

Prognozowane warunki geotechniczne w rejonie budowy Portu Westerplatte w Gdańsku

Prof. zw. dr hab. inż. Eugeniusz Dembicki – Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Dr inż. Arkadiusz Kryczko, mgr inż. Hubert Konkol – GEOSET s.c.

W opracowaniu omówiono warunki geotechniczne oraz parametry gruntów znajdujących się na obszarze planowanej budowy nowego portu (Portu Westerplatte) w Gdańsku. Punktem wyjścia prognoz dotyczących budowy podłoża gruntowego są opracowania dotyczące inwestycji znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie rozpatrywanej lokalizacji Portu [2, 5] oraz ogólnodostępne informacje zamieszczone w Centralnej Bazie Danych Geologicznych Państwowego Instytutu Geologicznego [3, 4].

Wstępną lokalizację planowanego Portu Westerplatte przedstawiono w artykule opublikowanym w numerze 5/2009 czasopisma „Inżynieria Morska i Geotechnika” [1]. Zakłada się usytuowanie Portu pomiędzy fałochronem Północnym w Porcie Północnym a Wschodnim Fałochronem prowadzącym do Portu Wewnętrznego. W numerze 3/2011 tego czasopisma przeanalizowano warunki hydro- i litodynamiczne w rejonie rozpatrywanej budowy [6]. Na rys. 1 pokazano lokalizację wykorzystanych materiałów źródłowych oraz prognozowanych przekrojów geotechnicznych względem planowanego obszaru Portu Westerplatte.

BUDOWA GEOLOGICZNA

Pod względem geomorfologicznym analizowany obszar znajduje się na terenie Pobrzeża Południowobałtyckiego, w obrębie makroregionu Pobrzeża Gdańskiego, w granicach Mierzei Wiślanej.

Mięszkość utworów czwartorzędowych na rozpatrywanym obszarze sięga 100,0 m. Osady zlodowacenia południowopolskiego zbudowane są z trzech poziomów gliny zwałowej, piasków, mułków i ilów zastoiskowych oraz piasków i żwirów wodnolodowcowych. W glinie zwałowej obecne są fragmenty skał podłoża oraz drobne okruchy tych skał. Osady zlodowacenia środkowopolskiego są zbudowane z utworów zastoiskowych, wodnolodowcowych i gliny zwałowej. W rejonie Westerplatte ich mięszkość sięga kilkunastu metrów. Powyżej leżą mułki, ily i piaski zastoiskowe. Osady zlodowacenia północno-

polskiego to osady lodowcowe podścielone i przykryte piaskami i żwirami wodnolodowcowymi.

Najmłodszymi utworami zalegającymi w dnie analizowanego obszaru w części wodnej oraz bezpośrednio pod nasypami w części lądowej są utwory morsko-deltowe, holocenijskie piaski średnie, drobne, lokalnie żwiry i pospółki. Są one przewarstwione madyami organicznymi oraz mineralnymi, których mięszkość zmniejsza się znacznie w miarę wzrostu odległości od linii brzegowej oraz w miarę oddalania się od ujścia Martwej Wisły.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Na kształtowanie się warunków hydrogeologicznych w rejonie Gdańska zasadniczy wpływ mają wodonośne utwory czwartorzędu (plejstocenu i holocenu), trzeciorzędu (miocenu i oligocenu) oraz kredy górnej. W nawiązaniu do podziału stratygraficznego możemy wyróżnić następujące piętra i poziomy wodonośne:

- w obrębie piętra czwartorzędowego: poziom plejstocenijsko-holocenijski i poziomy międzymorenowy;
- w piętrze trzeciorzędowym: poziom miocenijski i oligocenijski;
- wody szczelinowe i wody w porach w obrębie kredowego piętra wodonośnego.

Wymienione poziomy wodonośne powiązane są w spójnym systemie obiegu wody i stanowią podstawę gdańskiego systemu wodonośnego.

