

Egzemplarz Nr .....

# EKSPERTYZA TECHNICZNA

DOTYCZĄCA PRZYCZYN UTRATY STATECZNOŚCI POSADOWIENIA

**POMPOWNI PDb NA TERENIE ZTUO**

PRZY ULICY LOGISTYCZNEJ 22

**W SZCZECINIE**

O p r a c o w a ł :

/ dr hab. Marek Tarnawski /

Uprawnienia geologiczne Ministra Środowiska nr VI-340

Certyfikat Polskiego Komitetu Geotechniki Nr 0186

Uprawnienia geologiczne Ministra Środowiska nr VII-0751

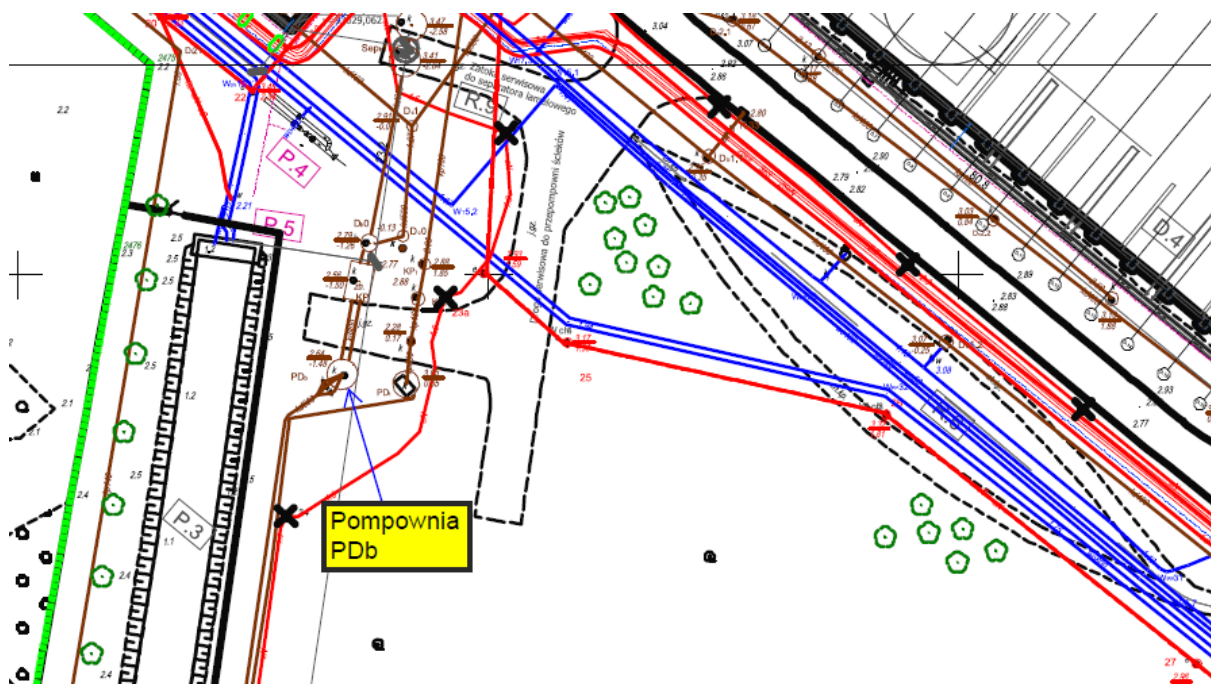
Uprawnienia geologiczne Wojewody nr 10016/XIV (obecnie: XIII)

Szczecin, marzec 2022 r.

## 1. Przedmiot, podstawa i cel opracowania

Niniejszą **Ekspertyzę techniczną** opracowano na zamówienie Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Sp. z o.o. w Szczecinie, ul. Logistyczna 22 („Zamawiający”), zgodnie ze zleceniem nr 09/WUM/JG/2022 z dnia 1 marca 2022 r.

Przedmiotem zamówienia jest ustalenie przyczyn utraty stateczności posadowienia **pompowni PDb** na terenie **ZTUO** przy ulicy Logistycznej 22 w Szczecinie. Obiekt ten wskazano na Rys. 1 poniżej oraz załączonej do **Ekspertyzy Mapie dokumentacyjnej**.



Rys. 1. Lokalizacja **pompowni PDb** na terenie ZTUO na mapce przekazanej przez Zamawiającego. Na zachód od pompowni widoczny fragment kanału wody chłodniczej.

Podstawą opracowania były:

- udostępnione autorowi przez Zamawiającego oraz własne archiwalne dane geologiczne z terenu **ZTUO**,
- badania geotechniczne przeprowadzone w ramach realizacji niniejszej **Ekspertyzy**,
- rysunki i inne informacje na temat przedmiotowego obiektu, zwłaszcza odnośnie sposobu jego posadowienia i ukształtowania terenu podczas jego odbioru,
- wizja terenu przeprowadzona 3 marca 2022 r.,
- końcowe konsultacje prowadzone z osobą odpowiedzialną za realizację zlecenia ze strony Zamawiającego (p. Jan Gabruś, specjalista ds. budowlanych) przed odbiorem pracy.

Autor poddał analizie i wykorzystał w niniejszym opracowaniu dane z Dokumentacji geologiczno – inżynierskiej określającej warunki geologiczno – inżynierskie dla projektu budowy Zakładu Termicznego Unieszkodliwiania Odpadów dla Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego zlokalizowanego w Szczecinie na wyspie Ostrów Grabowski przy ul. Przejazd na działce nr 4/7 z obrębem 1084, opracowanej przez szczecińską firmę GCO w lutym 2013 r., inną, starszą dokumentację z 2006 r. dotyczącą Ostrowa Grabowskiego (patrz przypis 5 na str. 11) oraz wyniki badań geotechnicznych (sondowań CPTU) przeprowadzonych przez „Geoprojekt Szczecin” w czerwcu 2017 r.

