



## **GEOPROGRAM**

**Wojciech Andrzejewski**

85-739 Bydgoszcz, ul. Fordońska 110

tel. 602-322297, (052)-3717949

NIP 953-217-16-00, REGON: 092345820

Konto: NORDEA BANK POLSKA S.A. o/Bydgoszcz 80 1440 1215 0000 0000 0379 8577

e-mail: [office@geoprogram.pl](mailto:office@geoprogram.pl) [www.geoprogram.pl](http://www.geoprogram.pl)

# **DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA** **ustalająca geotechniczne warunki posadowienia** **do projektu budowy mostu przez Kanał Bydgoski** **z przebudową Węzła Zachodniego w Bydgoszczy** **w ramach zadania pn: Przebudowa Węzła Zachodniego-etap IIa**

**INWESTOR:**



*Zarząd Dróg Miejskich i Komunikacji Publicznej  
w Bydgoszczy*

**PROJEKTANT:**



*ul. Toruńska 174a; 85-844 Bydgoszcz*

*Voessing Polska Sp. z o.o.*

*ul. Grobla 17/5; 61-859 Poznań*

*grudzień 2011 rok*

**DATA ZLECENIA:**

**PRZEDMIOT OPRACOWANIA:**

*Badania podłoża gruntowego w miejscu  
planowanej budowy mostu przez Kanał Bydgoski*

**ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA:**

*Określenie warunków geotechnicznych dla  
posadowienia nowo projektowanego obiektu  
mostowego*

<b>Autor:</b>	<b>mgr Wojciech Andrzejewski</b> - <i>upr. geol. VII-1281</i> - <i>upr. geol. V-1436</i>	
	<b>mgr Piotr Tański</b>	
	<b>inż. Marcin Tubacki</b>	

*Bydgoszcz, luty 2012r*

## **SPIS TREŚCI**

<b>1.WSTĘP</b>	<b>3</b>
1.1. Podstawa i przedmiot opracowania	3
1.2. Cel i zakres opracowania	3
1.3. Materiały wykorzystane w opracowaniu	4
<b>2.DANE OGÓLNE</b>	<b>6</b>
2.1. Lokalizacja i opis terenu	6
2.2. Charakterystyka obiektu	6
<b>3. BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO</b>	<b>8</b>
3.1. Zakres i metody wykonywanych badań	8
3.1.1. Prace polowe	8
3.1.2. Badania laboratoryjne	9
3.1.3. Prace kameralne	10
3.2. Środowisko geograficzne. Geomorfologia.	11
3.3. Budowa geologiczna	11
3.4. Warunki hydrogeologiczne	12
<b>4. GEOTECHNICZNA CHARAKTERYSTYKA PODŁOŻA</b>	<b>14</b>
<b>5. ANALIZA WARUNKÓW POSADOWIENIA</b>	<b>17</b>
5.1. Posadowienie obiektów inżynierskich	17
5.2. Określenie kategorii geotechnicznej	17
<b>6. WNIOSKI I ZALECENIA</b>	<b>18</b>

## 1.WSTĘP

### 1.1. Podstawa i przedmiot opracowania

- Podstawę opracowania stanowi zlecenie bezpośrednie Voessing Polska Sp. z o.o.; działającego w imieniu i z upoważnienia Inwestora: Zarząd Dróg Miejskich i Komunikacji Publicznej w Bydgoszczy z grudnia 2011r,
- Ustawa z dnia 09.06.2011r. Prawo geologiczne i górnicze (tekst jednolity Dz.U. nr 163, poz. 981),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska, z dnia 23.12.2011r w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz.U. nr291, poz. 1714).
- Projekt Prac Geologicznych dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich do projektu budowy mostu przez Kanał Bydgoski z przebudową Węzła Zachodniego w Bydgoszczy,
- Decyzja Prezydenta Miasta Bydgoszczy nr WGK/893/11 z dnia 19.09.2011r zatwierdzająca ww. Projekt prac geologicznych,
- Wytyczne techniczne przekazane przez Zleceniodawcę i Projektanta wraz z planem sytuacyjno-wysokościowym.

### 1.2. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest ustalenie geotechnicznych warunków posadowienia w rejonie projektowanego mostu przez Kanał Bydgoski w ramach przebudowy Węzła Zachodniego w Bydgoszczy poprzez: rozpoznanie rodzaju gruntów, ich genezy, cech fizyczno-mechanicznych oraz warunków hydrogeologicznych.

#### **Zakres opracowania obejmuje przedstawienie:**

- warunków geotechnicznych, zarysu geomorfologii, budowy geologicznej i stosunków wodnych,
- wyników wykonanych badań polowych i laboratoryjnych,
- miarodajnych wartości parametrów geotechnicznych gruntu,
- podsumowania i wskazań końcowych.

