



**Instytut Morski w Gdańsku**  
**Zakład Hydrotechniki Morskiej**  
80-307 Gdańsk, ul. Abrahama 1,  
tel.(58) 552 19 74, fax.(58) 552 46 13  
e-mail: [zhm@im.gda.pl](mailto:zhm@im.gda.pl)

---

# **AKTUALIZACJA WYTYCZNYCH DO SZTUCZNEGO ZASILANIA BRZEGU POMIĘDZY NIECHORZEM A REWALEM KM: 368,55-369,69**

**Inwestor:** Urząd Morski w Szczecinie  
Plac Batorego 4  
70-207 Szczecin



GDAŃSK, 2018

**WYDAWNICTWA WEWNĘTRZNE INSTYTUTU MORSKIEGO**

**W GDAŃSKU nr 7222**

---

Praca wykonana zgodnie z umową nr OW.5120.005.18  
z dnia 09.07.2018 roku  
pomiędzy Skarbem Państwa- Dyrektorem Urzędu Morskiego w Szczecinie  
a  
Instytutem Morskim w Gdańsku

Kierownik Zakładu Hydrotechniki Morskiej  
Helena Boniecka

Kierownik pracy:  
Helena Boniecka

Wykonawcy:  
*Helena Boniecka*  
*Agnieszka Gajda*  
*Alicja Kaźmierczak*

---

Wykonano 2 egz.

Lipiec, 2018 r.

## SPIS TREŚCI

WSTĘP .....	6
1. OCENA STANU BRZEGU MORSKIEGO W REJONIE PLANOWANEGO SZTUCZNEGO ZASILANIA .....	9
2. ANALIZA PORÓWNAWCZA OSADÓW ZE ZŁOŻA I STREFY BRZEGOWEJ W ASPEKcie WYZNACZENIA NIEZBĘDNYCH OBJĘTOŚCI OSADÓW DO SZTUCZNEGO ZASILANIA.....	19
3. OKREŚLENIE KSZTAŁTU I POŁOŻENIA PROPONOWANEGO NASYPU.....	24
4. WYZNACZENIE NIEZBĘDNYCH ILOŚCI MATERIAŁU ZASILAJĄCEGO DLA UZYSKANIA BEZPIECZNEGO PROFILU DLA WARUNKÓW SZTORMU 100-LETNIEGO .....	29
5. ZALECENIA WYKONAWCZE DLA SZTUCZNEGO ZASILANIA PLAŻY POMIĘDZY NIECHORZEM A REWALEM KM: 365,55-369,69.....	32
6. LITERATURA .....	36

## SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Dynamiczne zmiany szerokości plaży na odcinku projektowanego sztucznego zasilania .....	13
--	----

## SPIS TABEL

Tabela 1. Średnie wskaźniki granulacji piasku na brzegu przeznaczonym do zasilania brzegu pomiędzy Niechorzem, a Rewalem km: 368,55 do km 369,69 .....	19
Tabela 2. Uśrednione wartości wskaźników uziarnienia dla poszczególnych form morfologicznych na odcinku km: 368,70-369,70 .....	20
Tabela 3. Uśrednione parametry uziarnienia na odcinku km: 368,70-369,70.....	20
Tabela 4. Średnie wskaźniki granulacji piasku na brzegu pomiędzy Rewalem a Niechorzem km: 368,70-369,70 w lipcu 2018 r. ....	21
Tabela 5. Porównanie średniej mediany dla osadów plażowych i z linii wody w roku 2017 i 2018 dla odcinka 368,7-369,7 .....	21
Tabela 6. Podstawowe parametry uziarnienia piasku na wybranych polach poboru w Rewalu (na podstawie Kramarska, Przeździecki 2010) .....	22
Tabela 7. Podstawowe parametry oraz współrzędne określające kształt i położenie nasypu sztucznego zasilania pomiędzy Niechorzem, a Rewalem km: 368,55 do km 369,69..	27
Tabela 8. Objętość nasypu - efektu sztucznego zasilania, usytuowanego pomiędzy Niechorzem a Rewalem, od km 368,55 do km 369,69 oraz objętość piasku potrzebna do jego utworzenia .....	30

## SPIS FOTOGRAFII

Fotografia 1. Fragment ściany klifu z obrywami materiału na opaskę narzutową .....	10
Fotografia 2. Spływ jeziorów gliny do podnóża opaski narzutowej na odcinku projektowanego sztucznego zasilania .....	10
Fotografia 3. Pionowe ściany klifu ponad opaską w centralnej .....	11
Fotografia 4. Ślady po spływie wód opadowych .....	11
Fotografia 5. Zachodnie zakończenie odcinka projektowanego .....	14
Fotografia 6. Płaska plaża, zwężająca się w kierunku wschodnim .....	14
Fotografia 7. Płaska, wąska plaża w centralnej części odcinka .....	15
Fotografia 8. Wschodnie zakończenie odcinka projektowanego .....	15
Fotografia 9. Zatoka erozyjna w sąsiedztwie zakończenia .....	15
Fotografia 10. Ślady nabiegania fali na opaskę. Pozostawione minerały ciężkie, złom muszlowy i otoczaki .....	16
Fotografia 11. Zalewanie plaży przy poziomie morza 516 cm .....	16
Fotografia 12. Zakończona budowa strony wschodniej odcinka opaski narzutowej i jej połączenie z istniejącą opaską z 2013/2014 r. W oddali widoczna zatoka erozyjna na zakończeniu grupy ostróg ( październik 2017 r.).....	18
Fotografia 13. Stan plaży i opaski z utrzymującą się zatoką erozyjną na zakończeniu grupy	

ostróg i muru oporowego .....	18
Fotografia 14. Odsypy żwirowe na plaży w rejonie km 368,75 .....	22