Analizowany obszar znajduje się na terenie jednostki Pierwszego Poziomu Wodonośnego nr 3. Głębokość do zwierciadła wód tego poziomu jest niewielka i wynosi mniej niż 5 m. Zwierciadło wody ma charakter swobodny, a w jego strefie występują głównie piaski różnoziarniste. Pierwszy Poziom Wodonośny (PPW) na tym obszarze nie jest głównym użytkowym poziomem wodonośnym. Ze względu na całkowity brak utworów izolujących oraz płytkie zaleganie poziomu wodonośnego stopień podatności wód PPW na zanieczyszczenia określono jako bardzo wysoki.

Podstawowa eksploatacja wód podziemnych w obrębie ujęć komunalnych odbywa się z dolnej, kredowej, warstwy wodonośnej.

Naturalna sieć hydrograficzna i stosunki wodne na tym terenie zostały silnie przekształcone w wyniku prac hydrotechnicznych. Martwa Wisła jest integralną częścią systemu wodnomelioracyjnego Żuław Gdańskich i odprowadza wody z tego obszaru do Zatoki Gdańskiej.

Teren planowanego portu Westerplatte znajduje się na obszarze zagrożonym powodzią.

ANALIZA MATERIAŁÓW ŹRÓDŁOWYCH

W celu ustalenia prawdopodobnych warunków gruntowych wykorzystano opracowania dotyczące terenów sąsiadujących z obszarem planowanego portu. Dokumentację Geologiczno-Inżynierską [2], przygotowaną na cele przebudowy Falochronu Wschodniego, wykonano w 2008 roku na podstawie 29 otworów (22 otworów na wodzie oraz 7 otworów na lądzie) o głębokości od 5 do 26 m oraz sondowań sondami DPL oraz DPH.

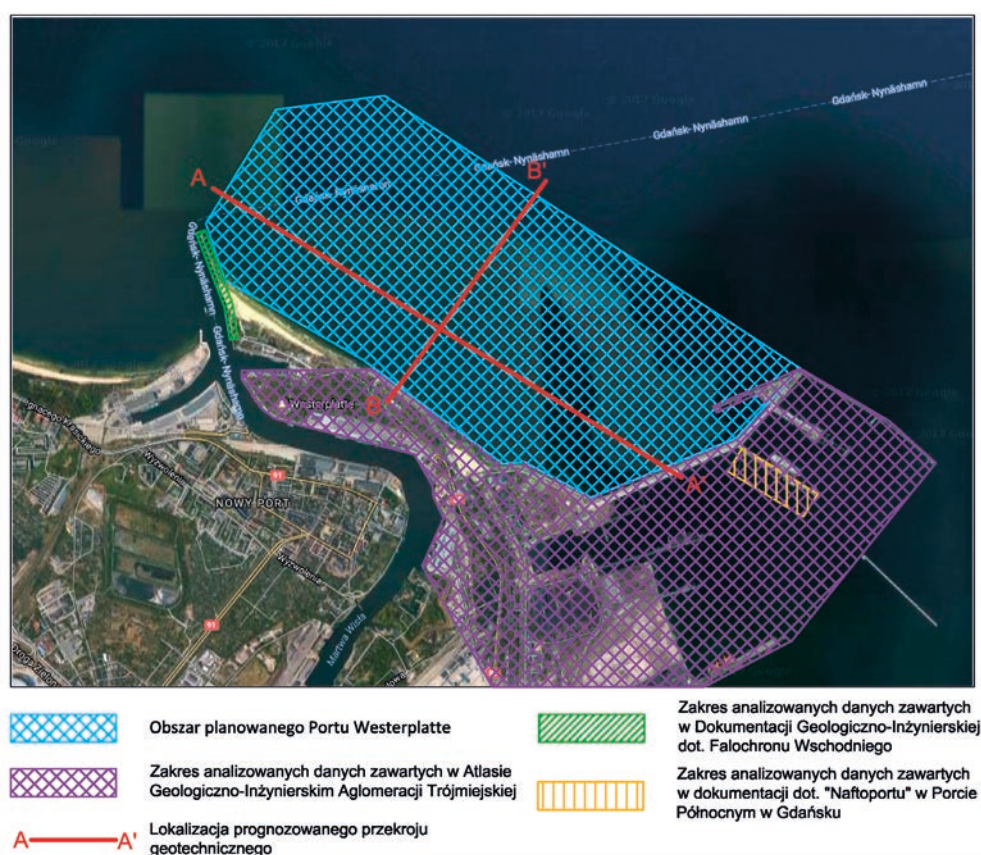
Teren, którego dotyczy wspomniana dokumentacja, obejmuje tereny lądowe oraz strefę dna na przedłużeniu Półwyspu Westerplatte, w bezpośrednim sąsiedztwie istniejącego Falochronu Wschodniego (rys. 1). Górną warstwę, o miąższości 1 ÷ 8 m, stanowią holocenijskie deltowo-morskie piaski drobne z domieszkami namulów. Pod nimi zalega warstwa 3 ÷ 12 m holocenijskich aluwialno-bagiennych namulów organicznych z przewarstwieniami torfowymi. Podścielone są one deltowymi piaskami drob-