### **1.3. Materiały wykorzystane w opracowaniu**

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska, z dnia 23.12.2011r w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz.U. nr291, poz. 1714).
2. Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich, Ministerstwo Środowiska. Warszawa 1999r
3. Instrukcja ITB nr 303. Ustalenie przydatności gruntów dla potrzeb budownictwa. Warszawa 1990.
4. Instrukcja ITB posadowienie obiektów budowlanych w sąsiedztwie skarp i zboczy ITB Warszawa 1991r.
5. Dokumentowanie geotechniczne na potrzeby obiektów budowlanych w gospodarce przestrzennej i infrastrukturze, Seminarium ITB Warszawa 2004r
6. Nowoczesne metody badania gruntów, Seminarium ITB Warszawa 2003r.
7. PN-/B-02479:1998 Dokumentowanie geotechniczne,
8. PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe.
9. PN-B-06050 Geotechnika: Roboty ziemne budowlane.
10. PN-88/B-04481 Grunty budowlane. Badanie próbek gruntów.
11. PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Projektowanie i obliczenia statyczne posadowień bezpośrednich.
12. PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Podział, nazwy, symbole i określenia.
13. T.Lune, P.Robertson, J.Powell. Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice Spon Press, London&New York 2004r.
14. Paul Jacobs; Simplified Description of the Use and Design Methods for CPTs in Ground Engineering; Fugro Engineering Services Limited; Oxfordshire 2004.
15. Z.Sikora; Sondowanie statyczne, Wyd. Naukowo-Techniczne Warszawa 2006r.
16. L.Wysokiński, T.Godlewski, M. Wszędyrówny-Nast.; Zależności regionalne parametrów geotechnicznych podłoża na podstawie sondowań CPTU i DMT. Problemy geotechniczne i środowiskowe z uwzględnieniem podłoży ekspansywnych; Wyd. Uczelniane UTP Bydgoszcz 2009r.
17. Geografia Regionalna Polski –J. Kondracki, PWN Warszawa 2000.
18. Projekt Prac Geologicznych dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich do projektu budowy mostu przez Kanał Bydgoski z przebudową Węzła Zachodniego w Bydgoszczy w ramach zadania pn: Przebudowa Węzła Zachodniego – Etap IIa, grudzień 2011,
19. Geotechniczne warunki posadowienia w obszarze podpór mostów Węzła Zachodniego w Bydgoszczy, Pracownia Inżynieryjno-Geologiczna, Bydgoszcz 2001r,



20. Specyfikacja wykonania dokumentacji projektowej: Budowy mostu przez Kanał z przebudową Węzła Zachodniego w Bydgoszczy w ramach zadania pn. : Przebudowa Węzła Zachodniego- etap II a; ZDMiKP w Bydgoszczy, 2011r
21. Przeglądowa Mapa Geologiczno-Inżynierska Polski, skala 1:300000.
22. Mapa Topograficzna Polski, skala 1:10000.
23. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 września 1998 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych. (Dz. U. Nr 126, poz. 839).

## 2.DANE OGÓLNE

### 2.1. Lokalizacja i opis terenu

Projektowany most zlokalizowany jest w rejonie dzielnicy Czyżkówko w Bydgoszczy w obszarze Węzła Zachodniego, stanowiącego połączenie ulic: Grunwaldzkiej – Nad Torem – Rotmistrza Pileckiego.

Wykonane prace geologiczne dotyczyły oraz nowej przeprawy mostowej przez Kanał Bydgoski. Będzie ona położona ok. 20m na zachód od istniejącego mostu.

Obszar badań obejmuje działki nr 90 (na północnym brzegu) oraz 7/1 na brzegu południowym Kanału Bydgoskiego.

Powierzchnia działek jest nieregularna opada ku Kanałowi Bydgoskiemu. Została ona silnie przekształcona podczas pierwszego etapu budowy Węzła Zachodniego. Rzędne terenu w rejonach wykonanych otworów kształtują się w zakresie rzędnych: 45,96-46,21m n.p.m. na północnym brzegu, 45,01-49,32m n.p.m na południowym brzegu.

W rejonie projektowanego obiektu mostowego przepływa w sztucznym korycie Struga Flis, która została częściowo ujęta w kolektor (przejście pod Węzłem Zachodnim i Kanałem Bydgoskim).

Najbliższe sąsiedztwo projektowanej przeprawy mostowej stanowi:

- Od wschodu istniejący most Św. Antoniego z Padwy,
- Na północnym brzegu, od zachodu od strony zachodniej Centrum Medyczne Zachód,
- Na południowym brzegu, od zachodu nieużytek z estakadą wodociagową.

Szczegóły lokalizacyjne przedstawia Załącznik 1.1 - Mapa przeglądowa 1:10000 oraz dostarczony przez Zleceniodawcę, załącznik nr 1.2, Mapa sytuacyjno-wysokościowa, w skali 1:500 wraz z wykonanymi wyrobiskami badawczymi.

