

Politechnika Gdańsk  
ul. Narutowica 11/12  
80-233 GDAŃSK

---

**Projekt stanowiska badawczego wału  
przeciwpowodziowego wykonanego z mieszanki urobku  
czerpalnego i popiołów**

Autorzy:

*Dr inż. Remigiusz Duszyński*

*Dr inż. Marcin Cudny*

Kierownik Projektu

*Prof. dr hab. inż. Zbigniew Sikora*

Sprawdził:

*Dr inż. Mariusz Wyroślak*

*Uprawnienia budowlane Nr POM/BO/0246/08*

**Gdańsk, marzec 2012 r.**

## Spis treści

1. Wstęp.....	3
1.1. Podstawa opracowania .....	3
1.2. Cel i zakres opracowania .....	3
1.3. Wykorzystane materiały.....	3
2. Opis sytuacyjny .....	4
3. Warunki gruntowo-wodne [1].....	4
3.1. Charakterystyka geotechniczna podłoża.....	4
4. Badania gruntów do budowy wału .....	5
4.1. Wstępny program badań kontrolnych .....	5
4.2. Określenie technologii układania istniejącego materiału .....	6
4.3. Ogólne zasady kontroli jakości robót .....	7
5. Technologia budowy wału.....	8
5.1. Roboty wstępne.....	8
5.2. Wykonanie rdzenia nasypu .....	9
5.2. Wykonanie powierzchniowej warstwy ochronnej.....	9
5.4. Badania kontrolne .....	9
5.5. Ścianka szczelna.....	10
5.6. Montaż czujników pomiarowych .....	11
5.6. Ogrodzenie stanowiska .....	11
5.7. Dodatkowe wyposażenie .....	11

## Spis załączników

Załącznik 1.	Przedmiar robót
Załącznik 2.	Specyfikacje Techniczne
Załącznik 3.	Rysunki

## 1. Wstęp

### 1.1. Podstawa opracowania

Niniejsze opracowanie wykonano w ramach projektu DredgDikes współfinansowanego z programu South Baltic Cross-border Cooperation Programme 2007-2013.

### 1.2. Cel i zakres opracowania

Celem niniejszego projektu jest opracowanie technologii budowy stanowiska modelowego w skali rzeczywistej, służącego badaniu nowych technologii budowy wałów przeciwpowodziowych z zastosowaniem gruntów ziarnistych pochodzących z robót pogłębiarskich oraz materiałów antropogenicznych w postaci popiołów stanowiących uboczny produkt spalania.

W zakres niniejszego opracowania wchodziły poniższe elementy:

- analiza dostępnej dokumentacji;
- wizje lokalne;
- opracowanie składu mieszanki piaskowo - popiołowej;
- dobór aparatury pomiarowo - kontrolnej;
- obliczenia statyczne projektowanych obiektów;
- specyfikacja i przedmiar robót.

### 1.3. Wykorzystane materiały

W opracowaniu wykorzystano następujące materiały:

- [1]. Raport z badań podłoża gruntowego z wykorzystaniem sondy CPTU. Aut.: Katedra Geotechniki Geologii i Budownictwa Morskiego, Gdańsk, maj 2011.
- [2]. PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednio budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [3]. PN-B-04481:1988. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- [4]. PN-S-02205:1998. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- [5]. BN-77/8931-12. Oznaczanie wskaźnika zagęszczenia gruntu.

## 2. Opis sytuacyjny

Niniejszy projekt dotyczy budowy wielkoskalowego stanowiska badawczego wału przeciwpowodziowego, na działce nr 389 w miejscowości Wiślinka/Trzcińsko, gmina Pruszcz Gdański oddalonej ok. 20 km od miasta Gdańsk, zlokalizowanej bezpośrednio przy ujściu Kanału Wielkiego do Martwej Wisły (rys. 1).



*Rys. 1. Lokalizacja terenu pod budowę stanowiska badawczego*

Teren działki jest płaski, porośnięty trawami. Od strony północnej graniczy z Martwą Wisłą, a od południowej z ul. Szkolną przebiegającą na tym odcinku w koronie wału przeciwpowodziowego. Od zachodu działka sąsiaduje bezpośrednio z ujściem Kanału Wielkiego do Martwej Wisły.