W ramach badań terenowych na potrzeby niniejszej ekspertyzy wykonano w dniach 3 i 4 marca 2022:

- 1 wiercenie rurowane do głębokości 16,0 m;
- 2 sondowania CPTU także do głębokości 16,0 m każde, przy czym sondowanie nr 1 powtarzano, po natrafieniu za pierwszym razem na przeszkodę na głębokości 5 m.

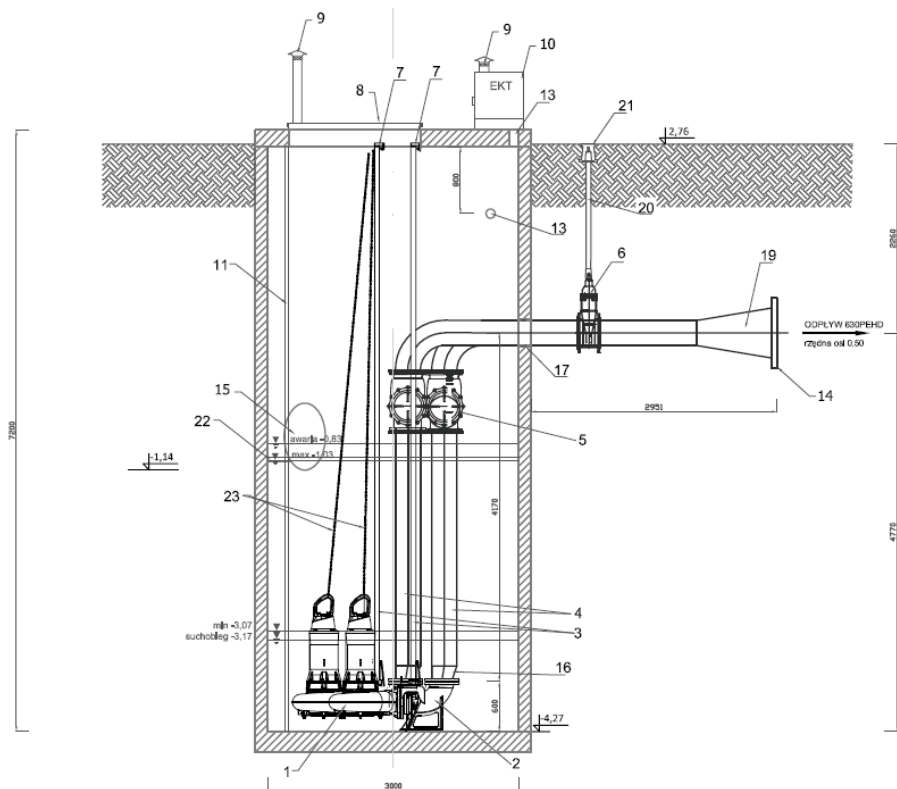
Badania terenowe zrealizował „Geoprojekt Szczecin” pod dozorem uprawnionego technika Andrzeja Parszewskiego, który przeprowadził także niwelację techniczną punktów badawczych oraz innych charakterystycznych punktów w terenie wskazanych przez autora. Pobrane podczas wiercenia próbki gruntu zbadano w laboratorium „Geoprojekt Szczecin”.

Niniejszą **Ekspertyzę** wykonano w czterech egzemplarzach, z czego trzy przekazano Zamawiającemu, a jeden pozostał w archiwum autora. Pliki wersji elektronicznej przekazano mailem.

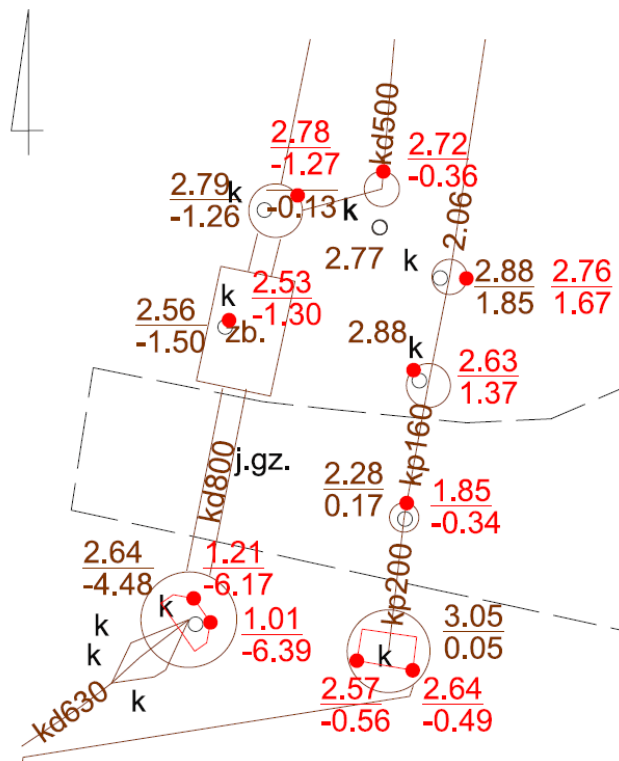
## 2. Krótka charakterystyka środowiska geograficznego, ukształtowania terenu, konstrukcji pompowni PDb i jej stanu awaryjnego

Zakład Termicznego Unieszkodliwiania Odpadów zlokalizowany jest w południowej części dawnej Wyspy Ostrów Grabowski (obecnie połączonej z Wyspą Łasztownia), przy ul. Logistycznej w Szczecinie. Pod względem geomorfologicznym wyspy tzw. Międzyodrza stanowią najniższy, zalewowy taras rzeki Odry. Różnicowanie morfologiczne jest efektem działalności człowieka. Tereny te, dawniej niemal dziewicze (z rodzimymi gruntami organicznymi przykrytymi najczęściej glebą, rzadziej refulatem), zostały podczas zagospodarowywania wyspy na potrzeby portu nadsypane do ca 5 m npm. w celu skonsolidowania podłoża organicznego. Po częściowym zdjęciu balastu nasypowego i zniwelowaniu powierzchni, rzędne na większości terenu wynoszą 2 – 3 m npm.