nymi z wkładkami namulów. Podłożem tych warstw są wodnolodowcowe gliny piaszczyste oraz piaski i gliny.

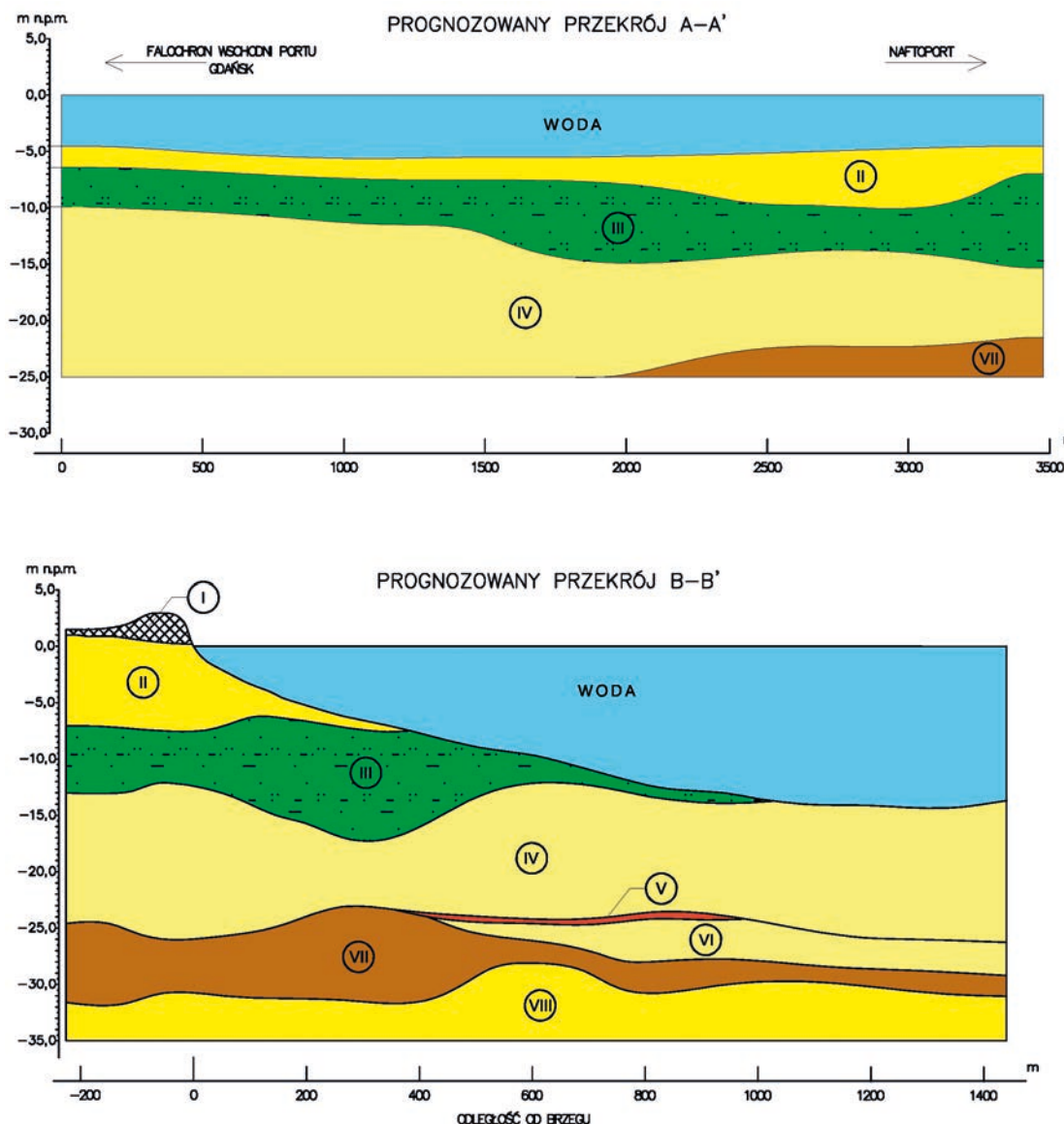
W analizowanej dokumentacji w podłożu wyróżniono dwa poziomy wodonośne połączone ze sobą oraz z wodą w kanale portowym. Pierwszy poziom wodonośny znajduje się w nawodnionych holocenijskich gruntach niespoistych. W zależności od układu warstw jego zwierciadło jest swobodne lub napięte i stabilizuje się około rzędnej zwierciadła wody w kanale portowym. Drugi poziom wody gruntowej stwierdzono w stropie plejstoceńskich warstw niespoistych znajdujących się poniżej glin morenowych. Napięte zwierciadło tego poziomu również stabilizowało się na rzędnej zwierciadła wody w kanale portowym.

