Ochrona brzegów morskich georurą SoilTain® na przykładzie zabezpieczenia wydmy w Rowach

Mgr inż. Michał Pilch
Przedsiębiorstwo Realizacyjne INORA Sp. z o.o.

Ochrona brzegów morskich staje się tematem coraz częściej poruszanym w Polsce przez specjalistów na różnego rodzaju forach, konferencjach, czy też przez osoby odwiedzające i zamieszkujące nadmorskie miejscowości. Powodem tego jest fakt, że z roku na rok morze coraz bardziej wdziera się w głąb lądu, niszcząc naturalny kształt brzegu i zagrażając pobliskim zabudowaniom. Jednym z przykładów obiektów, który został częściowo zniszczony i pozostaje ciągle narażony na erozyjne działanie fal morskich, jest gotycki kościół w Trzęsaczu, a raczej już tylko jego ruiny. Budowlę wzniesiono na przełomie XIV i XV wieku w odległości około 1,8 ÷ 2,0 km od brzegu morza. Ponad 100 lat temu budowla ta stała na skraju klifu jeszcze nienaruszona. Był to jednak już okres, kiedy morze przesunęło się w stronę lądu tak blisko, że odległość kościoła od skarpy klifu wynosiła zaledwie kilka metrów (rys. 1). Obecnie, w wyniku erozji wodnej i obsuwania się skarpy, pozostała już tylko jedna, południowa ściana (rys. 2). Z tego powodu podjęto próby ochrony tego brzegu morskiego, a zarazem i historycznej budowli z nadzieją powstrzymania lub chociaż spowolnienia zachodzącej tam erozji poprzez wykonywanie okładzin ochronnych u podnóża skarpy i innych zabiegów technicznych.

Problemy erozji brzegu występują nie tylko w Trzęsaczu, lecz także w innych nadmorskich miejscowościach, gdzie co prawda podejmuje się próby ochrony brzegów, stosując różne metody, lecz efekt zastosowanych wzmocnień nie zawsze jest aż tak efektywny, jak to założono.

Niniejszy artykuł poświęcono tematyce ochrony brzegów morskich, skarp wydm, klifów itp. technologią georur SoilTain®. Opisano w nim realizację zabezpieczenia jednego z brzegów morskich tą technologią, które wykonano w miejscowości Rowy

koło Słupska. Autor przedstawia przyjęte założenia, szczegóły projektu technicznego i sprawozdanie z robót zabezpieczających. Realizację zabezpieczenia wydmy w Rowach połączono z seminarium obejmującym pokaz techniczny poświęcony tej technologii. W seminarium, które odbyło się 3 października 2012 r., uczestniczyło wiele osób zainteresowanych tematyką ochrony brzegów morskich. Wśród uczestników znaleźli się inwestorzy, projektanci, wykonawcy robót, a także przedstawiciele nauki zgłębiający problematykę erozji wydm i brzegów morskich.

Rys. 1. Kościół w Trzęsaczu; rok 1870
(www.wybrzeze-rewalskie.pl/atrakcje/ruiny.html)

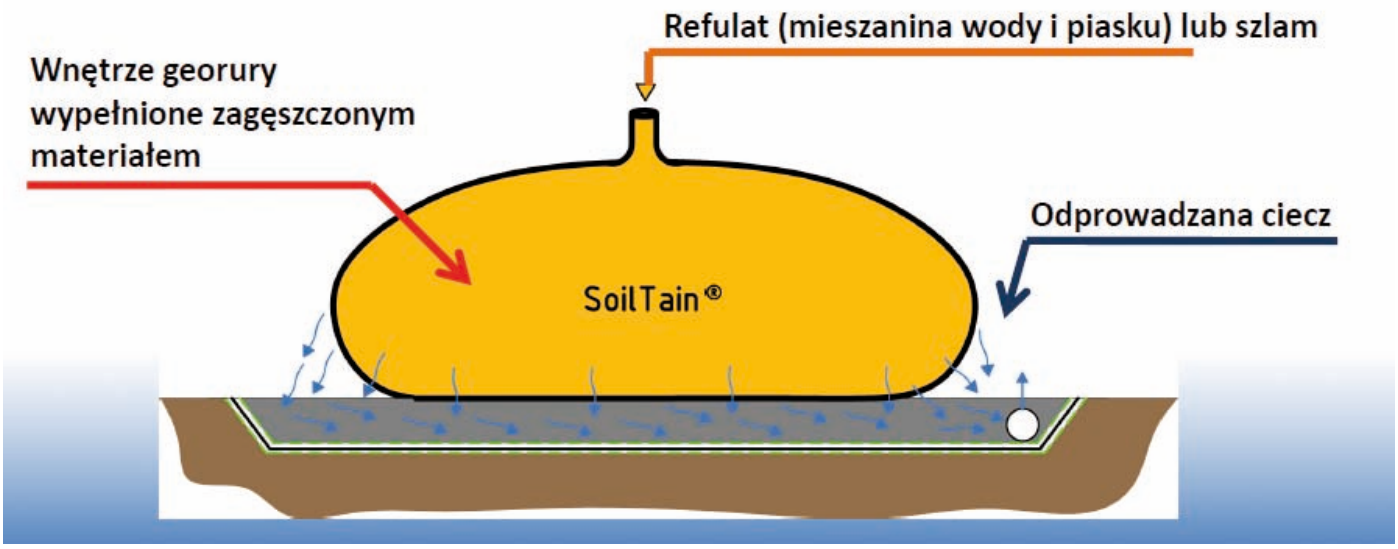
Rys. 2. Ruiny kościoła w Trzęsaczu; rok 2011 (fot. J. Sobolewski)

