

# Projekt DredgDikes – wykorzystanie urobku z robót czerpalnych do budowy wałów przeciwpowodziowych

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Sikora<sup>1</sup>, dr inż. Remigiusz Duszyński<sup>1</sup>, dr inż. Stefan Cantré<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

<sup>2</sup> Uniwersytet w Rostoku, Wydział Rolnictwa i Środowiska

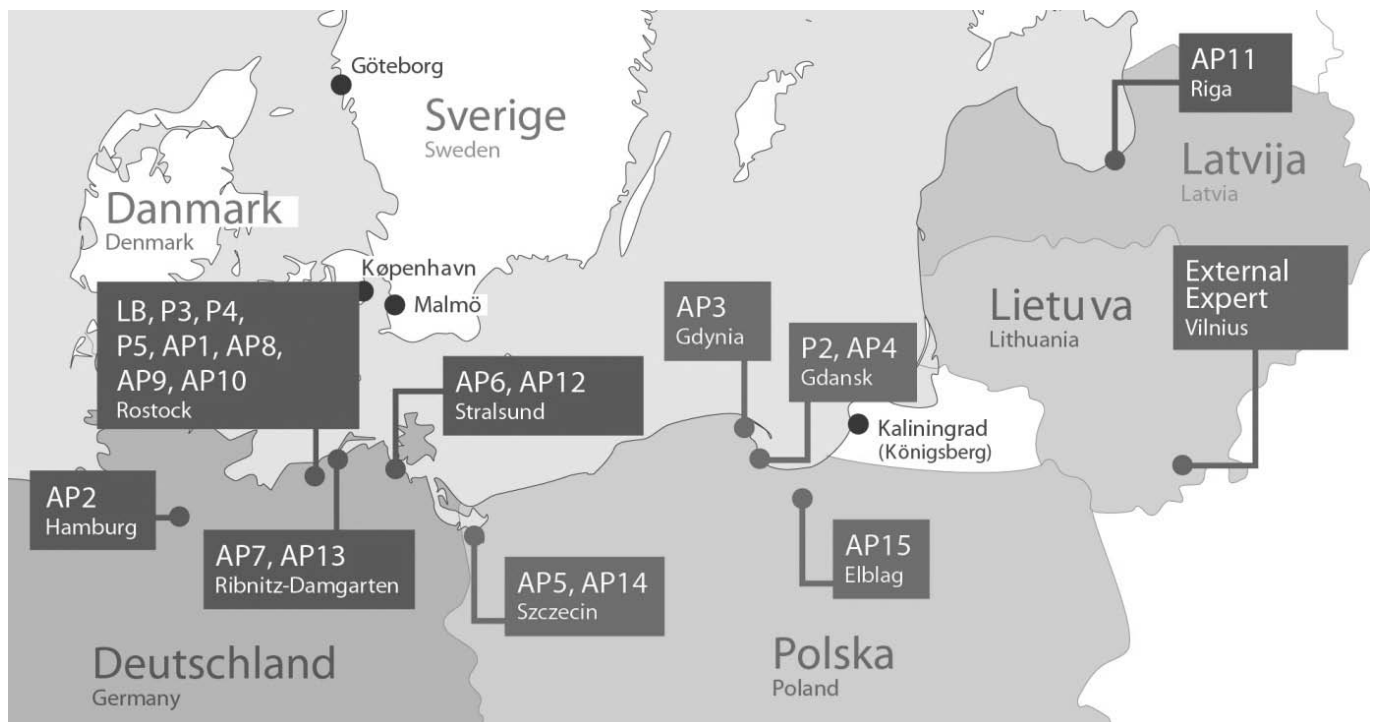
W październiku 2010 we współpracy Katedry Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego oraz Katedry Geotechniki i Inżynierii Przybrzeżnej Uniwersytetu w Rostoku rozpoczął się wspólny projekt UE mający na celu wykorzystanie materiału pochodzącego z robót czerpalnych przy budowie wałów przeciwpowodziowych (DredgDikes). W realizację projektu zaangażowani są trzy partnerzy z Meklemburgii-Pomorza Przedniego oraz piętnastu partnerów stowarzyszonych z branży administracyjnej i gospodarczej południowego regionu Morza Bałtyckiego.