Według projektu przedmiotowej **pompowni PDb** (Rys. 2) powykonawcza rzędna terenu przy pompowni miała wynosić 2,76 m npm., a jej dno znajdować się 7,03 m niżej tj. na rzędnej [-]4,27 m npm. Pompownia ma przekrój kołowy, średnicę wewnętrzną 3,00 m i zewnętrzną 3,30 m. Dno o grubości 0,3 m stanowi dennica dolnego prefabrykatu. Studnia ustawiona została bez kotwienia na kwadratowej płycie żelbetowej o wymiarach 3,30 x 3,30 m i grubości 0,3 m., czyli spód tego fundamentu powinien być się znaleźć na rzędnej [-]4,87 m npm. Z Rys. 2 wynika, że rzędna wjazdu („góry”; nr 8 na rysunku) pompowni powinna znajdować się nieco wyżej, to znaczy około rzędnej 3 m npm. Pomiar w ramach inwentaryzacji powykonawczej (Rys. 3) wykazały jednak rzędną wjazdu 2,64 m npm., a więc zapewne teren też znajdował się niżej niż zakładano, np. około 2,5 m npm. Interesującymi z punktu widzenia problematyki niniejszej Ekspertyzy elementami rysunku są: dopływ (nr 15) i odpływ ścieków oraz zakładane maksymalne i minimalne poziomy wody w studni regulowane poprzez automatyczne załączanie i wyłączanie pomp.



(bez fundamentów) udostępniony przez Zamawiającego. Komentarz w tekście.



studni. **Pompownia PDb** z lewej strony u dołu. Kolor czarny: rzędne włazów i dna studni z inwentaryzacji powykonawczej, czerwony: pomiar z dnia 25 lutego 2022 r.

Z Rys. 3 wynika, że obecne rzędne „góry” **pompowni PDb** (pomiar wykonano w dwóch miejscach, gdyż studnia nie tylko osiadła, ale i przechyliła się) są wyraźnie tj. 1,43 – 1,63 m niższe od pierwotnych. Nieznacznie (o 3 – 12 cm) obniżyły się też podobnego typu obiekty po przeciwnej stronie drogi technicznej (górna część rysunku), natomiast studnie sąsiadujące od wschodu o 0,43 – 0,48<sup>1</sup> cm. Należy zauważyć, że są one znacznie mniej zagłębione w grunt (patrz Rys. 3 – rzędne dna) od **pompowni PDb**. Osiada nie tylko sama pompownia, ale także otaczający ją grunt tworząc widoczne zapadlisko (Fot. 1).



Fot. 1. Zapadlisko z **pompownią PDb** w jego centrum. Widać pochylenie pompowni w prawo (ku południowi). Dostrzegalny jest także przechył pompowni PDt sąsiadującej od wschodu. W lewo od studni – sonda CPTU ustawiona w punkcie badawczym nr 1; fot. autora.

Podczas wykonywania w dniach 3 i 4 marca 2022 r. badań terenowych wymienionych w rozdziale 1 oprócz punktów badawczych zaniwelowano ponownie najwyższe i najniższe rzędne betonowej pokrywy studni. Poziom najwyższy był bardzo zbliżony do zamierzonego tydzień wcześniej, a nawet nieznacznie wyższy (1,216 m npm.), natomiast najniższy opadł do 0,822 m npm. Studnia przechyliła się ku południowi. Ponadto zwrócono uwagę, że północna krawędź obiektu wydaje się odsunięta od krawężnika drogi. Pomierzono odległość między **pompownią PDb**, a komorą pomiarową Kp. Pierwotnie było to około 6,48 m, dnia 3 marca 2022 r. około 6,87 m. Czyli oddaliły się od siebie około 40 cm. Zatem **pompownia PDb** nie tylko pochyla się, ale być może i przesuwają ku południowi.

Biorąc pod uwagę ustaloną badaniami geotechnicznymi z czerwca 2017 r. (patrz rozdział 3) rzędną stropu piasków tj. [-]6,91 m npm. przyjęto w projekcie, że płyta będzie wsparta na trzech palach, które będą sięgać przynajmniej 1,5 m poniżej tej rzędnej. Założenie to jest mało ostrożne, biorąc pod uwagę, że górna, 1,1 m warstwa tych piasków charakteryzowała się stanem luźnym, a więc nie były to grunty nośne. Wg danych powykonawczych pale posadowiono na rzędnych pomiędzy [-]10,35, a [-]10,53 m npm. Oznacza to, że długość tych pali liczona od poziomu posadowienia płyty podtrzymującej pompownię wynosi 5,48 - 5,66 m. Są to przemieszczeniowe pale wiercone SDP o średnicy 40 cm.

<sup>1</sup> Pomiary te mogą być obarczone pewnym błędem wynikającym z różnych miejsc ustawiania łąty obecnie i powykonawczo.