OPIS TECHNOLOGII ZABEZPIECZENIA GEORURĄ SOILTAIN®

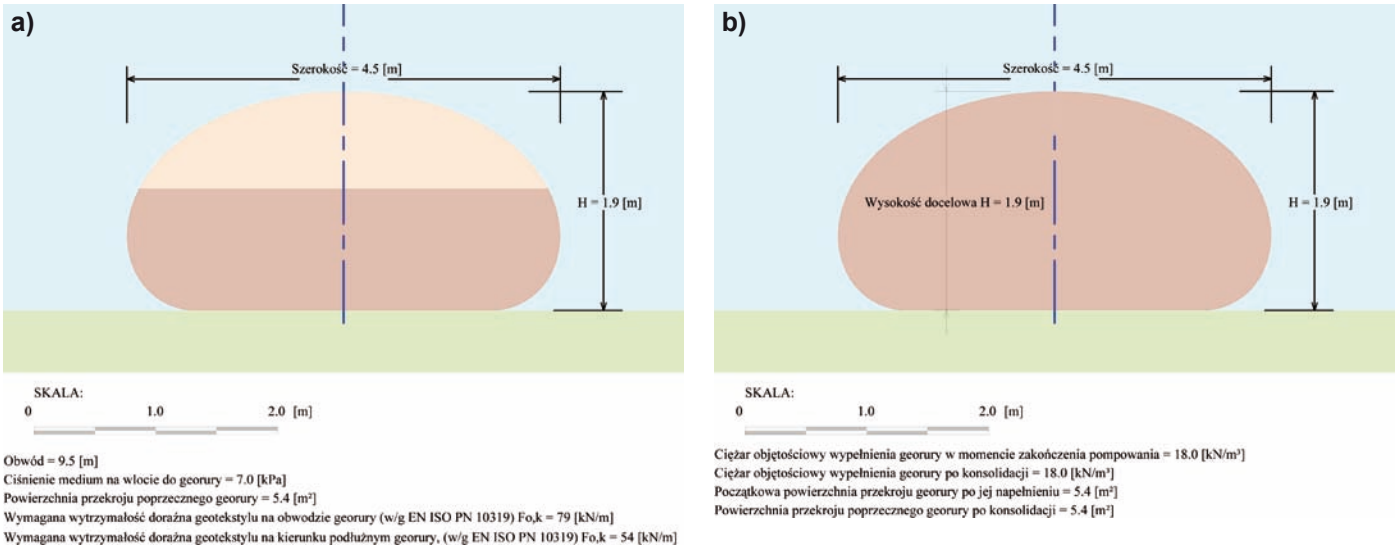
Technologia zabezpieczenia georurą SoilTain® polega na instalacji w docelowym miejscu syntetycznego rękawa (zwanego też płaszczem), wypełnieniu go materiałem nasypowym podawanym w postaci refulatu – wody i piasku lub szlamu, np. pochodzącego z bagrowania. Dzięki specjalnej strukturze kompozytu tworzącego georurę woda jest odprowadzana poprzez mikropory tego materiału, a części stałe pozostają wewnątrz rękawa. Powstaje dzięki temu zwarta konstrukcja stanowiąca stateczną budowlę ochronną lub magazynową (w przypadku wypełniania szlamem), o dużej masie własnej. Technologia ta jest wykorzystywana w hydrotechnice, m. in. w celu ochrony wydm morskich czy budowy wałów przeciwpowodziowych. Georura SoilTain® może służyć również jako zbiornik kompensujący i magazynujący bardzo duże ilości szlamów. Szlam jest w takim przypadku osuszany za pomocą grawitacyjnego odcieku na zewnątrz georury, a następnie może zostać wywieziony na miejsce składowania docelowego już w dużo mniejszej objętości.

PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE ZABEZPIECZENIA WYDMY

Realizację zabezpieczenia wydmy w Rowach zaprojektowano zgodnie z obowiązującym stanem wiedzy technicznej w tej dziedzinie. Wszystkie obliczenia i analizy wykonano zgod-