Kolejnym opracowaniem dostarczającym informacji o budowie podłoża jest projekt geotechniczny wykonany w celu ustalenia warunków geotechnicznych posadowienia pomostu oraz dąlb stanowiska T1 w Bazie Przeładunku Paliw Płynnych „NAFTOPORT” Sp. z o.o. w Porcie Północnym w Gdańsku [5]. Projekt wykonano we wrześniu 2011 roku. Podstawą projektu była Dokumentacja Geologiczno-Inżynierska w celu ustalenia warunków geologiczno-inżynierskich podłoża stanowiska T1 na terenie „NAFTOPORTU”, wykonana przez Przedsiębiorstwo Geologiczne GEOPROJEKT Szczecin Sp. z o.o. Obszar, którego dotyczy wyżej wymienione opracowanie, zaznaczono na rys. 1.

Dno w tym rejonie znajduje się na rzędnej około 15 m p.p.m. Wierzchnią warstwę, o miąższości około 8 m, stanowią piaski średnie, grube oraz żwiry. Poniżej zalega warstwa zagęszczonych piasków drobnych. Lokalnie występują cienkie wkładki namulów o miąższości około 1 m. Piaski drobne zalegają na łożach oraz glinach zwałowych w stanie twaroplastycznym.



Rys. 1. Lokalizacja wykorzystanych materiałów źródłowych oraz prognozowanych przekrojów geotechnicznych względem planowanego obszaru Portu Westerplatte