W landzie Meklemburgia-Pomorze Przednie istnieją obecnie wały o łącznej długości 750 km; 220 km stanowią przy tym wały przybrzeżne, chroniące ponad 50 tys. ha łądu przed powodzią. W polskim regionie Pomorza około 650 km wałów zabezpiecza przed zalaniem powierzchnię o wielkości ponad 140 tys. ha. Wały te chronią przed powodzią około cztery miliony ludzi w Niemczech i w Polsce. W Niemczech same bieżące koszty utrzymania wałów istniejących i budowy nowych wyniosą do roku 2014 50 mln €; w kolejnych 20 latach na ochronę wybrzeża planuje się wydatki rzędu 15 mln € rocznie [5]. W Polsce w ciągu dwóch najbliższych dziesięcioleci przewiduje się nakłady na utrzymanie, konstrukcję lub budowę nowych wałów w wysokości około 160 mln €.

Z powodu ożywionego ruchu statków na Morzu Bałtyckim co roku w samych Niemczech wydobywa się z pogłębienia torów podejściowych oraz kanałów portowych kilkaset tysięcy

metrów sześciennych urobku czerpального. Materiał ten trafia bądź na kłapowisko, bądź jest składowany na polderach, względnie ulepsany i wykorzystywany na łądzie (osady drobnoziarniste i organiczne). Od lat prowadzone są starania, aby składowany na łądzie urobek czerpalny wykorzystać do budowy wałów. Do zaplanowania i przeprowadzenia projektów z zastosowaniem drobnoziarnistych, na ogół bogatych w związki organiczne mułów, jako warstwy pokrywającej wał, brakuje dotychczas zarówno godnych zaufania metod pomiarowych, jak i zasad stosowania. W okolicach Gdańska, w położonych blisko wybrzeża wodach powierzchniowych, często wydobywane są drobne piaski, nie nadające się do zastosowania w budowie wałów przeciwpowodziowych jako materiał tworzący warstwę powierzchniową. Pozyskiwanie specjalnych gruntów o cechach uszczelniających oznacza zawsze większą ingerencję w przyrodę, wobec czego ze strony odpowiednich urzędów istnieje wola, aby ulepszać piasek, który i tak jest wydobywany, i ten piasek stosować jako materiał budowlany.

W celu zbadania różnych materiałów i ich kombinacji budowane są w Meklemburgii-Pomorzu Przednim i na Pomorzu w rejonie Gdańska wały badawcze w dużej skali. Wały niemieckie to połączenie urobku czerpального i geosyntetyków w celu ochrony przed erozją i wzmocnienia warstwy powierzchniowej, a wał polski to konstrukcja wykonana z zastosowaniem mieszanki piasku i popiołożuźli.



Rys. 1. Partnerzy biorący udział w projekcie

## PARTNERZY PROJEKTU I JEGO GENEZA

Katedra Geotechniki i Inżynierii Przybrzeżnej Uniwersytetu w Rostoku już od kilkudziesięciu lat intensywnie zajmuje się tematami związanymi z geosyntetykami [6, 7], w ostatnich latach prowadzi również większe badania w zakresie obróbki i zastosowania drobnoziarnistego organicznego urobku czerpalnego [1, 2]. Od 2007 r. projekt badawczy Urzędu Wód i Żeglugi w Stralsundzie, dotyczący zastosowania urobku czerpalnego w budowie wałów przeciwpowodziowych, ma wsparcie geotechniczne, przy czym badany jest wał testowy na półwyspie Drigge. Aby można było lepiej zająć się zagadnieniem wykorzystywania urobku czerpalnego, pozyskano stypendium badawcze departamentu Systemy Morskie interdyscyplinarnego wydziału Uniwersytetu w Rostoku [3]. Katedra Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego Politechniki Gdańskiej posiada wieloletnie doświadczenie w zakresie ulepszania gruntów o niewielkiej nośności i prowadzi przy tym badania dotyczące stosowania mieszanek piasku i dodatków uszlachetniających w budownictwie [9, 8]. Centrum Transferowe Steinbeis do spraw Stosowanego Planowania Krajobrazu w Rostoku od kilkudziesięciu lat odpowiada za specjalistyczne i naukowe wsparcie zarządzania urobkiem czerpalnym na polderach Miasta Hanzeatyckiego Rostok i jest w związku z tym wysoko wyspecjalizowane w zakresie tych materiałów [4]. Państwowy Urząd do spraw Rolnictwa i Środowiska Meklemburgii Środkowej zajmował się już wielokrotnie w przeszłości zagadnieniem wykorzystania urobku czerpalnego w budowie wałów; próby te pozostawały jednak w Meklemburgii-Pomorzu Przednim bez efektów, przez wzgląd na brak doświadczeń z tymi materiałami. Urząd Federalny do spraw Budownictwa Wodnego planuje i sam zajmuje się projektami mającymi na celu wykorzystanie urobku czerpalnego w budowie wałów i wnosi dzięki temu wartościowe doświadczenia. Na podstawie tych czynności zawieszono, przy ścisłych uzgodnieniach z Urzędem Krajowym do spraw Rolnictwa i Środowiska Meklemburgii Środkowej, Urzędem Federalnym do spraw Budownictwa Wodnego oraz Urzędem Morskim w Gdyni Konsorcjum, składające się z pięciu partnerów (P) oraz 15 organizacji stowarzyszonych (AP) (rys. 1) i złożono wnioski dotyczący wspólnego projektu UE. Ma on na celu zbadanie wykorzystania różnych rodzajów urobków z robót czerpalnych przy budowie wałów przeciwpowodziowych, ponadto dotyczy m. in. zastosowania geosyntetyków i dodatków uszlachetniających stabilizujących grunt. Projekt o będącej akronimem nazwie DredgDikes wspierany jest od września 2010 r. przez South Baltic Programme Unii Europejskiej.