## 3. Warunki gruntowo-wodne [1]

### 3.1. Charakterystyka geotechniczna podłoża

Badania podłoża gruntowego przeprowadzono za pomocą sondy statycznej CPTU. Metryki sondowań przedstawiono w załączniku C. Na podstawie 7 otworów badawczych, metodą A, określono charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych podłoża gruntowego znajdującego się na terenie działki. Pozostałe parametry wymagane w projekcie określono metodą B na podstawie normy PN-81-B-03020.

Przyjęte minimalne parametry gliny, która stanowić będzie warstwę odcinającą nasyp od podłoża rodzimego wynoszą:

- spójność  $c'=15$  kPa

- kąt tarcia wewnętrzznego  $\phi' = 20^\circ$
- ciężar objętościowy  $\gamma^{(n)} = 19 \text{ kN/m}^3$
- moduł odkształcenia pierwotnego  $E_0^{(n)} = 35 \text{ MPa}$

W podłożu wyodrębniono cztery warstwy geotechniczne.

Warstwa I – reprezentowana jest przez grunty organiczne w postaci namulów w stanie miękkoplastycznym. Stopień plastyczności dla tej warstwy wynosi  $I_L = 0,5$ .

Warstwa II – reprezentowana jest przez grunty organiczne w postaci torfów w stanie miękkoplastycznym. Stopień plastyczności dla tej warstwy wynosi  $I_L = 0,5$ .

Warstwa III – reprezentowana jest przez grunty rodzime niespoiste, wykształcone jako piaski drobne i piaski pylaste. Stopień zagęszczenia dla warstwy III zmienia się w zakresie od  $I_D = 0,35$  w warstwie górnej (IIIA) do  $I_D = 0,8$  w warstwie dolnej (IIID).

Warstwa IV – reprezentowana jest przez grunty rodzime niespoiste, wykształcone jako piaski średnie. Stopień zagęszczenia dla tej warstwy wynosi  $I_D = 0,8$ .

Wartości charakterystyczne parametrów geotechnicznych zestawiono w tabeli 1.

Tablica 1. Wartości charakterystyczne parametrów geotechnicznych

Nr warstwy geotechnicznej	Symbol gruntu	Metoda A				Metoda B wg PN-81-B-03020		
		Stopień zagęszczenia $I_D^{(n)}$ [-]	Stopień plastyczności $I_L^{(n)}$ [-]	Kąt tarcia wewnętrzного $\phi'$ [°]	Spójność $c'$ [kPa]	Moduł pierwotnego odkształcenia $E_0^{(n)}$ [MPa]	Ciężar objętościowy gruntu $\gamma^{(n)}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Ciężar gruntu pod wodą $\gamma'^{(n)}$ [kN/m <sup>3</sup> ]
I	Nm	-	0,50	10	8	14,5	15,00	6,00
II	T	-	0,50	11	12	14,5	15,00	6,00
IIIA	$P_d/P_\pi$	0,35	-	29	-	35,0	17,17	9,21
IIIB	$P_d$	0,60	-	30	-	57,0	17,17	9,21
IIIC	$P_d$	0,70	-	31	-	65,0	18,15	9,91
IIID	$P_d$	0,80	-	32	-	77,0	18,15	9,91
IV	$P_s$	0,80	-	33	-	125,0	18,64	10,36

## 4. Badania gruntów do budowy wału

### 4.1. Wstępny program badań kontrolnych

Seria badań laboratoryjnych gruntów niespoistych, pochodzących z urobku czerpального pozyskiwanego z dna martwej Wisły w rejonie przeprawy mostowej na Wyspę Sobieszewską oraz popiołów będących ubocznymi produktami spalania, pochodzącymi z EC Wybrzeże, przeprowadzonych w Katedrze Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego, pozwoliła na ustalenie optymalnego składu mieszaniny refulatu oraz popiołów, które zastosowane zostaną do budowy stanowiska badawczego w postaci wału przeciwpowodziowego.