Rys. 3. Technologia georur SoiTain®; ogólny opis technologii

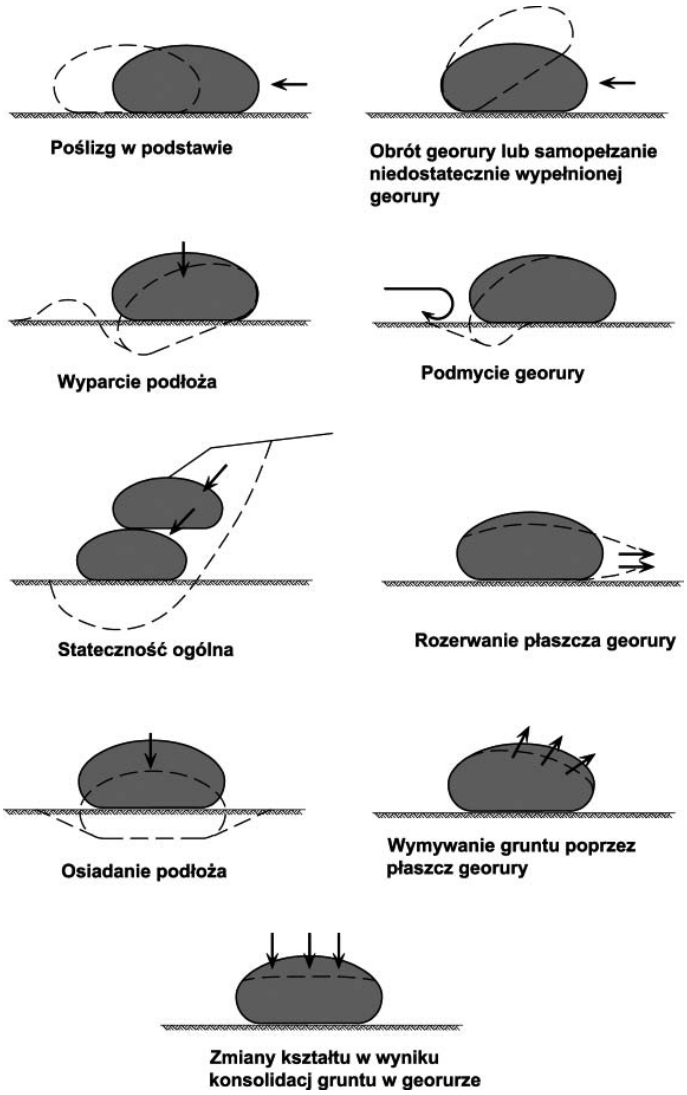


Rys. 4. Przykładowe obliczenia w GeoCoPS: przekrój poprzeczny, wypełnienie dwuwarstwowe (a), wypełnienie jednowarstwowe, napełnienie końcowe (b)

nie z metodą stanów granicznych, a także przy wykorzystaniu specjalistycznych programów komputerowych. Jednym z nich był program z serii programów GGU o nazwie GGU-Stability i program GeoCoPS wersja 3,0 bazujący na metodyce wymiarowania georur opracowanej przez Dove'a Leshchinsky'ego [3]. Dzięki przeprowadzonym w GeoCoPS analizom (rys. 4) uzyskano dane dotyczące m.in. geometrii georury, parametrów wytrzymałościowych materiału z jakiego powinna być wyprodukowana, a także granicznych wymiarów georury w trakcie jej wypełniania. Określenie tych parametrów było niezbędne w celu poprawnego i bezpiecznego wykonania (napełnienia) georury. Zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami założono następujące wymiary georury po napełnieniu: obwód 9,50 m, szerokość 4,50 m, wysokość 1,90 m, długość 25 m.

Ponadto przed przystąpieniem do realizacji sprawdzono wszystkie przypadki możliwych mechanizmów zniszczenia i zmiany położenia georury (rys. 5). Następnie dobrano odpowiednie materiały geosyntetyczne stanowiące płaszcz georury i geowłókninę ochronną (tabl. 1) oraz ustalono technologie napełniania.

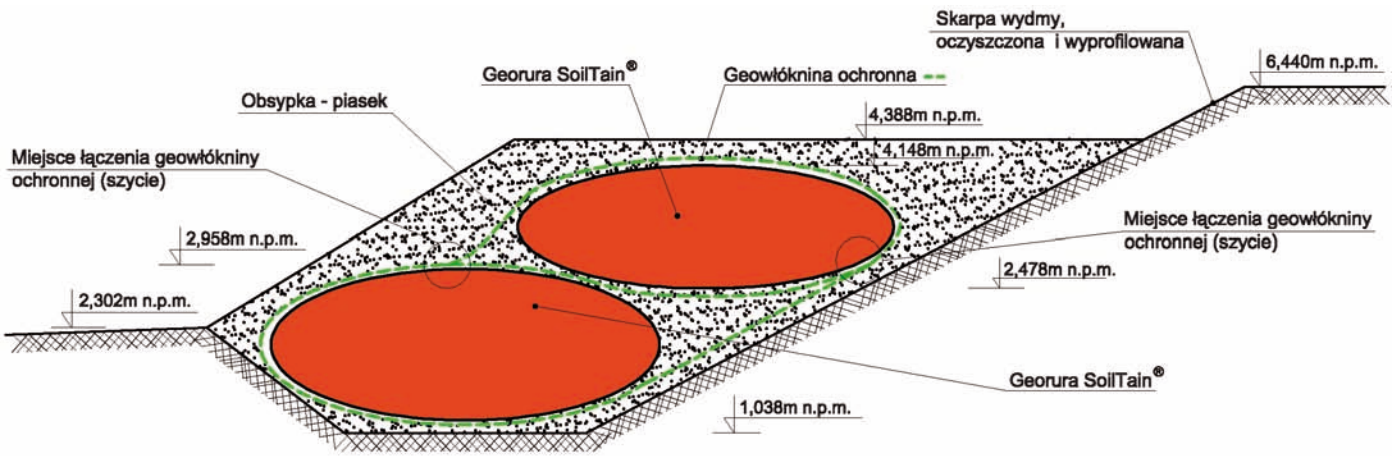
Przeprowadzone analizy wykazały, że skuteczne zabezpieczenie jest możliwe w przypadku zastosowania minimum dwóch georur, ułożonych jedna na drugiej z przesunięciem w stronę skarpy wydmy, zgodnie z rys. 6. Aby przeciwdziałać skutkom wandalizmu, zaprojektowano warstwę ochronną dla syntetycznego płaszcza georury. Warstwę ochronną stanowi zazwyczaj, tak jak też w opisywanym przypadku, geowłóknina o wysokich parametrach technicznych. Najważniejszym parametrem jest tu opór na przebicie CBR. Jak wynika z dotychczasowej praktyki opór na przebicie nie powinien być mniejszy niż 3500 N, co kwalifikuje geowłóknię do czwartej klasy w klasyfikacji CBR. Autor niniejszego artykułu zaleca jednak stosowanie geowłóknin 5 klasy CBR, szczególnie w miejscach częściej odwiedzanych przez większą liczbę turystów, w celu lepszego zabezpieczenia przed wandalizmem. Poziom posadowienia zabezpieczenia realizowanego w ramach niniejszego zadania ustalono na głębokości około 1,0 m n.p.m. Zaleca się jednak, aby w miarę realnych możliwości ustalać poziom posadowienia głębiej.