Problem z funkcjonowaniem **pompowni PDb** zauważono 31 stycznia 2022 r., gdy przestał się domykać blaszany właz do studni. Zlecono badania sprawdzające samej studni i przyłączy do niej. Wykonano je 8-9 lutego. Zauważono wygięcie kolanka środkowej rury odpływowej oraz rozszczelnienie dopływu i szczeliny w płaszczu studni, przez które dostawała się woda gruntowa. Dopływ ten intensyfikowała praca pomp. Gdy zorientowano się, że pojawił się proces zapadania gruntu, a destrukcja i przemieszczanie studni narastają przystąpiono do organizowania jej obejścia oraz (m.in.) zlecono opracowanie niniejszej ekspertyzy. Ostatecznie eksploatację pompowni wstrzymano 7 marca 2022 r.

### 3. Geotechniczne warunki posadowienia

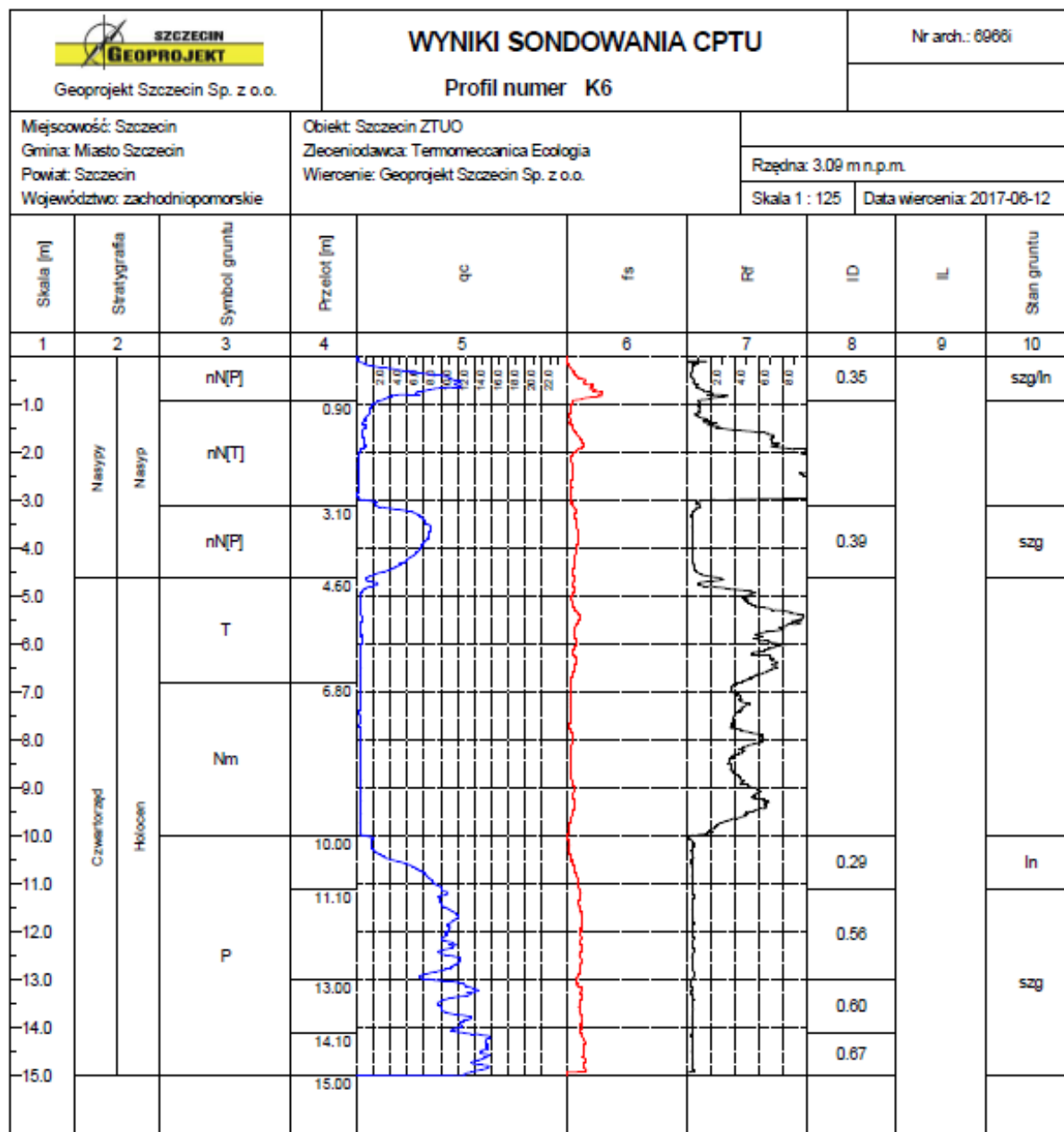
Generalnie tło podłoża Wyspy Ostrów Grabowski, w tym terenu, na którym zlokalizowano pompownię PDb, co najmniej do istotnej dla stateczności tej budowli głębokości kilkunastu metrów, stanowią czwartorzędowe utwory rzeczne wieku holoceni. Są to piaski drobne i średnie, w stropie często z humusem. Na piaskach tych osadziła się seria organogeniczna. W jej partiach spągowych występują namuły organiczne (także utwory rzeczne), wyżej zaś osady bagienne – torfy kończące sedymentację holoceni. Łączna miąższość gruntów organicznych jest na wyspie zróżnicowana, natomiast w omawianym rejonie wynosi około 5 m.