### CELE I ZAKRES PROJEKTU

Głównym celem trwającego 40 miesięcy projektu kooperacyjnego jest umożliwienie wykorzystania urobku z robót czerpalnych, pochodzącego z południowego regionu Morza Bałtyckiego, do budowy wałów przeciwpowodziowych. W ramach realizacji projektu założono wykonanie zarówno prac badawczych, jak i informacyjnych oraz upowszechniających wiedzę o projekcie.

Aby stworzyć możliwie najszerszą paletę samego urobku czerpalnego oraz różnych działań dodatkowych służących ulep-

szczeniu lub wzmocnieniu materiałów, bada się zasadniczo trzy różne technologie.

- 1) Drobnoziarniste osady organiczne o różnym stopniu dojrzałości pochodzące z regionu Meklemburgii-Pomorza Przedniego, przewidziane jako materiał warstwy powierzchniowej.
- 2) W celu zapobieżenia ewentualnym pęknięciom i wzmocnienia powierzchniowej odporności na erozję stosuje się dodatkowo geosyntetyki (geokraty i maty przeciwoerozyjne).
- 3) Mieszanina drobnoziarnistego urobku czerpalnego z regionu Gdańska oraz materiału antropogenicznego stanowiącego uboczny produkt spalania, jakim jest popiołożel będzie zastosowany do wykonania korpusu wału.

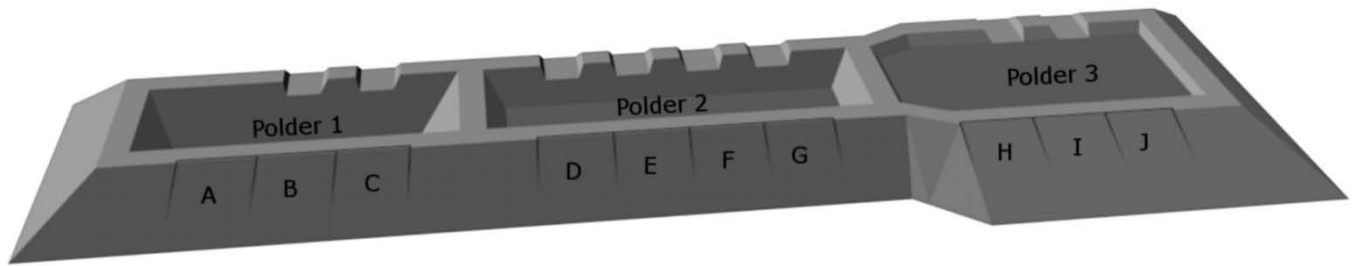
Aby osiągnąć zróżnicowane cele projektowe, wyodrębniono dwa komponenty związane z zarządzaniem i trzy merytoryczne, z czterema projektami częściowymi. Komponenty 1 i 2 zawierają zadania związane z koordynacją i komunikacją. W ramach komponentu 3 prowadzone są badania laboratoryjne i terenowe, zarówno w Rostoku, jak i w Gdańsku (dwa projekty częściowe). Budowane są w dużej skali i poddawane obszernym badaniom wały badawcze. W komponencie 4, kierowanym przez Związek Wodno-Gruntowy „Untere Warnow – Küste”, powstaje odcinek już zaplanowanego wału z nowymi rozwiązaniami, pozostający pod opieką naukową innych partnerów. W komponencie 5 na podstawie wyników wszystkich badań, będzie stworzona instrukcja działania dotycząca wykorzystania urobku z robót czerpalnych w budowie wałów przeciwpowodziowych, co w przyszłości służyć ma projektantom i urzędem jako pomoc w planowaniu i podejmowaniu decyzji.