Rys. 5. Możliwe mechanizmy zniszczenia

Tabl. 1. Parametry techniczne zastosowanych materiałów

Georura SoilTain® 175/175 DW A30	Geowłóknina ochronna HaTe® E 800/2
Materiał georury stanowiący płaszcz: – włóknina poliestrowa – tkanina poliestrowa Doraźna wytrzymałość na rozciąganie: – wzdłuż 175 kN/m – wszerz 175 kN/m Współczynnik wodoprzepuszczalności: $13 \cdot 10^{-3}$ m/s Gramatura: 900 g/m² Charakterystyczny wymiar porów O_{90}: 0,10 mm Wytrzymałość na oddzieranie geotkaniny od geowłókniny według EN ISO 13426, ≥ 1000 N/m Producent: Huesker Synthetic GmbH	Materiał geowłókniny: – poliester/polipropylen Doraźna wytrzymałość na rozciąganie: – wzdłuż 15 kN/m – wszerz 35 kN/m Opór na przebicie CBR: 3500 N Współczynnik wodoprzepuszczalności: $20 \cdot 10^{-3}$ m/s Gramatura: 800 g/m² Producent: Huesker Synthetic GmbH



Rys. 6. Schematyczny przekrój poprzeczny

PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA REALIZACYJNE ZABEZPIECZENIA WYDMY

Zgodnie z obecnym stanem wiedzy napełnianie georury jest procesem w miarę dobrze przewidywalnym, ponieważ na podstawie zebranych doświadczeń z wcześniejszych realizacji inżynier jest w stanie określić najważniejsze parametry technologiczne. Można oszacować z dużym przybliżeniem następujące wartości: siły rozciągające przy danej wysokości wypełniania, szerokość georury i szerokość jej oparcia na podłożu, wskaźnik wypełnienia, ciśnienie pulpy na wlocie itp. Wyznaczone w projekcie charakterystyki tych parametrów umożliwiają na bieżąco kontrolowanie przebiegu procesu napełniania georury. Przykłady takich charakterystyk z realizacji w Rowach przedstawiono na rys. 7 ÷ 10.

Jedną z najbardziej istotnych jest zależność: siła rozciągająca w płaszczu georury od wysokości napełnienia georury. Z wykresu na rys. 7 wynika, że przy wysokości 2,2 m w płaszczu georury mobilizowana jest siła rozciągająca 45 kN/m, która stanowi wartość krytyczną, ponieważ płaszcz georury może ulec rozerwaniu przy tej właśnie sile.

Wartość krytyczna odpowiada w tym przypadku wartości charakterystycznej wytrzymałości F_k po uwzględnieniu wszystkich wpływów i oddziaływań.

$$F_k = \frac{F_{o,k}}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5} \tag{1}$$

$$F_k = \frac{175}{1,33 \cdot 1,17 \cdot 2,5 \cdot 1,00 \cdot 1,00} = 45,0\,\text{kN/m}$$

gdzie:

$F_{o,k}$ – wytrzymałość wyjściowa (krótkotrwała) UTS – *ultimate tensile strength*; wytrzymałość na rozciąganie badana według PN ISO 10319 na pasach o szerokości 20 cm rozciąganych ze standardową prędkością 20%/min; jest to wartość deklarowana dla poziomu ufności 95%,

F_k – wytrzymałość charakterystyczna długotrwała; wytrzymałość na rozciąganie pomniejszona po uwzględnieniu wszystkich współczynników materiałowych,

