m n.p.m.]
B1	7	6	1	6	1
		14,1	[-]7,1	4	3
B2	7	4	3	4	3
		15	[-]8	4	3

Poziom zwierciadła wód podziemnych może ulegać wahaniom w zależności od pór roku i intensywności opadów atmosferycznych, a także od amplitudy wahań stanu rzeki Odry Zachodniej. Poziom ten również zależy od zdolności gromadzenia się i przemieszczania wilgoci w poszczególnych warstwach gruntu. Poziom wód gruntowych na przedmiotowym terenie pozostaje w kontakcie hydraulicznym z wodami rzeki Odry Zachodniej.

Maksymalny poziom wody w Odrze Zachodniej wg danych Hydroportalu wynosi 1,21 m n.p.m. (woda 100-letnia) oraz 1,38 m n.p.m. (woda 500-letnia).

Zgodnie z zasobami PIG (portal GeoLOG) [48] teren Oczyszczalni Ścieków Pomorzany znajduje się w obszarze zagrożenia podtopieniami. Teren znajduje się poza obszarem zagrożenia powodziowego (ISOK) [47]. Teren badań znajduje się poza terenem głównego zbiornika wód podziemnych – Dolina kopalna Szczecin.

Na podstawie doświadczenia GCO dla podobnych warunków hydrogeologicznych i wysokich współczynników filtracji  $k = 2 \times 10^{-4}$  m/s oraz bezpośredniego sąsiedztwa rzeki Odra istnieje silny związek hydrauliczny stanów wód podziemnych od stanów wody w Odrze (zobacz [40] [41]).

Stany wód gruntowych w zależności od pory roku mogą występować wyżej niż zostały pomierzone. Stosowne długoterminowe pomiary stanów wód gruntowych w rejonie Inwestycji nie są nam znane. Z naszego doświadczenia wynika że stany wód gruntowych w podobnych warunkach gruntowo-wodnych mogą ulegać wahaniom do ok. +/- 1,5 m w stosunku do stanów średnich. Wahania stanów wód gruntowych w tym zakresie należy uwzględnić przy projektowaniu obiektów i projektowaniu odwodnień.

Stany obliczeniowe wód podziemnych (najwyższy, średni i najniższy poziom wód podziemnych) mogą zostać podane tylko na podstawie długoterminowych pomiarów poziomów stanów zwierciadła wód podziemnych. Takie pomiary nie były prowadzone dla obszaru projektowanej Inwestycji.

W celu oszacowania prawdopodobnych obliczeniowych stanów ZWG na terenie Inwestycji można wstępnie przyjąć pomierzony poziom ZWG podany w **tabeli 6**, przyjmując jednocześnie stosowny zapas bezpieczeństwa.

Dla zachowania bezpieczeństwa należy, każdorazowo do odczytanego poziomu ustabilizowanego ZWG w danej lokalizacji doliczyć około 1 m dla stanów ZWG na czas wzmocnienia fundamentów oraz 1,5 m dla stanów ZWG po zakończeniu budowy tj. na czas eksploatacji obiektu.

## 10 Agresywność wody podziemnej w stosunku do betonu i stali oraz gruntu w stosunku do betonu

Na podstawie przeprowadzonych analiz chemicznych oraz badań uzupełniających stwierdzono, że wody gruntowe w podłożu projektowanej Inwestycji wykazują średnią agresywność względem betonu – **klasa ekspozycji XA1**, zgodnie z PN-EN 206-1+A1: 2016-12.

Prawdopodobieństwo korozji stali niestopowych i niskostopowych w wodzie w obszarze podwodnym jak i na granicy woda / powietrze wg DIN 50929-3 jest:

- **bardzo niewielkie** w przypadku wgłębień i korozji w otworach,
- **bardzo niewielkie** w odniesieniu do korozji w płaszczyznach.

## 11 Parametry geotechniczne podłoża gruntowego

Geotechniczne parametry poszczególnych warstw oceniono w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych oraz polowych (rejestracja oporu tarcia podczas wykonywanych odwiertów, sondowania sondą DPH), jak również wieloletnie doświadczenie GCO w określaniu / wyznaczaniu parametrów geotechnicznych podłoża.

W celu zwymiarowania projektowanych obiektów zaleca się wstępnie wykorzystanie wartości zawartych w **tabeli 7**, pochodzące z analizy wartości uzyskanych na drodze badań laboratoryjnych, polowych oraz doświadczeń GCO i danych z literatury fachowej dla porównywalnych gruntów.