Grunty rodzime przykryte są nasypami niekontrolowanymi. Ich miąższość wynosi 3,9 – 4,7 m, a ich skład był zróżnicowany zarówno przed przystąpieniem do budowy pompowni, jak i obecnie, ale uległ znacznym zmianom. Jedynym badaniem jakie przeprowadzono na potrzeby projektowania w planowanej lokalizacji **pompowni PDb** było sondowanie CPTU nr K6 (Rys. 4). Sondowaniu nie towarzyszyło wiercenie, więc uproszczony profil litologiczny sporządzono na podstawie znanych zależności korelacyjnych pomiędzy wartościami dwóch parametrów sondowania, czyli oporu pod stożkiem  $q_c$  (MPa) i współczynnika tarcia  $R_f$  (%). Stwierdzono wówczas w nasypach dwa poziomy piasków (P) rozdzielone 2,2 m warstwą gruntów organicznych, które uznano za torfy (T), choć przynajmniej po części były to zapewne namuły piaszczyste. Takie sytuacje (przewarstwienia gruntów organicznych w piaskach) zdarzają się na terenach uzdatnianych – tak jak i tutaj – refulatem.

Rodzimymi gruntami organicznymi zalegającymi pod nasypami były torfy sięgające do 6,8 m poniżej ówczesnego poziomu terenu i namuły, których spąg stwierdzono 10,0 m ppt. Ta interpretacja była bardzo prawdopodobna, gdyż górna warstwa gruntów organicznych charakteryzowała się typowymi dla torfów bardzo wysokimi wartościami współczynnika tarcia  $R_f = 6 - 10\%$ , zaś dolna nieco niższymi (rzędu 4 – 5%), a obie bardzo niskim oporem gruntu pod stożkiem, wyraźnie niższym od  $q_c = 1$  MPa.

Poniżej stwierdzono piaski, również typowe tzn. o bardzo niskim  $R_f (<<1\%)$  i  $q_c$  rosnącym z głębokością od około 2 do ponad 15 MPa. Położenie stropu piasków (10,0 m ppt., czyli [-]6,91 m npm.) było kluczowym parametrem dla projektowania pali (Rys. 5).

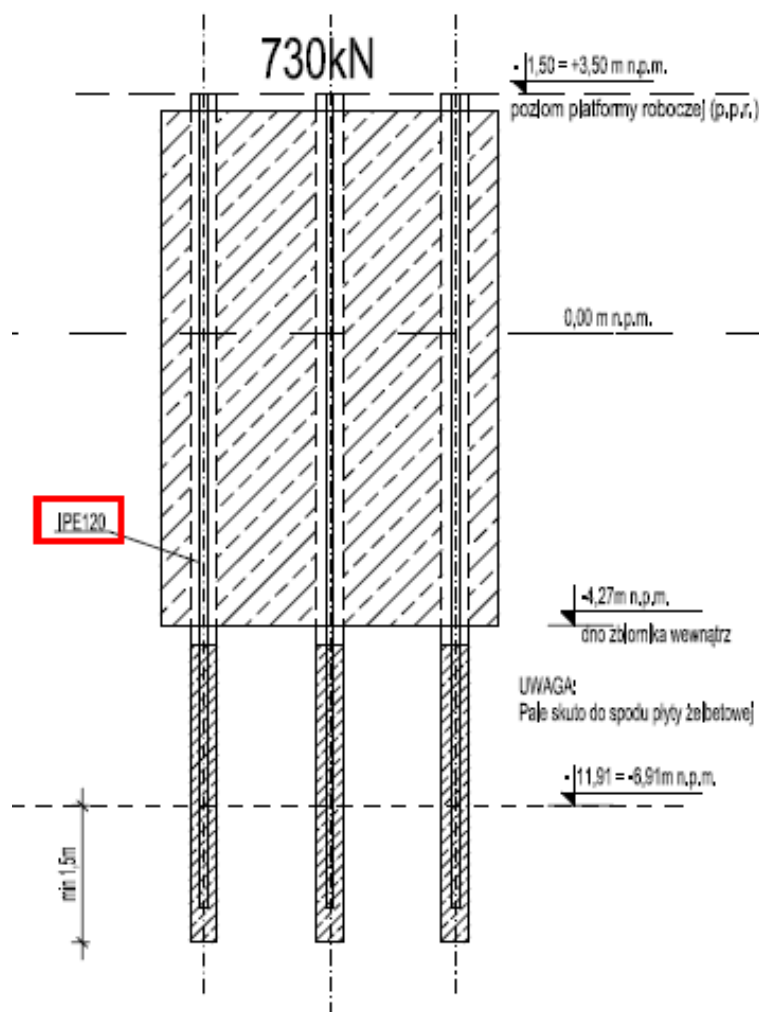
Rozpatrując zmienność podstawowego parametru, jakim dla piasków jest stopień zagęszczenia  $I_D$  zauważamy (patrz dolna część Rys. 4), że do głębokości 11,1 m, czyli 1,1 m poniżej stropu piasków grunty te były luźne ( $I_D = 0,29$ ), a więc o ograniczonej nośności, a głębiej średnio zagęszczone ( $I_D = 0,56 - 0,60$ ), aby 14,1 m poniżej poziomu terenu przejść w grunty zagęszczone ( $I_D = 0,67$ ). Mając powyższe na uwadze należy przypomnieć, że zalecane w projekcie minimalne zagłębienie pali w piaski 1,5 m (Rys. 5) oznaczało, że sięgnęły by one zaledwie 0,4 m w grunty jednoznacznie nośne.



Rys. 4. Interpretacja sondowania K6 wykonanego w miejscu projektowanej **pompowni PDb** przez „Geoprojekt Szczecin” 12 czerwca 2017 r. Komentarz w tekście.

Z danych powykonawczych wynika jednak, że pale posadowiono głębiej. Weszły one w piaski 3,44 – 3,62 m, a więc zostały zagłębione 2,34 – 2,52 m w piaski średnio zagęszczone, czyli w grunty nośne.