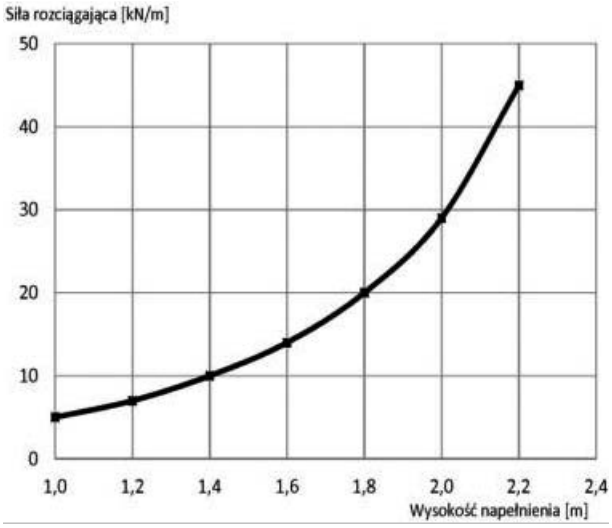
$A_1 = 1,33$ – wpływ pełzania,

$A_2 = 1,17$ – uszkodzenia mechaniczne powstałe w procesie wbudowywania,

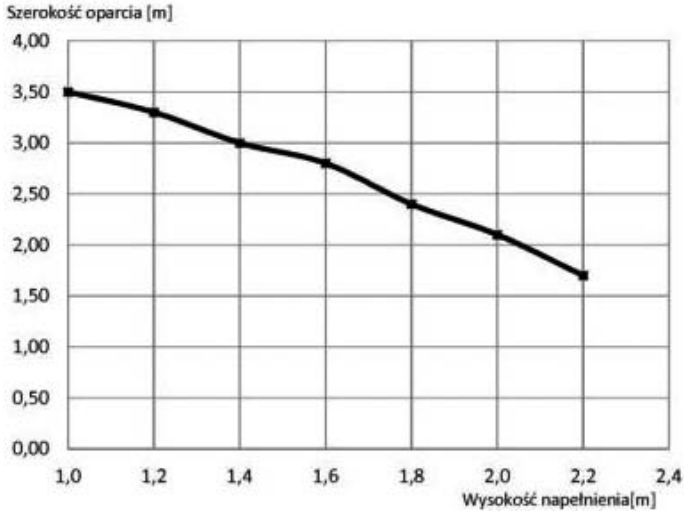
$A_3 = 2,50$ – utrata wytrzymałości na połączeniach,

$A_4 = 1,00$ – wpływ środowiska wodno-gruntowego,

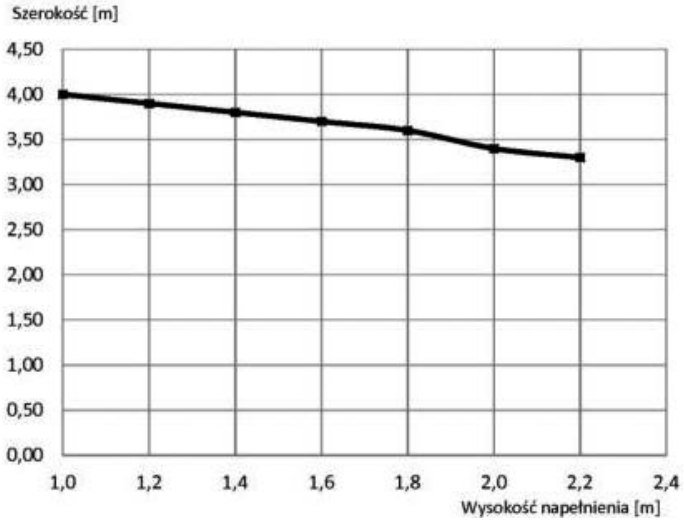
$A_5 = 1,00$ – zmęczenie materiałowe w wyniku obciążeń cyklicznych lub dynamicznych.



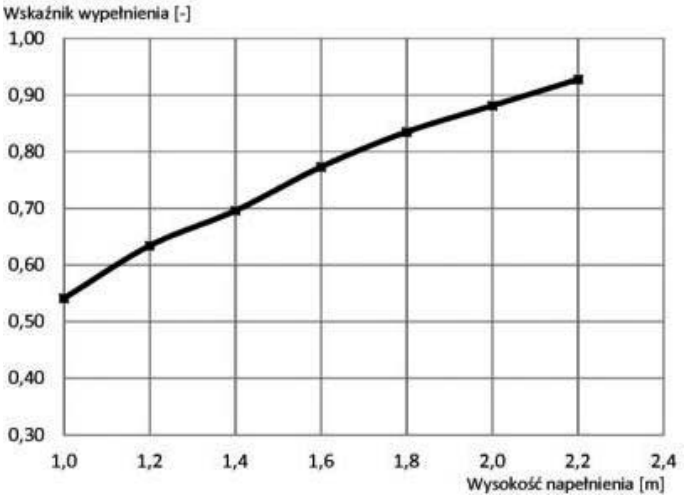
Rys. 7. Zależność siły rozciągającej od wysokości napełnienia georury SoilTain® 175/175 DW A30



Rys. 9. Zależność szerokości oparcia georury SoilTain® 175/175 DW A30 od wysokości napełnienia



Rys. 8. Zależność szerokości georury SoilTain® 175/175 DW A30 od wysokości napełnienia



Rys. 10. Zależność wskaźnika wypełnienia od wysokości napełnienia georury SoilTain® 175/175 DW A30

Wartość obliczeniową wytrzymałości na rozciąganie wyznacza się, uwzględniając współczynnik cząstkowy bezpieczeństwa materiałowego

$$F_d = \frac{F_k}{\gamma_M} \tag{2}$$

gdzie:

γ_M – współczynnik bezpieczeństwa materiałowego (przyjmowany dla stanu budowlanego 1,3)

zatem

$$F_d = \frac{45,0}{1,3} = 34,60\,\text{kN/m}$$

Z wykresu na rys. 7 można ustalić graniczną wysokość wypełniania: h = 2,10 m odpowiadającą wartości obliczeniowej wytrzymałości na rozciąganie F_d = 34,6 kN/m. Rozerwanie płaszcza może nastąpić przy wysokości napełnienia h = 2,20 m, a wiec przy sile rozciągającej 45 kN/m, która odpowiada wytrzymałości krytycznej F_k.