Rys. 2. Prognozowane przekroje geotechniczne rozpatrywanego obszaru

Tabl. 1. Charakterystyka warstw zaznaczonych na rys. 2

I	Występująca w stropie profilu w części lądowej warstwa nasypów o miąższości do kilku metrów. Składa się głównie z piasków z domieszką części organicznych, gruzu i odpadów.
II	Warstwa piasków oraz piasków pylastych o miąższości do ponad 7 m. Są to w większości piaski eoliczne, występujące wzdłuż brzegu, nawodnione. W części lądowej oraz w bezpośrednim sąsiedztwie lądu występują piaski w stanie zagęszczonym i średnio zagęszczonym, natomiast w miarę oddalania się od brzegu wartość ich stanu zagęszczenia spada.
III	Warstwa następujących po sobie na zmianę namulów pylastych i piasków pomiędzy 6,0 a 17,0 m p.p.m., Zawartość części organicznych w warstwach namulów waha się w przedziale 5 ÷ 25%. Warstwy namulów charakteryzują się zmienną miąższością, na ogół zmniejszającą się w kierunku NNE. Piaski występujące w obrębie tej warstwy to najprawdopodobniej piaski osadów rzecznych, składające się przeważnie z piasków drobnych z domieszką pyłów, części roślinnych i muszli ślimaków i małży słodkowodnych, w stanie od luźnego do zagęszczonego. Namuly i pyły humusowe występują najczęściej w stanie plastycznym lub miękkoplastycznym.
IV	Piaski akumulacji rzecznej występujące od 12,0 ÷ 26,0 m p.p.m. Składają się głównie z piasków drobnych i średnich w stanie zagęszczonym. Lokalnie występują soczewki żwirów oraz przewarstwienia glin i ilów pylastych w stanie twardoplastycznym.
V	Lokalnie występująca, cienka warstwa plejstocentrycznych ilów w stanie plastycznym (o miąższości do 1 m), występująca na głębokości około 24 m p.p.m.
VI	Plejstocentryczne osady wodnolodowcowe wykształcone w postaci warstwy piasków drobnych w stanie zagęszczonym. Znajduje się pomiędzy 24,0 ÷ 28,0 m p.p.m.
VII	Gliny pylaste zwięzłe, gliny pylaste oraz piaszczyste w stanie twardoplastycznym. Występuje od rzędnej 23,0 m p.p.m. miejscami aż do około 31,5 m p.p.m.
VIII	Warstwa piasków o różnej granulacji, przeważnie średnich oraz grubych z kamieniami, miejscami pospółek i żwirów. Znajduje się na rzędnych od 28,0 m p.p.m. aż do granicy rozpoznania (35 m p.p.m.). Grunty te występują w stanie zagęszczonym.

PROGNOZOWANE WARUNKI GEOTECHNICZNE

Dno zatoki w rozpatrywanym obszarze opada łagodnie w kierunku prostopadłym do brzegu. Głębokość zmienia się płynnie od około 1 do 10 m.

Ekstrapolując dane zawarte w wymienionych dokumentacjach archiwalnych oraz informacje zawarte w Atlasie Geologiczno-Inżynierskim Aglomeracji Trójmiejskiej Gdańsk-Sopot-Gdynia, określono prognozowaną budowę podłoża w rozpatrywanym obszarze.

Na rys. 2 przedstawiono prognozowane przekroje geotechniczne oznaczone na rys. 1 wraz z oznaczeniem warstw opisanych w tabl. 1.

PROGNOZOWANE GŁÓWNE PARAMETRY PODŁOŻA

Podstawowe parametry geotechniczne wyodrębnionych warstw, prognozowane na podstawie dostępnych opracowań archiwalnych, przedstawiono w dalszej części.

Przydatne warstwy piasków luźnych charakteryzują się kątem tarcia wewnętrznego około 30° i edometrycznym modułem ścisłości pierwotnej mieszczącym się w zakresie $40,0 \div 55,0$ MPa.

Namuly znajdujące się pod spągiem piasków wykazują zróżnicowanie spójności oraz kąta tarcia wewnętrznego w zależności od miejsca ich występowania. W tabl. 2 i 3 zestawiono wartości ekstremalne, średnie oraz mediany tych parametrów dla namulów znajdujących się odpowiednio w części morskiej oraz lądowej rozpatrywanego obszaru. Stwierdzono ponadto, że wytrzymałość na ścinanie bez odpływu analizowanej warstwy zawiera się pomiędzy $2,0$ a $28,0$ kPa, z wartością średnią równą $13,5$ kPa oraz medianą $12,0$ kPa. Edometryczny moduł ścisłości M kształtuje się z kolei pomiędzy $9,8 \div 34,4$ MPa z wartością średnią równą $21,9$ kPa oraz wartością środkową $26,4$ kPa.

Tabl. 2. Parametry namulów w części morskiej

Wartość	c [kPa]	ϕ [$^\circ$]
Max	27,9	16,2
Min	6,3	10,3
Średnia	15,1	13,2
Mediana	13,7	13,5

Tabl. 3. Parametry namulów w części lądowej

Wartość	c [kPa]	ϕ [$^\circ$]
Max	10,9	17,9
Min	6,3	9,5
Średnia	8,1	14,7
Mediana	8,0	14,6

Średniozagęszczone oraz zagęszczone piaski występujące na stropie glin charakteryzują się kątem tarcia w zakresie $31,0 \div 34,0^\circ$ oraz edometrycznym modułem ścisłości pierwotnej wahającym się między $80,0 \div 150,0$ MPa.