### 2.2. Charakterystyka obiektu

Projektowany obiekt mostowy nad Kanałem Bydgoskim będzie posiadał następujące parametry techniczne:

- a) Długość obiektu mostowego około 90m,
- b) Szerokość obiektu mostowego około 16m (szerokość uzależniona od przyjętej liczby pasów ruchu w obiekcie 2 lub 3), elementy przekroju poprzecznego: jezdnia 2 lub 3 pasmowa, ścieżka rowerowa, chodnik.

Ustrój nośny trójprzęsłowy ciągły, stalowy, zespolony z płytą żelbetową o przęsłach połączonych w układ ramowy z podporami pośrednimi w kształcie litery „Y”, usytuowanymi poza liniami umocnień brzegowych Kanału Bydgoskiego.



Planuje się posadowienie przyczółków oraz podpór na palach fundamentowych analogicznie do sąsiadującego mostu, na głębokości uzależnionej od stwierdzonych warunków gruntowo-wodnych.

Wstępnie założono II kategorię geotechniczną.

### **3. BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO**

#### **3.1. Zakres i metody wykonywanych badań**

##### **3.1.1. Prace polowe**

Prace polowe wykonano w dniach 24-28 stycznia 2012r. Obejmowały one wiercenia otworów badawczych, sondowania statyczne, sondowania dynamiczne, pobranie próbek do badań laboratoryjnych, badania makroskopowe gruntów, ustalenie litologii i genezy gruntów podłoża oraz niwelację techniczną.

Pod przyczółki oraz podpory mostu wykonano po 1 otworze wiertniczym oraz 1 sondowaniu CPTU.

W trakcie prowadzenia prac geologicznych uległy zmianie lokalizacje otworów wiertniczych z sondowaniami CPTU z powodu niemożliwości przeprowadzenia w danym miejscu sondowania bądź utrudnionego dojazdu wiertnicy samojezdnej. Przesunięto również od północnej linii brzegowej otwór o6 oraz sondowanie CPTU5 natomiast na południowym brzegu uległ przesunięciu otwór o3.

Lokalizację wykonanych wyrobisk przedstawiono w załączniku nr 1.2.

##### **a/ wiercenia**

Na terenie badań wykonano systemem mechanicznym, okrętym 4 otwory o średnicy 90-130 mm, (wiertnica hydrauliczna H20SG, wielozadaniowy penetrometr GEOTECH 220-04) maksymalnie do głębokości 18,0m p.p.t. Otwory zostały zlokalizowane zgodnie z potrzebami dokumentacji, tak jak zaznaczono to w załączniku 1.2 - mapie sytuacyjno-wysokościowej.

Łącznie odwiercono 67,5m otworów w gruntach II - V kategorii.

##### **b/ likwidacja otworów**

Otwory nierurowane zlikwidowano urobkiem z odtworzeniem profilu po częściowym samozasypie.

##### **c/ opróbowanie wyrobisk i badania makroskopowe**

Podczas wykonanych prac polowych pobrano 9 prób gruntu niespoistego o naturalnym uziarnieniu (NU), 30 próbek gruntów spoistych oraz 4 próby gruntów organicznych o naturalnej wilgotności (NW), które przeznaczono do szczegółowych badań w laboratorium geotechnicznym.

##### **d/ sondowania statyczne CPTU**

W celu parametryzacji podłoża przeprowadzono 4 sondowania statyczne CPTU (z pomiarem ciśnienia porowego). Sondowania prowadzono przy pomocy wielozadaniowego penetrometru GEOTECH 220-04, z zastosowaniem standardowego stożka pomiarowego piezocone nr 4316.

Sondy prowadzono w podwiertach (predrilling) przez utwory kamieniste (nN,Po,Ko).

Łączny metraż wykonanych sondowań CPTU wyniósł 58,7mb.





#### **e/ sondowania dynamiczne**

Wykonywano sondowanie ręczną sondą dynamiczną średnią DPM jako poprzedzające wiercenia w miejscu otworów o2; o6; o7. W miejscu otworu badawczego o7 wykonano sondowanie automatyczną sondą superciężką DPSH. Łącznie przesondowano sondą DPM 14mb natomiast sondą DPSH 16 mb.

#### **f/ prace geodezyjne**

Prace geodezyjne przeprowadzono w dowiązaniu do istniejącej sytuacji w terenie. Jako reper roboczy przyjęto studzienki kanalizacyjne w rejonie planowanej inwestycji  $Rp_1=49,12\text{m n.p.m.}$   $Rp_2=49,05\text{m n.p.m.}$

### **3.1.2. Badania laboratoryjne**

Pobrane w terenie próbki poddano kontrolnym badaniom makroskopowym. Wytypowane próbki gruntów zostały szczegółowo badane w laboratorium geotechnicznym.

Wykonano oznaczenia:

- Analizy granulometrycznej – 7 oznaczeń, wraz z wyznaczeniem współczynników filtracji na podstawie krzywych uziarnienia wzorami empirycznymi,
- Oznaczenia wilgotności naturalnej – 7 oznaczeń gruntów niespoistych, 18 oznaczeń gruntów spoistych, 3 oznaczenia gruntów organicznych,
- Granice plastyczności gruntów spoistych – 18 oznaczeń,
- Granica płynności gruntów spoistych – 4 oznaczenia,
- Gęstość objętościowa gruntów spoistych i organicznych – 10 oznaczeń,
- Oznaczenie zawartości substancji organicznej metodą wyżarzania – 1 oznaczenie,
- Agresywności wody w stosunku do betonu,
- Rodzaju gruntów.