Celem badań terenowych, które przeprowadzono w ramach niniejszej **Ekspertyzy** na zlecenie Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Sp. z o.o. w Szczecinie, gdy awaryjny stan **pompowni PDb** był już wyraźnie widoczny (Fot. 1) było sprawdzenie, czy i jakim niekorzystnym zmianom uległy warunki gruntowe w podłożu i w otoczeniu pompowni. Oprócz dwóch sondowań CPTU, użycie których było oczywiste w sytuacji, gdy właśnie na wynikach tego typu sondowania (Rys. 4) oparto projekt posadowienia pompowni, przy sondowaniu nr 2 wykonano wiercenie, aby uściślić, z jakimi rodzajami gruntu mamy tu do czynienia oraz aby przeprowadzić pomiary hydrogeologiczne. Z otworu tego pobrano próbki gruntu do wskaźnikowych badań laboratoryjnych.



Rys. 5. Rysunek projektowy: Plan rozmieszczenia pali SDP („Polteron” Kraków; udostępnione przez Zamawiającego).

Wyniki wiercenia i sondowań wykazały istotne zmiany w stosunku do obrazu pokazanego na karcie sondowania nr K6 (Rys. 4). Szczegółowe porównanie tych trzech profili (K6, 1A i 2) zestawiono w Tabeli 1. Analiza oparta jest na dodatkowym, prawdopodobnym założeniu, że sondowanie K6 wykonano w pobliżu środka przyszłej (wówczas) pompowni, natomiast sondowania wykonane obecnie zlokalizowano oczywiście na zewnątrz obiektu, konkretnie 3,5 i 1,1 m od jego krawędzi. Sondę nr 1 próbowano wykonać początkowo także blisko (1,0 m) krawędzi studni, ale na głębokości 5,0 m natrafiono na przeszkodę (być może fragment rozkutej głowicy pala), więc odsunięto się dalej.

Miąszość warstwy nasypowej nie uległa zmianie. Jej pierwotna grubość 4,6 m jest wartością pośrednią pomiędzy głębokościami 3,9 i 4,7 m, które stwierdzono w nowych sondowaniach. Natomiast jej spąg obniżył się średnio o 1,88 m. Zmienił się też skład nasypów. Poprzednio były to piaski rozdzielone torfami (Rys. 4), obecnie piaski zalegają w spągowych partiach nasypów (ale prawdopodobnie nie te same, gdyż zawierają m.in. domieszki żwiru i gruzu, czego nie spotyka się w refulacji), a wyżej dominują piaski gliniaste. Oznacza to, że grunty te były wymieniane z uwagi na technologię budowy fundamentu i opuszczania studni: w poszerzonym w stosunku do rozmiarów pompowni wykopie. Uzdatanie tych nasypów było (jeśli w ogóle) mierne. Stopień zagęszczenia piasków wynosi  $I_D = 0,16 - 0,38$ , zaś piaski gliniaste są słabe, o niskim  $q_c$  (patrz załącznik: Karta Sondowania CPTU nr 2).



Tabela 1. Analiza zmienności gruntów podłoża w archiwalnym sondowaniu 6K (wykonane 12 czerwca 2017 r.) i sondowaniach 1A i 2 wykonanych 3 marca 2022 r.

Sonda nr	6K	1a	2
Rzędna (m npm.)	3,09	1,05	0,77
<b>Nasypy:</b>			
Przelot <sup>2</sup> od – do	0,0 – 4,6	0,0 – 3,9	0,0 – 4,7
Rzędne <sup>3</sup> od – do	3,09 – [-]1,51	1,05 – [-]2,85	0,77 – [-]3,93
Grunty	P – T – P	Pd//Pg – Pg – Pd	Pg – Ps
<b>Grunty organiczne:</b>			
Przelot od – do	4,6 – 10,0	3,9 – 9,0	4,7 – 9,3
Rzędne od – do	[-]1,51 – [-]6,91	[-]2,85 – [-]7,95	[-]3,93 – [-]8,53
Grunty	T – Nm	T – Nm	T – Nm
Piaski drobne i średnie:			
A Bardzo luźne	Brak		
Przelot od – do	-	9,0 – 9,6	9,3 – 10,7
Rzędne od – do	-	[-]7,95 – [-]8,55	[-]8,53 – [-]9,93
B Luźne			
Przelot od – do	10,0 – 11,1	9,6 – 10,9	10,7 – 11,5
Rzędne od – do	[-]6,91 – [-]8,01	[-]8,55 – [-]9,85	[-]9,93 – [-]10,73
C Luźne//szg.	Brak		
Przelot od – do	-	10,9 – 12,5	11,5 – 12,7
Rzędne od – do	-	[-]9,85 – [-]11,45	[-]10,73 – [-]11,93
Średnio zagęszczone			
Przelot od – do	11,1 – 14,1	12,5 – 13,7	12,7 – 13,7
Rzędne od – do	[-]8,01 – [-]11,01	[-]11,45 – [-]12,65	[-]11,93 – [-]12,93
Zagęszczone			
Przelot od – do	> 14,1	> 13,7	> 13,7
Rzędne od – do	< [-]11,01	< 12,65	< 12,93 <sup>4</sup>

Mięszość serii organogenicznej (torfy i namuły) uległa nieznacznemu zmniejszeniu (średnio o około 0,5 m), co można tłumaczyć procesem konsolidacji wywołanym obciążeniem nasypem i drenażem wody powodowanym pompowaniem, o czym niżej. Spąg tej serii obniżył się średnio o 1,33 m. Gdy dodamy do tego 0,5 m zmniejszenia jej mięszości, otrzymamy wartość bliską obniżeniu się spągu nasypów.