### PROJEKT CZĘŚCIOWY 1

W projekcie częściowym nr 1 w miejscowości Markgrafeneheide w okolicach Rostoku jest budowany wał badawczy w dużej skali (rys. 2). Wał ten składa się z dwóch równoległych budowli wału z leżącymi naprzeciwko siebie identycznymi przekrojami



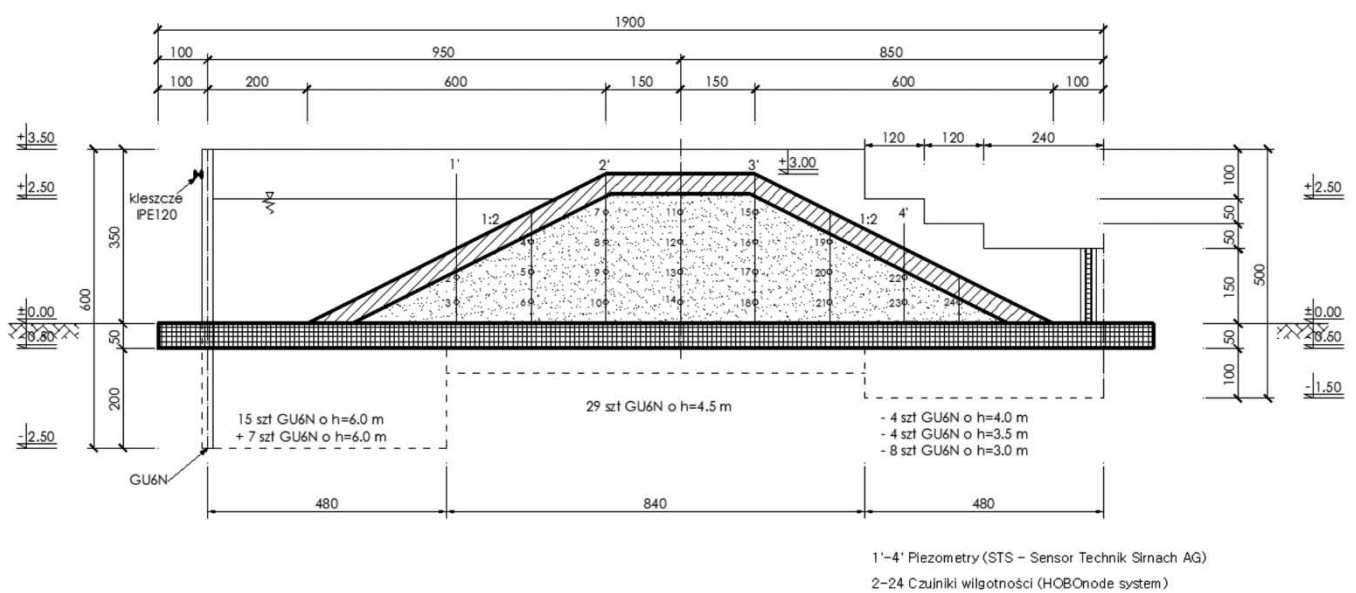
Rys. 2. Zdjęcie lotnicze terenu badawczego na polderze Radelsee w Rostoku/Markgrafeneheide (zdjęcie: Grenz dörrfer)