Dla każdej partii materiałów przewidzianych do wbudowania w korpus wału, nie rzadziej niż jeden raz na 600 m<sup>3</sup>, konieczne jest wykonywanie następujących badań kontrolnych na losowej, reprezentatywnej populacji próbek:

- skład granulometryczny, wg PN-B-04481:1988 10 próbek
- zawartość części organicznych, wg PN-B-04481:1988 10 próbek
- wilgotność naturalna wg PN-B-04481:1988 20 próbek
- wilgotność optymalna i maksymalną gęstość objętościowa szkieletu gruntowego, wg PN-B-04481:1988 10 próbek

#### 4.2. Określenie technologii układania istniejącego materiału

Wilgotność gruntu w czasie zagęszczania powinna być równa wilgotności optymalnej, z tolerancją +2 % ÷ -4 %. Sprawdzenie wilgotności gruntu należy przeprowadzać laboratoryjnie z częstotliwością określoną w pkt. 4.1.1.

Grunt ułożony na poletku według podanej wyżej zasady powinien być następnie zagęszczony, a po każdej serii przejść maszyny należy określić wskaźniki zagęszczenia oraz moduły odkształcenia.

Oznaczenie wskaźnika zagęszczenia wtórnego modułu odkształcenia należy wykonać co najmniej w 4 punktach, z których co najmniej 2 powinny umożliwić ustalenie wskaźnika zagęszczenia i wtórnego modułu odkształcenia w dolnej części warstwy.

W zależności od uziarnienia stosowanych materiałów zagęszczenie warstwy należy określać odpowiednio za pomocą oznaczenia wskaźnika zagęszczenia lub porównania pierwotnego i wtórnego modułu odkształcenia. Zagęszczenie warstwy materiału należy określać według BN-77/8931-12 [9].

Kontrolę zagęszczenia na podstawie porównania pierwotnego i wtórnego modułu odkształcenia określonych zgodnie z normą PN-S-02205:1998 [8], należy stosować tylko dla gruntów, dla których nie jest możliwe określenie wskaźnika zagęszczenia  $I_s$  według BN-77/8931-12 [9].

Wskaźnik zagęszczenia  $I_s$  poszczególnych warstw gruntów w nasypach określony wg BN-77/8931-12 [9] powinien na całej szerokości korpusu spełniać wymagania podane w tabeli 3.

Tablica 3. Minimalne wartości wskaźnika zagęszczenia w nasypach według [8]

Strefa nasypu	Minimalna Wartość $I_s$
Górna warstwa o grubości 20 cm	0,97
Niżej leżące warstwy nasypu do głębokości od docelowej powierzchni robót ziemnych: 0,2 do 2,0 m	0,97
Warstwy nasypu na głębokości od docelowej powierzchni robót ziemnych poniżej 2,0 m	0,95

Jako zastępcze kryterium oceny wymaganego zagęszczenia gruntów, dla których trudne jest pomierzenie wskaźnika zagęszczenia, przyjmuje się wartość wskaźnika odkształcenia  $I_0$  określonego zgodnie z normą PN-S-02205:1998 [8].

Wskaźnik odkształcenia  $I_0$  nie powinien być większy niż:

- a) dla żwirów, pospótek piasków  
2,2 przy wymaganej wartości  $I_s > 1,0$ ,  
2,5 przy wymaganej wartości  $I_s < 1,0$ ,
- b) dla gruntów drobnoziarnistych o równomiernym uziarnieniu (pyłów, glin pylastych, glin zwięzłych, iłów): 2,0;
- c) dla gruntów różnoziarnistych (żwirów gliniastych, pospótek gliniastych, pyłów piaszczystych, piasków gliniastych, glin piaszczystych, glin piaszczystych zwięzłych): 3,0;
- d) dla gruntów antropogenicznych — na podstawie badań polowych.

Nośność podłoża oraz poszczególnych warstw nasypu należy określać na podstawie badania wtórnego modułu odkształcenia, określonego w PN-S-02205:1998 [8].