Badania przeprowadzono zgodnie z normą (10) oraz literaturą fachową.

### 3.1.3. Prace kameralne

Wykonane prace kameralne obejmowały:

- analizę wyników wyrobisk badawczych, łącznie z wykonanymi badaniami makroskopowymi oraz obserwacjami występowania wody gruntowej,
- interpretację wyników sondowań w oparciu o program CPTpro (GEOSOFT),
- oszacowanie parametrów geotechnicznych w oparciu o wytyczne PN-B-04452:2002, PN-EN 1997-2:2009 oraz procedury zawarte w literaturze fachowej [7,8,9,10,11]:
  - stopień plastyczności ilów i glin wyznaczono wg zależności prof. Liszkowskiego, z zastosowaniem współczynników korygujących wg własnych doświadczeń,
  - wytrzymałość na ścinanie bez odpływu ewaluowano w oparciu o zależności Lunne'a i Larssona,
  - moduły odkształceń wyprowadzono z nomogramów L.Wysokińskiego i T.Godlewskiego w dowiązaniu do wykonanych oznaczeń edometrycznych [10],
  - efektywny kąt tarcia piasków szacowano w oparciu o zależności PN-EN 1997-2:2009,
- analizę i opracowanie otrzymanych wyników badań laboratoryjnych,
- ustalenie miarodajnych wartości parametrów geotechnicznych na podstawie wykonanych badań, obliczeń, norm i literatury,
- ustalenie wniosków geotechnicznych.

### **3.2. Środowisko geograficzne. Geomorfologia.**

Dokumentowany obszar znajduje się w granicach administracyjnych miasta Bydgoszczy, w dzielnicy Czyżkówko.

Pod względem morfologicznym położony jest w obrębie makroregionu Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka (315.3) w jednostce Kotlina Toruńska (315.35).

Obszar badań znajduje się na średnich akumulacyjnych terasach Brdy.

Przeprawa mostowa poprowadzona zostanie nad Nowym Kanałem Bydgoskim. W sąsiedztwie nowego mostu przepływa Struga Flis w sztucznym przekopie, jest ona na znacznym odcinku skanalizowana.

Rzędne terenu badań wynoszą 45,0-49,3m n.p.m.

Pod względem hydrograficznym teren należy do zlewni Brdy.

### **3.3. Budowa geologiczna**

Budowę geologiczną podłoża budowlanego rozpoznano przy pomocy wykonanych otworów wiertniczych maksymalnie do głębokości 18,0 m p.p.t.

Na podstawie wykonanych wierceń i badań stwierdzono zaleganie w podłożu utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych.

Utwory czwartorzędowe są wieku holocenińskiego i plejstocenińskiego.

#### **Czwartorzęd $Q$**

##### ***Holocen $Q_h$***

W rejonie projektowanej inwestycji występuje w postaci nasypów niekontrolowanych o przeciętnej miąższości ok. 0,3-2,0m. Większą miąższość utworów nasypowych stwierdzono w rejonie otworu o2 oraz CPTU1 na południowym brzegu gdzie przekraczają 4m. Nasypy zbudowane są przeważnie z piasków drobnych oraz średnich próchnicznych z domieszkami iłu, kamieni oraz gruzu ceglanego. Znajduje się w stanie luźnym do średniozagęszczonego  $I_D^{(n)} = 0,30-0,48$  przy  $\gamma_m = 1+/-0,10$ . Na północnym brzegu we wszystkich wykonanych otworach badawczych odnotowano występowanie pod nasypami niekontrolowanymi gruntów organicznych w postaci namulów gliniastych, przeważnie poprzewarstwianych piaskiem średnim. Tworzą one kompleks o miąższości 0,7-1,7m p.p.t..

##### ***Plejstocen $Q_p$***

W tej części w Bydgoszczy reprezentowany jest przez fluwialne utwory piaszczysto-żwirowe.

Kompleks fluwialny reprezentowany jest przez piaski drobne, średnie i grube, lokalnie z kamieniami tworzące warstwy o miąższości 0,3-1,6m. Pospółki i żwiry występują najczęściej w spągowej partii kompleksu fluwialnego, bezpośrednio nad stropem utworów trzeciorzędowych (stanowią warstwę bruku erozyjnego). Piaski i żwiry fluwialne tworzą na omawianym terenie ciągłą warstwę, zalegającą do głębokości 1,3-6,4m p.p.t.