Rys. 3. Wał badawczy w Rostoku z 10 wariantami przekroju poprzecznego



Rys. 4: Teren badawczy nad Martwą Wisłą w okolicach Wiślinki



Rys. 5. Przekrój wału badawczego Politechniki Gdańskiej



(rys. 3). Jedna strona jest wyposażona w przyrządy pomiarowe w celu zbadania nasiąkania wilgocią, względnie przeciekania, podczas gdy druga wykorzystywana jest do prób przelewania wody, które w ekstremalnym przypadku mogą zniszczyć zboczy po stronie odpowietrznej. W celu przeprowadzenia prób spiętrzania i przelewania wody równoległe wały podzielono wałami poprzecznymi na trzy poldery, które mogą być napełniane i opróżniane niezależnie od siebie, aby w sposób kontrolowany móc odtworzyć różne schematy powodzi. Wały zaplanowano z niewielkimi nachyleniami zboczy (1:3 i 1:2). Jako budulec wałów zastosowano trzy różne rodzaje drobnziarnistego organicznego urobku czerpalnego jako materiał warstwy wierzchniej, dwa materiały geosystemy do ochrony przed erozją i zbrojenia skarp oraz piasek morski jako korpus wału. Aby uzyskać ustalone warunki badawcze, w podłożu wału zastosowano uszczelnienie w postaci geosyntetycznych mat bentonitowych.

## PROJEKT CZĘŚCIOWY 2

Nad Martwą Wisłą w rejonie Wiślinki, około 20 km na wschód od Gdańska, powstaje wał badawczy w dużej skali (rys. 4). Jest on budowany z wybranej w drodze wcześniejszych prób mieszanki piasku i popiołożużlu [10]. Wymiary przekroju odpowiadają mniej więcej rostockiemu wałowi badawczemu, aby wyniki badań były porównywalne (rys. 5). W celu umożliwienia obciążenia hydraulicznego przekroju wału do badań spiętrzania i przelewania, zaplanowano w środku wału szeroki na 4 m i długi na około 20 metrów zbiornik o szczelnych ściankach (rys. 6). Tak powstały basen po stronie wody może być napełniany graniczącą z nim bezpośrednio wodą z Wisły. Zmiany w nasiąkaniu korpusu wału mierzone są przy użyciu czujników wilgotności i piezometrów, a następnie porównywane z obliczeniami modelowymi.

## PROJEKT CZĘŚCIOWY 3

Związek Wodno-Gruntowy „Untere Warnow – Küste” w Rostoku odpowiada za projekt częściowy nr 3. W ramach istniejącego planu rekonstrukcji wałów przeciwpowodziowych wzdłuż strumienia Körkwitzer Bach w pobliżu miejscowości Ribnitz-Damgarten będzie zbudowany odcinek wału jako wspólna in-

westycja pilotażowa z wybranymi rozwiązaniami i przy wykorzystaniu urobku czerpalnego. W przygotowaniu i realizacji projektu wezmą udział wszyscy partnerzy projektu. Odcinek pilotażowy służyć ma do długofalowych obserwacji nowych rozwiązań w wale obciążonym rzeczywistym obciążeniem hydraulicznym. Ponadto ma on pełnić rolę obiektu poglądowego dla zainteresowanych instytucji i jednostek projektowych.

## PROJEKT CZĘŚCIOWY 4

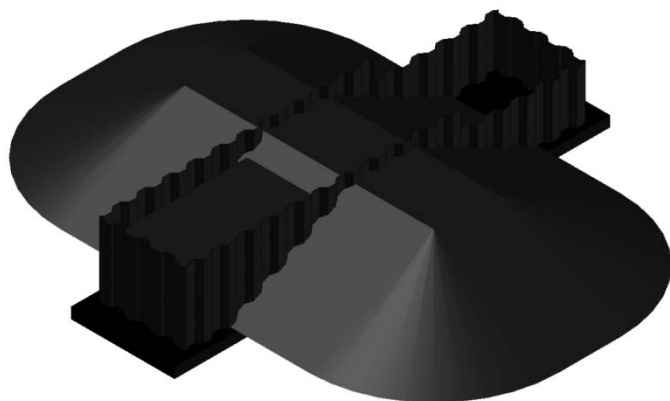
W ramach projektu częściowego nr 4 partnerzy projektu wraz z organizacjami stowarzyszonymi mają stworzyć instrukcję działania dotyczącą wykorzystania urobku czerpalnego do budowy wałów w południowym rejonie Morza Bałtyckiego. Dokument ten będzie zawierał zestawienie już wykonanych działań budowlanych na i poza terenem projektu, będzie służył do podsumowywania i oceny stanu wiedzy zdobytej w trakcie realizacji projektu oraz do prezentowania konkretnych propozycji dotyczących niezbędnych badań wstępnych, jakości urobku czerpalnego, warunków montażu oraz pomiarów różnych rozwiązań.