Stropowe 1,1 m podścielającej namuły serii piaszczystej charakteryzowały się w 2017 r. ograniczoną nośnością. Przyjęto dla nich wówczas stopień zagęszczenia  $I_D = 0,29$  (grunty luźne). Strefa ta sięgała do poziomu [-]8,01 m npm. Obecnie do głębokości 12,5 – 12,7 m obserwuje się wyraźne rozluźnienie piasków. Do [-]8,55/[-]9,93 m npm. stwierdzono grunty bardzo luźne ( $I_D = 0,01 – 0,07$ ), do [-]9,85/[-]10,73 m npm. grunty luźne ( $I_D = 0,31 – 0,34$ ), a głębiej do [-]11,45/[-]11,93 m npm. grunty średnio zagęszczone przewarstwiają się z luźnymi. Oznacza to, że pale podtrzymujące pompownię, które posadowione są w granicach rzędnych [-]10,35 – [-]10,53 m npm. znalazły się w całości w gruntach rozluźnionych, a prawie w całości w najłabszych z nich gruntach bardzo luźnych i luźnych.

<sup>2</sup> Głębokość w metrach od - do

<sup>3</sup> Rzędne w m npm. od - do

<sup>4</sup> Uwaga na głębokości 14,3 – 14,7 czyli od [-]13,53 do [-]13,93 wkładka piasków średnio zagęszczonych.

Analizując warunki hydrogeologiczne w rejonie przedmiotowej pompowni brano pod uwagę kilka czynników, mianowicie położenie lustra wody w **pompowni PDb** oraz w znajdującym się w bliskim sąsiedztwie kanale wody chłodniczej (patrz Rys. 1 i załącznik Mapa dokumentacyjna), nawiercone i ustabilizowane zwierciadła wody w otworze nr 2 oraz występowanie wody wewnątrz pompowni.

W dniach 3 (wykonywanie sondowań) i 4 marca, w którym wykonano otwór nr 2 (patrz załącznik Karta otworu geotechnicznego, profil nr 2 OW) **pompownia PDb** jeszcze pracowała. Ze względów bezpieczeństwa nie próbowano wykonywać pomiarów w pompowni, ale na podstawie obserwacji można w przybliżeniu przyjąć, że poziom wody utrzymywano w niej nieco poniżej zaworów zwrotnych na rurach odpływu (Fot. 2), czyli w pobliżu tzw. poziomu maksymalnego (patrz Rys. 2). Według projektu miał być on bliski  $[-]1$  m n.p.m., natomiast uwzględniając awaryjne obniżenie się pompowni średnio o około 1,5 m można przyjąć, że był to poziom około  $[-]2,5$  m n.p.m.



Fot. 2. Wnętrze **pompowni PDb** z wodą w granicach tzw. poziomu maksymalnego. Widoczne m.in. spękania obudowy Zdjęcie wykonano 24 lutego 2022 r. Uprzejmość firmy „Menard Polska”.

W tym samym czasie (patrz załączona Karta otworu wiertniczego nr 2 OW) przeprowadzono pomiary stabilizacji zwierciadła wód gruntowych z warstwy nasypowej, która nawiercona na głębokości 3,4 m ustabilizowała się 1,70 m ppt. (rzędna  $[-]0,86$  m n.p.m.) i z piasków rodzimych (odpowiednio 9,3 m ppt. i 2,20 m ppt., czyli  $[-]1,36$  m n.p.m. Jednocześnie lustro wody w najbliższym akwenu, czyli w kanale wody chłodniczej znajdowało się na rzędnej  $[+]1,33$  m n.p.m.

Z powyższych danych wynika, że pompownia będąca w stanie awaryjnym (rozszczelniona) działa na otoczenie analogicznie jak posiadająca odpowiedni filtr studnia głębinowa formując wokół lej depresji. Po pięciu godzinach po wyłączeniu pompowni 4 marca 2022 r. poziom wody wzrósł niemal pod pokrywę studni (Fot 3). Ten sam proces miał miejsce po ostatecznym wyłączeniu pompowni 7 marca. Wskazuje to na bezpośrednią łączność wód gruntowych ze studnią. Uzyskany w ten sposób poziom wody nie jest szczególnie wysoki. Np. według danych z 2006 r.<sup>5</sup> woda gruntowa o zwierciadle swobodnym lub napiętym przez wkładki organiczne i gliniaste występująca w piaszczystych nasypach niekontrolowanych stabilizowała się zależnie od lokalnych warunków w przedziale rzędnych  $[-]0,12 - [+ ]0,97$  m npm. Bliskość kanału wody chłodniczej każe się spodziewać jej tutaj raczej bliżej tej wyższej, a nie niższej rzędnej, co też ma miejsce.



Fot. 3 Wyłączona z eksploatacji **pompownia PDb** wypełniona wodą niemal pod górną płytę, czyli do około 0,7 m npm. Fotografia z 4 marca 2022 r. przekazana przez Zamawiającego.

Analizę przyczyn i skutków opisanych wyżej zjawisk przedstawiono w następnym, podsumowującym niniejszą **Ekspertyzę** rozdziale.

<sup>5</sup> Dokumentacja geotechniczna podłoża projektowanych obiektów infrastruktury portowej na wyspie Ostrów Grabowski w Szczecinie opracowana przez „Geoprojekt Szczecin”, nr arch. 6049.



#### 4. Podsumowanie: przyczyny utraty stateczności pompowni PDb

Jednoznaczne wskazanie początku procesu destrukcji **pompowni PDb**, który doprowadził do jej aktualnego, awaryjnego stanu opisanego powyżej nie jest łatwe. Natomiast przyczyna rozumiana ogólniej jest oczywista. Było nią pierwsze **rozszerzenie** obudowy studni, albo (bardziej prawdopodobne) jej połączenia z rurociągiem doprowadzającym ścieki. Przez to rozszerzenie czynna (pompująca) studnia zasysała wodę z otaczającego gruntu uruchamiając proces jego upłynniania.