Obecny (luty 2012r) stan wód gruntowych ocenić można jako średni w rocznym cyklu hydrologicznym. Przewidywane wahania ZWG w warstwie piasków i pospółek fluwialnych wynosić mogą  $\pm 0,5\text{m}$ . Poziom trzeciorzędowy obecnie jest stabilny. Natomiast w związku z sukcesywnym wyłączaniem studni zakładowych następuje odbudowa jego zasobów i wzrost ciśnienia piezometrycznego.

Środowisko gruntowe w poziomie posadowienia ocenić należy jako słabo agresywne wilgotne, mokre i nawodnione.

Wody gruntowe wykazują słabą agresywność w stosunku do betonu  $I_{a2}$ , co pozwala na sklasyfikowanie ekspozycji w klasie XA1.

Szczegółowo warunki gruntowo - wodne przedstawiono na przekrojach geotechnicznych – załącznik 4.

## 4. GEOTECHNICZNA CHARAKTERYSTYKA PODŁOŻA

Zgodnie z normą PN-86/B-02480, grunty badanego obszaru zaliczono do rodzimych gruntów mineralnych niespoistych i spoistych. Pominęto w klasyfikacji nasypy niekontrolowane stanowiące zróżnicowane oraz słabonośne podłoże. Zalegające w podłożu budowlanym grunty ujęto w jednostki geotechniczne. Wydzielono osiem serii geotechnicznych ze względu na genezę, stratygrafię i litologię, tj. **seria I – grunty organiczne; seria II – fluwialne piaski drobne; seria III – fluwialne piaski; seria IV – fluwialne pospółki; seria V – ropy formacji poznańskiej; seria VI – gliny trzeciorzędowe; seria VII – piaski drobne i pylaste trzeciorzędowe; seria VIII – piaski średnie trzeciorzędowe**

Parametry geotechniczne gruntów ustalono na podstawie wyników badań terenowych (sondowań CPTU oraz DPM i DPSH) i laboratoryjnych wg metody „A” i „B”, zgodnie z PN-81/B-03020.

Uogólnioną wartość parametrów geotechnicznych dla wydzielonych warstw podano w załączniku 3.

### Jednostki geotechniczne

#### Seria geotechniczna I,

Budują ją holocenijskie namuły gliniaste poprzewarstwiane piaskiem średnim.

Występują na północnym brzegu Kanału Bydgoskiego pod warstwą nasypów. Grunty serii I posiadają wilgotności 36,3-126,4% oraz gęstości objętościowe 1,21-1,41 g/cm<sup>3</sup>. Zawartość substancji organicznej wyznaczonej jako strata prażenia wynosi 23,06%. Moduł ścisłości oszacowany w oparciu o CPTU wynosi  $M_o^{CPTU} = 1,5$  MPa. Efektywne parametry wytrzymałościowe oszacowane w oparciu o test CPTU wynoszą  $c' = 10$  kPa,  $\phi' = 18^\circ$ . Namuły gliniaste należą do słabonośnego i ściśliwego podłoża niezalecanego do bezpośredniego posadowienia.

#### Seria geotechniczna II,

Reprezentowana jest przez fluwialne piaski drobne w stanie średniozagęszczonym o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia  $I_D^{(n)} = 0,51$  przy  $\gamma_m = 1 \pm 0,10$ . Znajdują się poniżej oraz powyżej ZWG tworząc lokalnie warstwy o miąższości 0,3-1,6m. Mogą stanowić bezpieczne podłoże budowlane.

#### Seria geotechniczna III,

Reprezentowana jest przez fluwialne piaski średnie i grube, lokalnie z kamieniami. Są to grunty bardzo dobrze przepuszczalne, często nawodnione o współczynniku filtracji  $k = 12,7$  m/d. Należą one do gruntów równoziarnistych, w większości bardzo trudno zagęszczalnych.

Z uwagi na zróżnicowane wartości liczbowe parametru wiodącego – stopnia zagęszczenia serię tę podzielono na dwie warstwy geotechniczne:

#### *Warstwa IIIa*



Budują ją piaski średnie i średnie z kamieniami w stanie średniozagęszczonym o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia  $I_D^{(n)} = 0,38$  przy  $\gamma_m = 1+/-0,10$ . Warstwa IIIa posiada przeciętne właściwości geotechniczne.

### ***Warstwa IIIb***

Reprezentowana jest przez piaski średnie i piaski grube, lokalnie z dodatkiem kamieni w stanie średniozagęszczonym, o wartości wyprowadzonej stopnia zagęszczenia  $I_D^{(n)} = 0,54$  przy  $\gamma_m = 1+/-0,10$ . Występuje powyżej i poniżej ZWG. Grunty zaliczone do tej warstwy posiadają korzystne właściwości geotechniczne, mogą stanowić bezpieczne podłoże budowlane.

### **Seria geotechniczna IV,**

Jest pochodzenia fluwialnego i zbudowana jest z gruntów rodzimych, mineralnych, niespoistych - pospółek oraz pospółek z dodatkiem kamieni.

Są to grunty bardzo dobrze przepuszczalne, nawodnione o współczynniku filtracji  $k=16,4-23,1\text{m/d}$ . Seria ta spoczywa bezpośrednio na iłach formacji poznańskiej i stanowi warstwę bruku erozyjnego.