## PIERWSZE WYNIKI BADAŃ – PROJEKTY 1 I 2

Wał badawczy w Rostoku/Markgrafenheide zaplanowano wiosną 2011, a Urząd do spraw Budownictwa Lądowego i Wodnego Miasta Hanzeatyckiego Rostok rozpiął i rozstrzygnął przetarg na jego budowę. Prace budowlane rozpoczęły się z dwutygodniowym opóźnieniem w dniu 22 sierpnia 2011 r. Budowę trzeba było przerwać po dwóch tygodniach prac i przesunąć na wiosnę 2012 ponieważ, w związku z wyjątkowo dużymi opadami w lipcu i sierpniu, zarówno podłoże gruntowe, jak i urobek czerpalny do budowy wału były zbyt wilgotne, aby zrealizować budowę z zachowaniem wysokiej jakości, a w prognozach pogody nie przewidywano stabilizacji. Pierwsze wnioski można jednak sformułować na podstawie budowy wałów poprzecznych (rys. 7) rozdzielających trzy poldery oraz wykonania przy użyciu dwóch różnych materiałów warstwy powierzchniowej dwóch pól badawczych, przeznaczonych do badań uszczelniania i zasiewu (materiały 1 i 2, tabl. 1).

Wszystkie przeznaczone do zastosowania materiały miały obszerną charakterystykę geotechniczną, przy czym pojawiły się interesujące kwestie, którymi należy zająć się bliżej w przyszłości. Wybrane parametry geotechniczne dotyczące trzech zastosowanych materiałów warstwy wierzchniej przedstawiono w tabl. 1.

W Gdańsku, w pierwszej kolejności przeprowadzono badania laboratoryjne, mające na celu ustalenie, które mieszanki popiołu i piasku nadają się do budowy wałów. W ramach tych badań wykonano liczne badania laboratoryjne na siedmiu kombinacjach piasku i popiołożużlu. Na podstawie wstępnych wyników przeprowadzono optymalizację mieszanek. Parametry geotechniczne trzech wybranych mieszanek piasku i popiołu zestawiono w tabl. 2. Teren nad Martwą Wisłą wskazany pod inwestycję przez Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych w Gdańsku przebadano geotechnicznie z wykorzystaniem sondy statycznej.



Rys. 6. Komora badawcza wału PG – widok 3D



Rys. 7. Budowa wałów poprzecznych w sierpniu 2011 r.

Tabl. 1. Wybrane parametry zastosowanego urobku czerpalnego z Rostoku dotyczące mechaniki gruntów

	Materiał 1 ił 5 a osuszony	Materiał 2 ił 2 lata osuszony	Materiał 3 ił piaszczysty
Gлина [%]	25 ÷ 28	22 ÷ 25	15
Muł [%]	41 ÷ 44	32 ÷ 38	31
Piasek [%]	29 ÷ 34	40 ÷ 47	54
Substancja organiczna OS [%]	9,7 ÷ 11,3	8,6 ÷ 9,8	5,5
Wskaźnik plastyczności	1,7 ÷ 5,2	-0,15 ÷ 0,93	1,6 ÷ 3,9
Niedrenowana wytrzymałość na ścinanie $c_u$ [kPa]	112 ÷ 132	19 ÷ 34	120
Kąt tarcia wewnętrznego [°]	28 ÷ 30	28 ÷ 31	30
Spójność [kN/m <sup>2</sup> ]	13 ÷ 19	35 ÷ 47	59
Gęstość uziarnienia $r_s$ [g/cm <sup>3</sup> ]	2,54	2,52 ÷ 2,56	2,59
Gęstość Proctora $r_{pr}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,14 ÷ 1,18	1,28 ÷ 1,32	1,21 ÷ 1,36
Optymalna zawartość wody $w_{opt}$ [%]	40 ÷ 43	32 ÷ 35	31 ÷ 39
Zawartość wody [%]	61 ÷ 68	55 ÷ 73	46 ÷ 57
Wodoprzepuszczalność $k_f$ [m/s]	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 1^{-9}$	$2 \cdot 10^{-8}$