#### 4.3. Ogólne zasady kontroli jakości robót

Badania kontrolne prawidłowości wykonania poszczególnych warstw nasypu polegają na sprawdzeniu:

- a) grubości każdej warstwy i jej wilgotności przy zagęszczaniu;
- b) przestrzegania ograniczeń dotyczących wbudowywania gruntów w okresie opadów atmosferycznych.

#### Kontrola zagęszczenia i nośności warstw oraz podłoża nasypu

Kontrola zagęszczenia i nośności poszczególnych warstw oraz podłoża nasypu polega na sprawdzeniu zgodności wartości  $I_s$  lub  $I_0$  oraz  $E_v$  z wartościami referencyjnymi.

Wskaźnik zagęszczenia należy określać przy użyciu aparatu Proctora. Do bieżącej kontroli zagęszczenia dopuszcza się aparat izotopowy, po uprzedniej kalibracji z aparatem Proctora.

Moduły odkształcenia należy określać przy użyciu płyty VSS o średnicy 0,3 m. Do bieżącej kontroli nośności dopuszcza się zastosowanie lekkiej płyty dynamicznej, po uprzedniej kalibracji z płytą VSS, co wymaga wykonania serii co najmniej 10 równoległych badań i ich interpretacji porównawczej przy udziale nadzoru geotechnicznego.

Oznaczenie wskaźnika zagęszczenia powinno być przeprowadzone według normy BN-77/8931-12 [9], a oznaczenie modułów odkształcenia według normy PN-S-02205:1998 [8].

Zagęszczenie i nośność podłoża należy kontrolować jednokrotnie dla każdej warstwy nasypu. Wyniki kontroli zagęszczenia i nośności Wykonawca powinien wpisywać do dokumentów laboratoryjnych. Prawidłowość zagęszczenia konkretnej warstwy nasypu lub podłoża nasypu powinna być potwierdzona przez Inżyniera wpisem w dzienniku budowy.

Wyniki badań i pomiarów kontrolnych w czasie wykonywania robót ziemnych należy wpisywać do:

- a) protokołów odbiorów robót zanikających lub ulegających zakryciu,
- b) dziennika budowy.

## 5. Technologia budowy wału

### 5.1. Roboty wstępne

Przed przystąpieniem do wznoszenia nasypu należy usunąć wierzchnią warstwę humusu o miąższości około 0,50 m z obszaru o wymiarach 24 x 15 m i zniwelować teren w celu uzyskania płaskiej powierzchni. Usunięty materiał należy składować w wyznaczonym miejscu działki.

W celu doszczelnienia podłoża w strefie docelowo wygradzonej ścianką szczelną należy wykonać dodatkowe przegłębienie o głębokości 0,50 m, na powierzchni 5 x 21 m, a następnie wypełnić je warstwą gliny, zagęszczonej i wyrównanej walcem gładkim do uzyskania minimum następujących parametrów:

- spójność  $c' = 15$  kPa
- kąt tarcia wewnętrznego  $\phi' = 20^\circ$
- moduł odkształcenia pierwotnego  $E_0^{(n)} = 35$  MPa



## 5.2. Wykonanie rdzenia nasypu

Przy formowaniu rdzenia nasypu przyjęto podział na warstwy o grubości 0,5 m (wartość uzyskana po zakończeniu procesu zagęszczania). Technologia wznoszenia pojedynczej warstwy nasypu obejmuje:

- ułożenie i wyprofilowanie mieszanki piasku czerpalnego oraz popiołu wymieszanych do homogenicznej postaci w proporcjach objętościowych 30/70 (piasek/popiół) – mieszankę można przygotować na miejscu poprzez mieszanie odpowiednich objętości materiałów składowych z wykorzystaniem koparki lub mieszalników;
- wstępne zagęszczenie wytworzonej warstwy przy użyciu ciężkich walców gładkich lub okołkowanych – liczba przejazdów dla pojedynczej warstwy powinna być ustalona przez wykonawcę robót w oparciu o uzyskiwane parametry zagęszczenia podłoża;
- finalne wyprofilowanie powierzchni;
- ostateczne zagęszczenie warstwy nasypu;
- kontrola uzyskanych parametrów wytrzymałościowych ułożonej warstwy mieszanki;
- ewentualna korekta liczby przejazdów walca.