**Tabela 7:** Wartości charakterystyczne do wymiarowania wyprowadzone na podstawie badań terenowych i laboratoryjnych

Warstwa	Oznaczenie zgodnie z ISO	Gęstość objętościowa $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Kohezja efektywna $c'_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	Wytrzymałość na ścianie bez odpływu $c_{u,k}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego $\varphi'_k$ (°)	Moduł edometryczny $E_{oed}$ (MN/m <sup>2</sup> )
0	Mg	1,6	-	-	-	-
1A	Pt	1 – 1,2	5 – 10	16 - 20	5 – 8	0,1 – 0,3
1B	orCl	1,1 – 1,4	5 – 10	18 - 25	11 – 17	0,5 – 0,8
2D	MSa	1,8 – 1,9	0	0	30 – 32	60 – 80

Wartość obliczeniowa parametru materiałowego ( $X_d$ ) obliczamy przez podzielenie wartości charakterystycznej ( $X_k$ ) przez wartość współczynnika materiałowego ( $\gamma_M$ ):

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

## 12 Kategoria geotechniczna obiektu

W podłożu, w rejonie Oczyszczalni i obszarze posadowienia przybudówki, występują skomplikowane warunki gruntowe. Budowa podłoża jest zróżnicowana z uwagi na litologię oraz zmienną miąższość i układ gruntów budujących podłoże, zmienność parametrów, poziom zwierciadła wód podziemnych występujących na głębokości od około 1 do 3 m p.p.t. jak również położenie w dolinie rzeki Odry Zachodniej.

Poziom zera przybudówki znajduje się na rzędnej 6,9 m n.p.m.

Na terenie Inwestycji nie obserwuje się procesów geodynamicznych takich jak: wietrzenie, deformacje filtracyjne, pełzanie, osiadanie zapadowe.

Obszar nie jest obszarem aktywnym sejsmicznie.

Z uwagi na **skomplikowaną budowę geologiczną podłoża** występującą w rejonie posadowienia przedmiotowej przybudówki, obiekt należy zakwalifikować do **III kategorii geotechnicznej** [17].

### 13 Zalecenia odnośnie działań naprawczych

W podłożu projektowanej Inwestycji występują skomplikowane warunki gruntowe. Budowa podłoża jest zróżnicowana z uwagi na rodzaj zalegających gruntów antropogenicznych, organicznych oraz mineralnych gruboziarnistych. Układ warstw jest generalnie równoległy.

Głębokość przemarzania gruntów na badanym terenie wynosi 0,8 m.

Z uwagi na występowanie w omawianym rejonie gruntów antropogenicznych i organicznych o znacznej miąższości, należy rozważyć wykonanie podchwycenia fundamentów przybudówki poprzez wykonanie mikropali lub iniekcji strumieniowej jet grouting. Strop gruntów nośnych nawiercono w rejonie przybudówki na głębokości około 14 – 15 m p.p.t. Mikropale lub kolumny jet grouting należy zakotwić w warstwie gruntów nośnych na głębokości wynikającej z obliczeń nośności mikropali/ kolumn.

Roboty ziemne powyżej poziomu ZWG można prowadzić w wykopach zabezpieczonych ścianką berlińską.

Z uwagi na istniejącą bliską zabudowę obiektów sąsiadujących z przybudówką a tym samym znacznie ograniczoną możliwość wykonania zabezpieczenia wykopu przy użyciu ciężkiego sprzętu, zaleca się taki dobór metody naprawczej, aby ograniczyć/ wykluczyć konieczność prowadzenia robót poniżej poziomu zwierciadła wód podziemnych.

Prace naprawcze zaleca się prowadzić pod nadzorem inżyniera z uprawnieniami budowlanymi do kierowania robotami budowlanymi w specjalności konstrukcyjno – budowlanej bez ograniczeń ze specjalizacją techniczno-budowlaną w zakresie geotechniki.

## 14 Podsumowanie

W okresie od 16.04. – 17.04.2024 r. firma Geotechnical Consulting Office Sp. z o.o. Sp. k. wykonała badania geotechniczne celem rozpoznania warunków gruntowo - wodnych w rejonie posadowienia przybudówki szybu windowego dla potrzeb doboru technologii wykonania naprawy uszkodzeń przybudówki zlokalizowanej na terenie Oczyszczalni Ścieków Pomorzany w Szczecinie na działce nr 9/5 z obrębu 1059.

W rejonie posadowienia przybudówki windy występują skomplikowane warunki gruntowe. Budowa podłoża jest zróżnicowana z uwagi na rodzaj zalegających gruntów antropogenicznych, organicznych oraz mineralnych gruboziarnistych. Strop gruntów nośnych w rejonie przybudówki nawiercono na głębokości około 14 – 15 m p.p.t.

Z uwagi na **skomplikowaną budowę geologiczną podłoża** (teren badań położony w dolinie rzeki), występującą w rejonie posadowienia przedmiotowej przybudów, obiekt należy zakwalifikować do **III kategorii geotechnicznej** [17].

Program badań został wykonany zgodnie z przyjętymi założeniami, obowiązującymi wymaganiami prawnymi oraz uzgodnieniami przyjętymi z Zamawiającym i projektantem.

Prace terenowe, badania polowe oraz laboratoryjne wykonano ze szczególną starannością w oparciu o obowiązujące przepisy prawa.

Wyznaczenie poszczególnych parametrów geotechnicznych prowadzone było z uwzględnieniem wyników badań terenowych i laboratoryjnych a także z wykorzystaniem zależności empirycznych proponowanych dla poszczególnych grup gruntów wg różnych autorów, a także doświadczeń GCO.

W przypadku pytań jesteśmy do Państwa dyspozycji pod numerem tel. + 48 91 485 07 00 lub na drodze mailowej.