REALIZACJA ZABEZPIECZENIA

Do wypełnienia georur zazwyczaj wykorzystuje się miejscowy materiał nasypowy. Zabezpieczając wały przeciwpowodziowe, pobiera się materiał z dna rzeki, natomiast zabezpieczając wydmy przy plaży, wykorzystuje się piasek morski. Należy jednak zwrócić uwagę, że proces wypełniania georury szlamem różni się od procesu wypełniania piaskiem. Materiały te różnią się gęstością, zagęszczalnością, wodoprzepuszczalnością itd. Występują również inne poziomy zagrożenia rozdarcia płaszcza w przypadku transportu materiału szorstkiego i ostrego, mogącego naruszyć jego płaszcz. Może także zdarzyć się, że razem z urobkiem do wnętrza georury transportowane są kawałki szkła, metalu itp. co stwarza dodatkowe zagrożenie, z jakim musi poradzić sobie ekipa wykonawcza. Takie problemy towarzyszyły także realizacji zabezpieczenia wydmy w Rowach, ponieważ morze dostarczało razem z piaskiem wiele różnych elementów mogących uszkodzić płaszcz georury. Przy prowadzeniu strumienia refulatu pod dużym ciśnieniem i przy długotrwałym kon-

takcie przepływającego strumienia refulatu z płaszczem może dojść do osłabienia materiału poprzez jego abrazje.

W celu wykonania tego zadania użyto około 300 m^3 piasku z plaży bezpośrednio przy lustrze wody. Oczywiście fale morskie bardzo szybko wyrównały niewielki wykop, który pozostał po bagrowaniu piasku. W przypadku realizacji zabezpieczenia georurą dłuższego odcinka niż 25 m i zastosowaniu wyższego zabezpieczenia składającego się z większej liczby georur, należy zorganizować odpowiednie zaplecze i zapewnić przywóz materiału nasypowego na miejsce docelowe, nie zabierając piasku z plaży ani z dna morskiego, dbając tym samym o jakość plaży w okresie realizacji robót związanych z zabezpieczaniem brzegu.

Piasek, który był pobierany bezpośrednio z plaży przebadano w laboratorium w celu określenia jego właściwości. Krzywą przesiewu tego materiału przedstawiono na rys. 11. Podstawowa charakterystyka piasku przedstawia się następująco: piasek średni, równoziarnisty (wskaźnik różnoziarnistości U = 1,5), przemyty, d_{10} = 0,25 mm, co świadczy o jego dobrej wodoprzepuszczalności. Ciężar objętościowy piasku γ = 16 ÷ 18 kN/m^3 (w dolnej części do 1,0 m wysokości γ = 18 kN/m^3, powyżej γ = 16 kN/m. Piasek wykorzystany do wypełnienia georury w Rowach to materiał przemyty bez frakcji pylastej, a obliczony z krzywej przesiewu współczynnik filtracji $k = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s świadczy o dobrych właściwościach hydraulicznych piasku.

Zgodnie z zaleceniami DVWK [2], wodoprzewodność geosyntetyku zabudowanego w kontakcie z gruntem, powinna być pięćdziesiąt razy większa od wodoprzewodności gruntu (wzór 3).

$$k_v = 50 \cdot k \tag{3}$$

gdzie:
k_v – wodoprzewodność geosyntetyku ($1{,}3 \cdot 10^{-2}$ m/s),
k – wodoprzewodność gruntu ($5 \cdot 10^{-4}$ m/s).

Jest to jednak warunek odnoszący się do pracy długoterminowej, np. systemu drenarskiego wykonanego z geosyntetyku (np. dren francuski) pracującego pod obciążeniem hydrodynamicznym, w zasadzie nie ma potrzeby adaptować go w stu procentach do realizacji takich jak krótkotrwałe napełnianie georury.

Dla warunków z Rowów otrzymujemy:

$$\frac{k_v}{k} = \frac{1{,}3 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-4}} = 26 < 50$$

Na podstawie poczynionych obserwacji można przyjąć, że nawet przy $k_v / k \geq 25$ proces napełniania georury piaskiem przebiegać będzie zadowalająco.