## 5.2. Wykonanie powierzchniowej warstwy ochronnej

Na powierzchni uformowanego nasypu należy wykonać warstwę wzmacniającą o grubości 0,40 m wykonaną z mieszanki piasku czerpalnego oraz spoiwa do osuszania i ulepszania gruntów typu Tefra 15. Na powierzchni wykonanego wału przeciwpowodziowego wykonać zazielenienie w technice hydrosiewu lub darniowanie.

## 5.4. Badania kontrolne

Kontrola uzyskiwanych parametrów oparta będzie o badanie modułów podatności metodą VSS oraz modułów dynamicznych dla każdej warstwy. Dla poszczególnych warstw nasypu przyjęto wartości modułów pierwotnych  $E_0$  w zakresie od 30 MPa w dolnej części nasypu do 35 MPa w jego górnej warstwie. Stosunek wartości modułów określanych płytą VSS wtórnego i pierwotnego przyjęto w zakresie  $I_0$  rzędu 2,5.

Do odbioru pojedynczej warstwy nasypu zaleca się wykonać:

- a) sprawdzenie wskaźnika zagęszczenia
  - i) terenowy pomiar zagęszczenia wolumetrem piaskowym

(1 punkt / 1 warstwę)

6 oznaczeń

ii) sprawdzenie parametrów zagęszczanej warstwy w aparacie Proctora

(dla co 2 warstwy)

3 oznaczenia

b) określenie modułów ścisłości za pomocą płyty VSS

(1 punkt / 1 warstwę)

6 oznaczeń

### 5.5. Ścianka szczelna

Komorę badawczą o wymiarach 4,20 x 18,0 m należy wygrodzić wbijaną ścianką szczelną z profili GU6 N, łączonych w narożach elementami C14. Parametry brusów zestawienie w tablicy 1. W tablicy 2 zestawiono długości ścianki i liczbę brusów. Po stronie odwodnej ściankę wzmocnić kleszczami z kształtownika IPE 120, przyspawanymi po zewnętrznej stronie brusów na wysokości 0,5 m od góry ścianki oraz rozporami wzmacniającymi wewnętrzne narożniki ścianki. Schemat rozwiązania przedstawiono na rysunku nr 1.

Zapewnienie szczelności komory wymaga zastosowania nowych brusów. W przypadku problemów ze szczelnością ścianki wykazanych w trakcie próbnego napełniania, konieczne będzie wykonanie doszczelnień zamków np. poprzez wypełnienie ich sznurem konopnym impregnowanym substancjami bitumicznymi, zaspawanie zamków lub wypełnienie na gorąco środkami uszczelniającymi na bazie bitumów lub mieszaniną oleju i wosku.

*Tablica 1. Parametry zastosowanych brusów stalowych*

Rodzaj profilu	Wymiary			Masa [kg/m]	Parametry wytrzymałościowe	
	b [mm]	h [mm]	F [cm <sup>2</sup> ]		W <sub>x</sub> [cm <sup>3</sup> /m]	J <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> /m]
GU6 N	600	309	89	41,9	625	9670
C14	1200	380	190,3	149,4	1920	36490

*Tablica 2. Zestawienie długości i liczby brusów*

Rodzaj profilu	Długość brusów [m]	Długość ścianki [mb]	Liczba brusów [sztuk]
GU6 N	6,0	15	25
GU6 N	4,5	15,6	26
GU6 N	4,0	1,2	4
GU6 N	3,5	1,2	4
GU6 N	3,0	1,2	8
C14	6	-	2

## 5.6. Montaż czujników pomiarowych

Wewnątrz komory badawczej zamontować cztery piezometry w postaci perforowanej rury stalowej o średnicy  $\phi$  50 mm, zabezpieczonej korkiem stalowy. W odsadzonych rurach umieścić dostarczone przez Inwestora czujniki piezometryczne STS. Długość piezometrów nr 1, 2 i 3, wynosi 3,5 m, a piezometru nr 4 zamontowanego na skarpie odpowietrznej wynosi 2,0 m.