Występuje w stanie średniozagęszczonym o wartości wyprowadzonej stopnia zagęszczenia  $I_D^{(n)} = 0,58$  przy  $\gamma_m = 1+/-0,10$ . Posiada niską odkształcalność i wysoką nośność.

### **Seria geotechniczna V,**

Do serii V zaliczone zostały trzeciorzędowe, miopliocénskie iły formacji poznańskiej. Grunty te charakteryzują się wybitnymi właściwościami ekspansywnymi. Granica płynności iłów w podłożu analizowanego obiektu jest stosunkowo wysoka i wynosi  $w_L=78,6-94,9\%$ , wskaźnik plastyczności  $I_p=57-70\%$ . Są to wartości zbliżone od szacowanych średnich dla miasta Bydgoszczy. Parametry geotechniczne iłów ekspansywnych nie są stałe w czasie i są uwarunkowane aktualnymi warunkami wilgotnościowymi. W wyniku rozmoczenia (i spęcznienia) ich parametry wytrzymałościowe wykazują znaczne obniżenie (dotyczy to głównie spójności, której wartość może obniżyć się nawet kilkukrotnie).

Z uwagi na zróżnicowanie stanu oraz warunków penetracji CPTU w obrębie tej serii wydzielono 2 warstwy geotechniczne.

### ***Warstwa Va***

Grunty zaliczone do tej warstwy iły oraz iły węgliste występujące w stanie twardoplastycznym. Wyprowadzone wartości stopnia plastyczności tych gruntów określono według metody „A” na  $I_L^{(n)} = 0,05$  przy  $\gamma_m = 1+/-0,10$ . Grunty warstwy Va występują w stropowej partii kompleksu ilastego, stanowią wierzchnią warstwę, narażoną na oddziaływanie. Znajdują się w stanie umożliwiającym zarówno pęcznienie jak i skurcz objętościowy. Średni opór pod stożkiem CPTU w gruntach tych wynosi  $q_c=1,5\text{MPa}$ , co pozwala oszacować  $S_u=70\text{kPa}$ ,  $M_o^{\text{CPTU}}=20\text{MPa}$ .

### ***Warstwa Vb***

Iły zaliczone do warstwy Vb znajdują się w stanie półzwałym o wartości wyprowadzonej stopnia plastyczności  $I_L^{(n)} = 0,00$  przy  $\gamma_m = 1\pm 0,10$ . Występują w głębszej partii podłoża tworząc główny kompleks osadów trzeciorzędowych. Znajdują się w warunkach zbliżonych do naturalnych (stałych). Iły te mogą



wykazywać głównie tendencję do pęcznienia (np. po błędach wykonawczych). Na podstawie badań CPTU średni opór pod stożkiem w tych gruntach wynosi  $q_c=2,8\text{MPa}$ , wytrzymałość na ścinanie bez drenażu  $S_u=130\text{kPa}$ , moduł odkształcenia  $M_o^{\text{CPTU}}=35\text{MPa}$ .

#### **Seria geotechniczna VI.**

Zbudowana z trzeciorzędowych glin pylastych lokalnie z domieszkami pyłu w stanie twardoplastycznym i półzwałym, o wartości wyprowadzonej stopnia plastyczności  $I_L^{(n)}=0,04$  przy  $\gamma_m = 1+/-0,10$ . Średni opór pod stożkiem CPTU w gruntach tych wynosi  $q_c=4,0\text{MPa}$ , co pozwala oszacować  $S_u=190\text{kPa}$ ,  $M_o^{\text{CPTU}}=45\text{MPa}$ . Są to grunty wysokiej nośności, przeciętnej odkształcalności. Są to osady niemorenowe prekonsolidowane (symbol geologicznej konsolidacji „B” wg PN-81/B-03020). Zaliczane są do gruntów wysadzinowych i bardzo wysadzinowych, podatne na rozmakanie i uplastycznienie.

#### **Seria geotechniczna VII.**

Seria ta jest pochodzenia limniczno-morskiego, zbudowana z gruntów mineralnych, rodzimych, niespoistych. Budują ją nawodnione piaski pylaste oraz piaski drobne, z dodatkiem pyłu w stanie średniozagęszczonym do zagęszczonego, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia  $I_D^{(n)}=0,65$  przy  $\gamma_m = 1+/-0,10$ . Średni opór penetracji wyznaczony w tej warstwie wynosi  $q_c=10,3\text{MPa}$ . Według szacunków opartych o sondowanie CPTU wartość efektywnego kąta tarcia można przyjmować na poziomie  $38^\circ$ , zaś moduł odkształcenia ok.  $M_o^{\text{CPTU}}=70\text{MPa}$ . Seria VII występuje w postaci soczew i przewarstwień w warstwie iłów i glin pylastych. Posiada wysoką nośność i niską odkształcalność. Przewodzą wodę pod ciśnieniem hydrostatycznym.