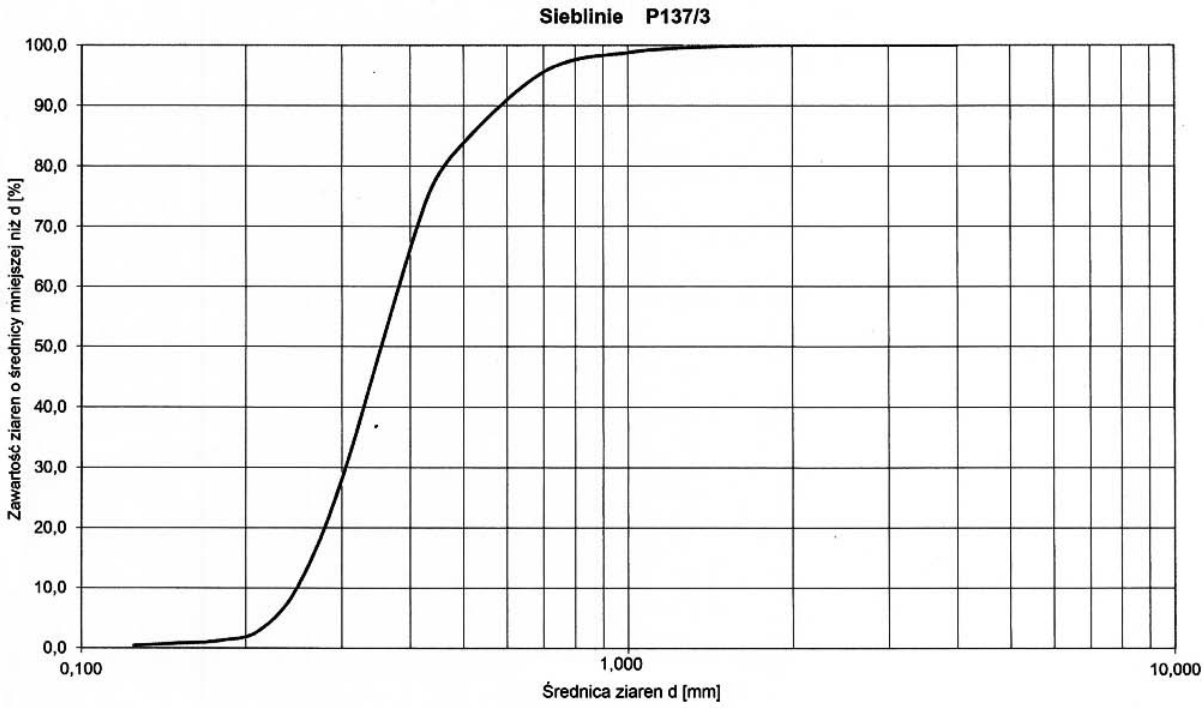
Do realizacji niniejszego zadania przeprowadzono również obliczenia wielkości porów znamiennych geosyntetyku (płaszcza georury) w odniesieniu do uziarnienia materiału nasypowego (piasku) transportowanego z wodą. Jednym z warunków jakie sprawdzono w projekcie zabezpieczenia w Rowach, a który będzie opisany poniżej, jest warunek z CUR [1]. Warunek ten opisano wzorem (4).

$$O_{90} \leq 1{,}5 \cdot d_{10} \cdot \left(\frac{d_{60}}{d_{10}} \right)^{0,5} \tag{4}$$

gdzie;
d_{10} = 0,25 mm – średnica zastępcza ziaren, które wraz z mniejszymi stanowią 10% suchej masy piasku,
d_{60} = 0,38 mm – średnica zastępcza ziaren, które wraz z mniejszymi stanowią 60% suchej masy piasku,
O_{90} = 0,10 mm – płaszcz georury.

$$O_{90} \leq 1{,}5 \cdot 0{,}25 \cdot \left(\frac{0{,}38}{0{,}25} \right)^{0,5} = 0{,}462\,\text{mm}$$

$$0{,}10\,\text{mm} \quad < \quad 0{,}462\,\text{mm}$$



Rys. 11. Krzywa przesiewu piasku z plaży w Rowach

Rys. 12. Etap I: ułożenie płaszcza georury w wykopie (a) i napełnianie pierwszej georury mieszaniną wody i piasku (b)

Rys. 13. Etap II: napełnianie drugiej georury mieszaniną wody i pasku (a) i zabezpieczanie georur SoilTain® geowłókniną ochronną (b)

Rys. 14. Napełnianie georury SoilTain® w trakcie pokazu technicznego

Rys. 15. Przedmiotowy odcinek brzegu po okresie zimowym (pół roku po realizacji)

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń, umowny wymiar porów płaszcza georury w Rowach (O_{90} = 0,10 mm) był dużo mniejszy niż obliczony według CUR (O_{90} = 0,462 mm). Pomimo tego nie zaobserwowano ucieczki piasku z georury i woda odpływająca płaszczem była zupełnie przezroczysta. Stąd można wnioskować, że dla plażowych, dobrze przemytych piasków ogólnie znane zalecenie z DWVK [2]:

$$O_{90}\ (\text{geosyntetyku}) = 0{,}80 \cdot O_{90}$$
$$(\text{obliczonej wartości dla danego piasku})$$

niekoniecznie zawsze musi być spełnione.

Wykonanie zabezpieczenia wydmy podzielono na dwa etapy. Pierwszy etap (1 ÷ 4.10.2012 r.) polegał na przygotowaniu i przeprowadzeniu pokazu technicznego, czyli ułożeniu i napełnieniu pierwszej georury, natomiast drugi etap polegał na dokończeniu robót z pierwszego etapu, tj. ułożeniu drugiej georury na wybudowanej już konstrukcji, wypełnieniu i obsypaniu całości materiałem nasypowym - piaskiem, a następnie doprowadzeniu plaży do stanu sprzed rozpoczęcia robót. Rozbicie prac na dwa etapy było wymuszone nagłym pogorszeniem się warunków atmosferycznych i nadejściem silnego sztormu w trakcie realizacji etapu pierwszego.