W dziewięciu wskazanych przekrojach zamontować 24 czujniki wilgotności typu HOBOnode, dostarczone przez Inwestora. System montażu czujników ze względu na ich budowę wymaga wykonania otworu o średnicy  $\phi$  25 mm na żadaną głębokość, umieszczenie w nim czujnika, a następnie wypełnienie otworu mieszanką refulatu i popiołu oraz ostrożne zagęszczenie zasypki ponad czujnikiem. Moduł gromadzący dane, połączony za pomocą kabla z czujnikiem należy umieścić w skrzynkach wyposażonych w zamknięcie, zlokalizowanych po wewnętrznej stronie ścianki szczelnej, na wysokości ok. +3,20 m powyżej spodu wału.

## 5.6. Ogrodzenie stanowiska

Po zakończeniu prac ziemnych oraz zabiciu ścianki szczelnej teren należy ogrodzić, siatką stalową rozpostartą na słupkach drewnianych wbitych w ziemię, w odległości 2 m od podstawy wału. Od strony drogi zamontować w ogrodzeniu bramę wjazdową o szerokości 3,5 m.

## 5.7. Dodatkowe wyposażenie

Wykonawca wyposaży stanowisko do badań w:

1. agregat prądotwórczy o mocy max. 3,6 kW wyposażony w dwa gniazda AC 230 V, 16 A, dodatkową osłonę tłumika, przeciążeniowy wyłącznik termiczny prądnicy, amortyzatory chroniące układ silnika i prądnicy przed zerwaniem, uchwyt i kółka transportowe - typu HONDA EC3600;
2. motopompę spalinową do wody brudnej i szlamu, o wydajności 1340 [l/min] - typu FOGO KTH 80 X, wraz z osprzętem w postaci węża ssawnego zbrojonego o długości 6 m, węży tłocznych o długości  $2 \times 20$  m = 40 m oraz kompletu szybkozłączy;
3. dwa przenośne (na rozkładanych statywach) zestawy oświetlenia halogenowego o mocy  $2 \times 500$  W każdy;
4. przedłużacz bębnowy z przewodami H05RR-F 3G1,5 w izolacji gumowej czarnej o dł. 30 m, gniazdem francuskim typu E, wykonanym z jednolitego odlewu, uziemionym - typu Kerg H05RR-F 3G1,5);

5. automatyczną stację meteo typu Vantage Pro2, wyposażoną w moduł GPRS do zdalnego przesyłu obrobionych danych pomiarowych, dokonującą pomiarów:
  - temperatury powietrza w zakresie -40 do +60 °C, z dokładnością 0,5 – 0,1 °C,
  - wilgotności powietrza w zakresie 0%-do 100%, z dokładnością 2%,
  - ciśnienia powietrza w zakresie 600 do 1050 hPa, z dokładnością do 1,5 hPa,
  - opadu deszczu (1h , 24 , całkowity) w zakresie (1 do 9999mm) z dokładnością do 0.2 mm zgodny z WMO,
  - opadu całorocznego - podgrzewany deszczomierz,
  - prędkości wiatru w zakresie 0,4 do 62 m/s, z dokładność do 3-5%,
  - kierunku wiatru w zakresie 0 do 359 stopni, z dokładnością do 5-7 stop,
  - punktu rosy w zakresie -25 do 60 °C, z dokładnością 1 °C,
  - temperatury odczuwalnej w zakresie -85 do 60 °C, z dokładnością 1 °C;
6. kamerę zewnętrzną IP z obudową w klasie szczelności min IP66, transmitująca obraz w rozdzielczości Full HD 720p z prędkością 60 kl./sek, z wbudowanym filtrem oraz oświetlaczem IR umożliwiającym obserwacje w nocy na odległość min. 20m, adaptacyjną aktywację strumienia umożliwiającą zwiększenie ilości klatek w momencie wykrycia ruchu, gigabajtowe złącze internetowe, przetwornik CMOS w rozdzielczości 1280 x 1024 – typu VIVOTEK IP8352 HD IP66 H.264 (montaż w miejscu wskazanym przez Inwestora).