Warstwa ilów plastycznych charakteryzuje się spójnością 11 kPa oraz kątem tarcia wewnętrznego około 12° . Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej przyjmuje wartość około 20 MPa.

Kąt tarcia wewnętrznego utworów lodowcowych w postaci gliny pylastej zwięzłej, gliny pylastej oraz piaszczystej w stanie twardoplastycznym waha się w granicach od $18 \div 25^\circ$, natomiast spójność wynosi $30 \div 50$ kPa. Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej przyjmuje wartości z zakresu $30 \div 80$ MPa.

Warstwa piasków, żwirów i pospółek, zalegająca pod spójnymi utworami lodowcowymi, aż do głębokości rozpoznania charakteryzuje się kątem tarcia wewnętrznego od $33,0^\circ$ do około $40,5^\circ$. Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej tej warstwy przyjmuje wartości mieszczące się w zakresie $95,0 \div 200,0$ MPa.

PODSUMOWANIE

Ekstrapolując przedstawione dane pochodzące z opracowań dotyczących bezpośredniego sąsiedztwa rozpatrywanej lokalizacji Portu Westerplatte oraz korzystając z wiedzy i doświadczenia Autorów można stwierdzić, że:

1. Dostępne materiały pozwalają, z pewnym prawdopodobieństwem, ustalić warunki geotechniczne oraz parametry gruntów znajdujących się w rejonie planowanej inwestycji.
2. Dno zatoki w rozpatrywanym obszarze opada łagodnie w kierunku prostopadłym do brzegu. Głębokość zmienia się płynnie od około 1 do 10 m. Kolejne warstwy gruntu ułożone są mniej więcej równolegle, lecz mogą charakteryzować się znaczną zmiennością parametrów wytrzymałościowych, zwłaszcza w kierunku prostopadłym do linii brzegowej.
3. W podłożu, na terenie planowanej budowy portu Westerplatte, występują skomplikowane warunki gruntowe. Ze względu na warstwy gruntów organicznych, znajdujące się pod warstwą luźnych i średnio zagęszczonych piasków o niezbyt dużej miąższości, zaleca się posadowienie konstrukcji portowych pośrednio, np. palach.
4. W celu właściwego zaprojektowania posadowienia konstrukcji planowanego portu niezbędne są dokładne badania geotechniczne podłoża gruntowego, które pozwolą na jednoznaczne określenie układu warstw i ich parametrów geotechnicznych.

LITERATURA

1. Dembicki E., Znyk J.: Rozbudowa Portu Gdańsk. Port Westerplatte. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 5/2009.
2. Dokumentacja geologiczno-inżynierska w celu ustalenia warunków geologiczno-inżynierskich w podłożu projektowanej przebudowy Falochronu Wschodniego w Porcie Gdańsk – wykonana przez przedsiębiorstwo INGEOSP. z o.o., Gdynia, grudzień 2008.

3. Frankowski Z., Zachowicz J. z Zespołem: Atlas Geologiczno-Inżynierski Aglomeracji Trójmiejskiej Gdańsk-Sopot-Gdynia, Gdańsk-Warszawa, listopad 2007.
4. Państwowy Instytut Geologiczny, Centralna Baza Danych Geologicznych – PORTAL. bazagis.pgi.gov.pl, stan na styczeń 2017.
5. Projekt Geotechniczny dotyczący warunków posadowienia fundamentów stanowiska przeładunkowego „T1” w BPPP „NAFTOPORT” w Porcie Północnym w Gdańsku - wykonany przez przedsiębiorstwo GEOSYNTEX Sp. z o.o., Gdynia wrzesień 2011 roku.
6. Szmytkiewicz M., Dembicki E., Znyk J.: Analiza warunków hydro- i litodynamicznych w rejonie rozpatrywanej budowy Portu Westerplatte w Gdańsku. Inżynieria Morska i Geotechnika (3/2011).