Prace przygotowawcze w pierwszym etapie polegały na wytyczeniu lokalizacji, zniwelowaniu terenu, wykonaniu wykopu i wyłożeniu go geowłókniną ochronną (rys. 12). Przygotowano dodatkowy wykop umożliwiający kontrolowane odprowadzenie wody wypływającej z georury w trakcie jej napełniania. Rękaw (georura przed napełnieniem) ułożono na dnie wykopu i częściowo na jego skarpach w celu uzyskania odpowiedniej geometrii po napełnieniu. Na tym etapie, napełnianie georury wykonano przy wykorzystaniu typowej dla kanałów portowych pogłębiarki BELONA o wydajności 1600 m^3/h. Z powodu zbyt dużej wydajności pogłębiarki konieczna była redukcja ciśnienia w rurociągu i odrzucanie części urobku na plażę i do morza. Niestety, z powodu nagłego pogorszenia się warunków pogodowych na morzu, zbyt dużego falowania i nadciągającego sztormu, pogłębiarka w trakcie napełniania pierwszej georury – już po przeprowadzeniu pokazu technicznego – musiała powrócić do portu i zaprzestać w tym dniu wszelkich prac. Aby nie dopuścić do zniszczenia częściowo napełnionej już georury, na czas sztormu prace przerwano, a teren starannie zabezpieczono.

W drugim etapie zabezpieczenia brzegu morskiego wykorzystano do napełniania sprzęt, który może pracować niezależnie od panujących warunków atmosferycznych. W tym celu zastosowano zatapialną pompę wirową Dragflow (tabl. 2) zasilaną hydraulicznie koparką gąsienicową, która umożliwia pracę nawet podczas sztormu. Prace w drugim etapie polegały na dokończeniu napełniania pierwszej georury, przygotowaniu posadowienia do ułożenia drugiej georury – pomiędzy wydmą a pierwszą georurą (rys. 6, 13a) – i jej napełnieniu.

Tabl. 2. Parametry techniczne zatapialnej pompy wirowej

Zatapialna pompa wirowa Dragflow z agitatorem	Mieszanka urobku: woda/piasek – 70% / 30% Wydajność: około 200 m^3/h urobku Średnica rurociągu: 150 mm Zasilanie: zewnętrzny napęd hydrauliczny (ciśnienie 300 bar, przepływ oleju 240 l/min)

Następnie wykonano zabezpieczenie obydwu georur poprzez ułożenie geowłókniny ochronnej (rys. 13b). Pasy geowłókniny ochronnej zszyto ze sobą, dzięki czemu będą stanowić dodatkową ochronę systemu georur nawet po całkowitym wypłukaniu zewnętrznej warstwy piasku w trakcie sztormu. Zgodnie z wytycznymi i założeniami zarządcy terenu, skarpę wydmy odbudowano i obsypano warstwą piasku o grubości około 0,50 m (rys. 15). Odtworzono tym samym naturalną formę krajobrazu nadmorskiego, a jednocześnie plaża i wydmy zostały zabezpieczone technologią georur SoilTain®, która nawet w trakcie sztormu ograniczy erozję na zabezpieczonym odcinku.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzona realizacja zabezpieczenia ciągle erodowanej wydmy georurą SoilTain® na plaży w Rowach pozwoliła zaprezentować wszystkim zaproszonym gościom pokazu technicznego łatwość realizacji tej technologii oraz jej dużą konkurencyjność w stosunku do tradycyjnie dotychczas stosowanych metod. Autor niniejszego artykułu ma także nadzieję, że ośmieli on projektantów, zarządców i administratorów terenów nadmorskich do stosowania zabezpieczania zagrożonych obszarów tą technologią.

Jednocześnie organizatorzy przeprowadzonego pokazu hydrotechnicznego dziękują wszystkim, którzy przyczynili się do realizacji przeprowadzonego pokazu i tym, którzy wykazali zainteresowanie przedstawianą technologią. Szczególne podziękowania kierują do Dyrekcji Urzędu Morskiego w Słupsku, kadry zarządzającej i wszystkich zaangażowanych w to przedsięwzięcie pracowników Obwodu Ochrony Wybrzeża Ustka i Obchodu Ochrony Wybrzeża Rowy. Dzięki wspólnemu wysiłkowi udało się zaprezentować w skali rzeczywistej zabezpieczenie brzegu morskiego technologią georur SoilTain® i udowodnić, że jest to metoda skuteczna, tania, a przy tym prosta i szybka, nie naruszająca estetyki krajobrazu. Potwierdzono praktycznie, że technologia jest możliwa do realizacji nawet w trudnych warunkach pogodowych. Autorzy i Wykonawcy pokazu mają nadzieję, że przyczyni się on do szerszego stosowania tej technologii do ochrony polskich wybrzeży, deklarując jednocześnie swoją pomoc zarówno w projektowaniu, jak i realizacji.

LITERATURA

1. CUR, Civiltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving. Ontwerpen met geotextile zand-elementen. 217, Rijkswaterstaat, 2006.

2. DVWK, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Merkblatt: „Anwendung von Geotextilien im Wasserbau. DVWK, 221/1992, Verlag Paul Perey, Hamburg-Berlin, 1992.

3. Leshchinsky D., Leshchinsky O., Ling H., Gilbert P.: Geosynthetics tubes for confining pressurized slurry: some design aspects. Journal of Geotechnical Engineering ASTM, August 1996.

4. Lawson Ch.: Geotextile containment, Proc. 9 International. Conf. on Geosynthetics, Brazil, 2010.

5. Sobolewski J, Wilke M., Terauds J.: Georury wypełnione piaskiem w budownictwie wodnym i morskim, wymiarowanie i praktyczne przykłady zastosowań. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 1/2011.

6. Wysokiński L., Kotlicki W.: Wymiarowanie konstrukcji oporowych, stromych skarp i nasypów z gruntu zbrojonego geosyntetykami. Instrukcja 429/2007, ITB, Warszawa 2007.