Jeśli pompownia przez pierwsze lata eksploatacji była szczelna (a jej bezawaryjna przez ten czas praca jednoznacznie na to wskazuje), można postawić hipotezę, że impulsem początkującym powyższe zjawisko były najprawdopodobniej jakieś zewnętrzne oddziaływania dynamiczne. Fakt, że korpus pompowni nie był połączony (kotwiony) z fundamentem oznacza, że może on wykonywać ruchy niezależne od fundamentu. Znaczna różnica pomiędzy minimalnym a maksymalnym projektowym poziomem wody ( $> 2$  m) oznacza, że jeśli te graniczne wartości były co jakiś czas przemienne osiąmane, studnia raz docierała do fundamentu, aby następnie podlegać zjawisku wyporu. Mogło to generować, choćby niewielkie, ruchy dół – góra. Drugim czynnikiem silnie oddziałującym na najsłabsze punkty konstrukcji niewątpliwie było ciśnienie wody gruntowej, które potęgowało się podczas niskich stanów wody w pompowni, a dodatkowo zwiększane było przez okresowe zjawiska cofki, a zwłaszcza przez relatywnie wysoki poziom wody w sąsiadującym kanale wody chłodniczej, o nie izolowanym dnie.

Naruszenie równowagi hydrostatycznej spowodowane przez rozszerzenie pompowni, którego hipotetyczne przyczyny podano powyżej, a skutki (przeciek) zaobserwowano 8-9 lutego, nie zostało od razu zatrzymane, bowiem przed skonstruowaniem tymczasowego obejścia pompowni nie było to w okresie dość intensywnych wówczas opadów możliwe. Proces ten rozszerzał się więc, a jego skutki w podłożu opisano w rozdziale 3.

Zastanawiające jest dlaczego tak silnej destrukcji uległy piaski spod słabo przecież przepuszczalnych gruntów organicznych. Zapewne drogami umożliwiającymi migrację będących pod znacznym ciśnieniem hydrostatycznym piasków rzecznych, czyli wprowadzenie ich w stan tzw. kurzawki (upłynnienie), były przestrzenie pomiędzy palami wierconymi pod fundamentem pompowni, a gruntem. Częściowe upłynnienie, a co najmniej rozluźnienie stosunkowo grubej warstwy piasków spowodowało ich znaczne osiadanie i utworzenie zapadliska, pochłaniającego również samą pompownię. Powodem jej niestateczności był fakt, że pale podtrzymujące płytę i ustawioną na niej pompownię, wprowadzono w piaski tylko 3,44 – 3,62 m. Nawet jeśli charakteryzowały się początkowo wystarczającą nośnością, znalazły się one w całości w rozluźnionej pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego i w związku z tym osiadającej warstwie. Fakt, że sama pompownia osiadła nieco mniej od otaczającego ją terenu można tłumaczyć pozytywnym wpływem płyty o powierzchni blisko  $11 \text{ m}^2$ , na której ją postaviono. Przechylenie się pompowni wynika natomiast z faktu, że zagęszczenie górnych partii rozluźnionej strefy piasków jest wyraźnie niższe w punkcie nr 2, w którą to właśnie stronę przechyla się pompownia. Na styku z namułami jest to grunt niemal płynny. Także z tej strony słabsze są nasypy, które powinny zapobiegać przechyłowi, a ponieważ już zaobserwowano wyraźne odsunięcie się pompowni od sąsiedniego obiektu, nie można wykluczyć, że zsuwa się ona z podścielającej ją płyty.

W opisanej sytuacji nie ma możliwości naprawy uszkodzonej **pompowni PDb**, ściślej – byłaby ona bardzo kosztowna. Także jej rozbiórka musi być prowadzona ostrożnie, gdyż niktła stabilność samego obiektu i jego otoczenia może przy dodatkowych oddziaływaniach doprowadzić do katastrofy.

Zwraca się uwagę na duży zasięg zapadliska. Z tego powodu osiadają także sąsiednie obiekty, zwłaszcza PDt, a także studzienki kanalizacyjne. W związku z powyższym niezbędny jest przegląd tych obiektów i ustalenie, czy nie podlegają one procesom destrukcji, podobnym do tych, które zapoczątkowały awarię **pompowni PDb**, i czy jest jeszcze możliwość procesy te zahamować i nadal eksploatować te obiekty, czy też należy zdecydować o konieczności ich wymiany.

Ewentualną odbudowę **pompowni PDb**, zwłaszcza w tym samym, zdegradowanym pod względem geotechnicznym rejonie, należy poprzedzić badaniami podłoża (wykorzystując dane z wiercenia i sondowań wykonanych w ramach niniejszej **Ekspertyzy**) oraz wprowadzić takie rozwiązania projektowe (głębsze posadowienie pali, zapewnienie sztywności budowli jako całości i szczelności konstrukcji, zwłaszcza jej połączeń z rurociągami, która będzie zachowana nawet w przypadku oddziaływań dynamicznych), które zapobiegą podobnej awarii w przyszłości. Należy pamiętać, że jest to (czy raczej był) najniżej zagłębiony, a więc stosunkowo najtrudniejszy w realizacji i najbardziej poddany (i podatny) na oddziaływania środowiska wodno-gruntowego obiekt systemu kanalizacyjnego ZTUO.

O p r a c o w a ł :

/ dr hab. Marek Tarnawski /

Szczecin, 14 marzec 2022 r.



### Załączniki graficzne

1. Mapa dokumentacyjna w skali 1 : 2500
2. Karta otworu geotechnicznego; Profil nr 2 OW
3. Karty sondowania CPTU; Profile nr 1A CPTU i 2 CPTU
4. Zestawienie wyników badań laboratoryjnych