Tabl. 2. Wybrane parametry geotechniczne mieszanek piasku i popiołu z Gdańska

	piasek / popiół 50% / 50%	piasek / popiół 60% / 40%	piasek / popiół 40% / 60%
Gлина i muł [%]	10 ÷ 14	5	11 ÷ 13
Piasek [%]	73 ÷ 79	89 ÷ 91	79 ÷ 82
Żwir [%]	13 ÷ 17	4 ÷ 6	7 ÷ 8
Substancja organiczna OS [%]	0	0	0
Kąt tarcia wewnętrznego [°]	35	36	33
Spójność [kN/m <sup>2</sup> ]	4	2	5
Gęstość uziarnienia $r_s$ [g/cm <sup>3</sup> ]	2,53	2,58	2,60
Gęstość Proctora $r_{pr}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,46 ÷ 1,54	1,54 ÷ 1,66	1,37 ÷ 1,51
Optymalna zawartość wody $w_{opt}$ [%]	19 ÷ 21	17 ÷ 22	23 ÷ 32
Wodoprzepuszczalność $k_f$ [m/s]	$5 \div 6 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \div 2 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \div 30 \cdot 10^{-6}$

## PLANY

Wiosną 2012 r. ukończono i oprzyrządowano wał badawczy w Rostoku/Markgrafenhede. Pierwsze próby spiętrzania zaplanowano na jesień 2012 r. Budowę polskiego wału badawczego ukończono latem 2012 r. Plany wspólnego wału pilotażowego koło Ribnitz-Damgarten ukończono wiosną 2012 r., tak, aby jesienią można było rozpocząć budowę. W celu rozpowszechnienia uzyskanej wiedzy regularnie wysyłane są informacje – chęć ich otrzymania wszyscy zainteresowani mogą zgłosić poprzez stronę internetową projektu. Organizowane są również różne spotkania, jak: warsztaty, zwiedzanie budowli badawczych oraz prelekcje. Bardziej szczegółowe i stale aktualizowane informacje można znaleźć na stronie internetowej [www.dredgdikes.eu](http://www.dredgdikes.eu).

## LITERATURA

1. Cantré S.: Ein Beitrag zur Bemessung geotextiler Schläuche für die Entwässerung von Baggergut. Dissertation an der Universität Rostock, 2008.
2. Cantré S. Schulz H.: Innovative Baggergutentwässerung mit geotextilen Schläuchen – ein mobiles System im Feldversuch. Wiesbaden 2011. [W:] Wasser und Abfall. 13, Nr 3, 24-29.

3. Große A.: Baggergutrecycling als Beitrag zum Ressourcenschutz im Rahmen eines nachhaltigen Küstenzonenmanagements. 2. Zwischenbericht 2011. Interner Bericht der Interdisziplinären Fakultät der Universität Rostock.
4. Henneberg M.: Vom „Hafenschlick“ zum wertvollen Bodenmaterial - Forschungsergebnisse zur Naßbaggergutverwertung speziell in der Landwirtschaft. [W:] Tagungsband zum 1. Rostocker Baggergutseminar. Eigenverlag Universität Rostock, 2000.
5. Regelwerk Küstenschutz Mecklenburg- Vorpommern. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg- Vorpommern, 2009.
6. Saathoff F.: Geotextilien im Deponiebau. Isernhagen 1993. [W:] Straßen- und Tiefbau. Nr 9, 18-22.
7. Saathoff F.: Beispiele zur Sanierung und Ertüchtigung von Deichen mit Geokunststoffen. [W:] 2. Symposium Sicherung von Dämmen, Deichen und Stauanlagen, Universität Siegen, 2006.
8. Sikora Z.: Renowacja wałów przeciwpowodziowych. Inżynier Budownictwa, nr 4/2011.
9. Szczygielski T.: Coal combustion products in road construction. Euro-CoalAsh, Copenhagen 2010.
10. Wyroślak M., Ossowski R.: Hybrydowa technologia wzmocnienia gruntu w renowacji wałów przeciwpowodziowych. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 4/2012, 483-486.

**PODZIĘKOWANIE: Projekt współfinansowany w ramach programu South Baltic Programme Unii Europejskiej.**