#### **Seria geotechniczna VIII.**

Reprezentowana jest przez trzeciorzędowe grunty mineralne, rodzime, niespoiste, – piaski średnie oraz piaski średnie na pograniczu drobnych. Grunty te występują w stanie bardzo zagęszczonym, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia  $I_D^{(n)}>0,88$  przy  $\gamma_m = 1+/-0,10$ . Seria VIII została rozpoznana w rejonie otworu o7 poniżej 10,6m na głębokości. Cechuje się bardzo korzystnymi właściwościami geotechnicznymi. W obrębie tej serii występuje woda pod znacznym ciśnieniem hydrostatycznym.

Szczegółową charakterystykę gruntów budujących podłoże projektowanego obiektu, przedstawiono w załączniku nr 3, a budowę geologiczną i warunki wodno-gruntowe zawarto w załączniku 4 - Przekroje geologiczno-inżynierskie.



## 5. ANALIZA WARUNKÓW POSADOWIENIA

### 5.1. Posadowienie obiektów inżynierskich

W podłożu projektowanego mostu przez Kanał Bydgoski w ramach przebudowy Węzła Zachodniego występują złożone warunki gruntowo-wodne tj. nasypy niekontrolowane o zróżnicowanych miąższościach, grunty organiczne na południowym brzegu kanału, fluwialne piaski drobne, średnie, grube oraz pospółki serii II-IV o stosunkowo korzystnych właściwościach geotechnicznych podścielające trzeciorzędowe osady limniczno-morskie. W skład osadów trzeciorzędu wchodzi ekspansywne ropy tworzące główny kompleks, poprzewarstwiane glinami pylastymi oraz piaskami pylastymi, i średnimi.

Wody gruntowe znajdują się powyżej oraz poniżej fundamentów bezpośrednich.

Proponuje się posadowienie pośrednie na palach wierconych w ropy warstwy Vb oraz piaskach średnich warstwy VIII.

Rozpoznane podłoże cechuje duże zróżnicowanie w tym obecność licznych przewarstwień piaszczysto-pyłowych przewodzących wodę pod ciśnieniem co spowoduje osłabienie strefy kontaktowej pobocznic pal/pala/grunt ilasty.

Przy doborze metody palowania należy zwrócić szczególną uwagę na właściwości ropy z formacji poznańskiej (ekspansywność, duże wrażliwości na zmianę warunków wilgotnych, znaczną redukcję spójności i kąta tarcia po nawodnieniu). Dodatkowo przy niewłaściwej technologii wykonania pali dochodzić może w obrębie soczew pylasto-piaszczystych do lokalnych zjawisk kurzawki.

Biorąc pod uwagę powyższe proponuje się zastosowanie pali wierconych, wielkośrednicowych, w rurze osłonowej. Dodatkowo należy przewidzieć zastosowanie iniekcji podstawy, lub podstawy i pobocznic pal/pala.

Obliczenia palowania można wykonać w oparciu o wyznaczone wartości testów CPTU tj.  $q_c$  i  $f_{ts}$ .

### 5.2. Określenie kategorii geotechnicznej

Kategorię geotechniczną ustalono na podstawie Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 września 1998 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. (Dz. U. Nr 126, poz. 839).

*Na podstawie otrzymanych wyników rozpoznania geotechnicznego oraz uwzględniając charakterystykę konstrukcji stwierdza się II kategorię geotechniczną w złożonych warunkach gruntowych dla realizacji przeprawy mostowej przez Kanał Bydgoski na omawianej działce,*

Przeprowadzony zakres rozpoznania geotechnicznego i ustalenia wartości liczbowych parametrów geotechnicznych jest wystarczający do zaprojektowania omawianego obiektu.



## 6. WNIOSKI I ZALECENIA

Zadanie geologiczne polegające na ustaleniu geotechnicznych warunków posadowienia projektowanego mostu przez Kanał Bydgoski w ramach realizacji przebudowy Węzła Zachodniego- etap IIa w Bydgoszczy zostało w pełni wykonane. Przeprowadzony zakres badań pozwala na bezpieczne zaprojektowanie obiektu.

W wyniku przeprowadzonych badań polowych i laboratoryjnych na terenie przeznaczonym pod budowę mostu przez Kanał Bydgoski należy stwierdzić:

- W podłożu budowlanym analizowanego terenu występują złożone warunki gruntowo-wodne,
- Podłoże traktować należy jako genetycznie niejednorodne,
- Nasypy stanowią słabonośne podłoże, niezalecane do bezpośredniego posadowienia projektowanego obiektu,
- Grunty organiczne serii I posiadają niską nośność i wysoką ściśliwość, nie powinny stanowić podłoża fundamentów bezpośrednich lub nasypów drogowych bez wcześniejszego wzmocnienia,
- Poniżej nasypów zalega warstwa nośnych piasków i pospółek fluwialnych serii II-IV o korzystnych właściwościach geotechnicznych, grunty te stanowić będą warstwę nośną fundamentów bezpośrednich projektowanego obiektu,
- Zasadniczą partię podłoża budują ekspansywne iły formacji poznańskiej, są one wrażliwe na zmiany wilgotności, które w przypadku niewłaściwego wiercenia otworów pod pale (np. zalewanie wodą) mogą prowadzić do zmniejszenia nośności na pobocznicę pala,
- Stropiłów znajduje się na rzędnych 41,3-43,4m n.p.m. i jest nachylony w kierunku północnym,
- Iły formacji poznańskiej w rejonie projektowanej inwestycji są zabezpieczone przed rozwojem zjawisk ekspansywnych poprzez około 0,5-1,9m warstwę nawodnionych piasków i pospółek stabilizujących warunki wilgotnościowe podłoża. Na południowym brzegu w rejonie otworu o3 oraz CPTU4, gdzie stropiłów wynosi się na rzędną 43,31-43,94m n.p.m., iły są narażone na cykliczne zmiany wilgotnościowe i w rezultacie na rozwój procesów pęcznienia-skurczu,
- W obrębie ilów występują soczewy glin pylastych oraz piasków pylastych i drobnych serii VI oraz VII,
- Wody gruntowe poziomu czwartorzędowego występują na południowym brzegu na głębokości 1,41-4,74m p.p.t. tj. w zakresie rzędnych 43,60-44,65m n.p.m., na północnym brzegu występują na głębokości 2,3-3,7m p.p.t. tworząc lekko napiętą warstwę poprzez nadległe namuły, a ich zwierciadło stabilizuje się na głębokości 2,0-2,16m p.p.t. tj. w zakresie rzędnych 43,91-44,07m n.p.m. Namuły gliniaste występujące nad warstwą utworów piaszczysto-żwirowych posiadają sączenia zgodne z poziomem czwartorzędowego ZWG,



- W przypadku wykonywania robót ziemnych w celu wykonania fundamentów bezpośrednich poniżej poziomu wód gruntowych, proponuje się zabicie ściany szczelnej posadowionej w warstwie łąw,
- W przypadku stwierdzania większego zakresu przegłębień nasypów, wymienić je na zagęszczoną zasypkę z mineralnego piasku, dogęszczoną do uzyskania  $I_D > 0,60$ ,
- Dogęszczenie równoziarnistych piasków w wykopach będzie bardzo pracochłonne, dogęszczenie prowadzić przy wilgotności zbliżonej do optymalnej, stosując ok. 5cm warstwę technologiczną z kruszywa łamanego,
- Posadowienie obiektu mostowego projektować jako fundament płytowo-palowy pod każdą podporę, najkorzystniej na palach wierconych wielkośrednicowych posadowionych na łąłach serii Vb oraz piaskach serii VIII,
- Wiercenie prowadzić w rurze osłonowej z przeciwcisnieniem wody w celu niedopuszczenia do utraty nośności pala na skutek przebicia hydraulicznego,
- W celu zwiększenia nośności pali, szczególnie w gruntach wrażliwych, wskazuje się na zasadność stosowania doprężenia poprzez iniekcję (podstawy lub podstawy i poboczniczy),
- Wskazuje się na konieczność przeprowadzenia próbnych obciążeń pali, w celu potwierdzenia rzeczywistej nośności w stosunku do założeń projektowych,
- Roboty fundamentowe i ziemne prowadzić pod nadzorem geotechnicznym,
- Do obliczenia nośności podłoża można wykorzystać dane zawarte w załączniku 3- legendzie do przekrojów w powiązaniu z budową geologiczną przedstawioną na przekrojach geotechnicznych – Załącznik 4.
- Dla potrzeb organizacji robót ziemnych przewidzieć drogi technologiczne na słabonośnym podłożu,
- Prace ziemne należy wykonać zgodnie z obowiązującymi normami oraz zasadami BHP.

*Bydgoszcz, luty 2012r*

## ***SPIS ZAŁĄCZNIKÓW***

- Załącznik 1.1 – Mapa przeglądowa terenu skala 1:10 000
- Załącznik 1.2 - Plan sytuacyjny wraz z rozmieszczeniem wyrobisk badawczych i liniami przekrojów geologiczno-inżynierskich, skala 1:500
- Załącznik 2 - Objaśnienie symboli i znaków użytych na przekrojach
- Załącznik 3 - Legenda do przekrojów
- Załącznik 4 - Przekroje geologiczno-inżynierskie
- Załącznik 5 – Metryki sondowań CPTU
- Załącznik 6 - Karty sondowań DPSH, DPM
- Załącznik 7 – Karty otworów badawczych
- Załącznik 8 - Analizy granulometryczne
- Załącznik 9 – Zestawienie badań laboratoryjnych gruntów spoistych
- Załącznik 10- Wyniki analiz wody gruntowej
- Załącznik 11 – Decyzja Prezydenta Miasta Bydgoszczy, zatwierdzająca projekt prac geologicznych
- Załącznik 12 – Karta informacyjna dokumentacji geologiczno-inżynierskiej