## WSTĘP

Od czasu poprzednich pomiarów sytuacyjno-wysokościowych wykonanych w listopadzie 2016 r. oraz wizji terenowej z października 2017 r. na odcinku km 368,55-369,69 strefa brzegowa wraz z nadbrzeżem ulegała dalszym przeobrażeniom, nie tylko pod wpływem czynników naturalnych, ale również pod wpływem kamiennej opaski narzutowej, której budowę zakończono w listopadzie 2017 r. Zmieniony stan strefy brzegowej wymagał ponownego oszacowania objętości materiału piaszczystego niezbędnej do uzyskania bezpiecznego profilu brzegu dla sztormu 100-letniego oraz korekty kształtu i położenia projektowanego nasypu.

Opaski brzegowe obok swojej funkcji ochronnej wprowadzają szereg zaburzeń w środowisku morskim. Głównym zadaniem opaski jest przyjęcie, odbicie i rozproszenie energii falowania nabiegającego bezpośrednio na brzeg. Przeciwdziała ona również procesom osuwiskowym, występującym na stromych zboczach wydym i klifów. Opaska brzegowa stabilizuje granicę między lądem, nie przyczyniając się jednakże do akumulacji plaży. Ich oddziaływanie na środowisko zależy od wielu czynników zarówno litodynamicznych i morfodynamicznych cechujących dany odcinek jak i rodzaju wybranej konstrukcji oraz materiałów stosowanych do ich budowy. Nie mniej istotny jest wpływ czynników hydrodynamicznych warunkujących przemieszczanie się osadów i przebudowę dna w otoczeniu budowli (Boniecka 2009).

W następstwie budowy opasek brzegowych często pogarsza się stan strefy brzegowej i nadbrzeża. Występuje również cofanie się podstawy wydmy lub klifu za opaską oraz rozmywanie brzegu na skrzydłach opaski tzw. „*link side effect*”, spowodowane nakładaniem się fal podchodzących skośnie do brzegu i fal odbitych od opaski.

Na wielu odcinkach polskiego wybrzeża, gdzie zastosowano różnego typu opaski brzegowe obserwowano erozję przedpola lub dna, redukcję lub całkowity zanik plaży wzdłuż opaski. Do takich miejsc należało Niechorze i Dziwnów na wysokości ciężkiego muru oporowego, Ustronie Morskie czy Jarosławiec (pomimo odmiennej konstrukcji), gdzie plaża uległa całkowitemu zniszczeniu.

Stosowanie w przeszłości różnych metody ochrony brzegu, istnienie falochronów portowych przecinających potok rumowiska wpłynęło znacząco na zmniejszenie ilości rumowiska dostarczanego do strefy brzegowej. Falochrony portowe spowodowały wynoszenie materiału na większe głębokości, ograniczyły swobodny wzdłużbrzegowy przepływ osadów, czego wynikiem były i nadal występują erozyjne zmiany po ich zaprządowej stronie. W warunkach wzrostu poziomu morza i czynników hydrodynamicznych oraz rozwoju miejscowości nadmorskich reakcją na występujące zagrożenia była budowa całych systemów ochronnych, które miały zahamować zachodzące procesy erozji. Jednak działania te do końca lat 80-tych ubiegłego wieku tylko częściowo spełniały swoją rolę. Z powodu licznych skutków ubocznych i narastającego deficytu osadów konieczne było podejmowanie coraz

intensywniejszych działań ochronnych na brzegach Bałtyku południowego. Poszukiwano rozwiązań, które byłyby w stanie zahamować wzmożone procesy erozyjne oraz wtórne przyczyny niszczenia brzegów, wywołane stosowanymi metodami ochrony. Takim rozwiązaniem okazało się sztuczne zasilanie strefy brzegowej osadami pochodzącymi z nagromadzeń piasków na dnie morskim oraz wykorzystanie urobku z prac czerpalnych na torach wodnych do wzmocnienia plaż po wschodniej stronie falochronów portowych.

Realizacja sztucznego zasilania jest szczególnie ważna tam gdzie wybudowano opaskę brzegową, co ma miejsce na analizowanym odcinku brzegu morskiego km: 368,55-369,69. Istotna jest również na odcinkach z ostrogami brzegowymi, które tylko w warunkach dostatecznej podaży osadów mogą spełniać swoją rolę, częściowego rozproszenia energii falowania oraz utrzymywania możliwie szerokiej i wysokiej plaży.

Analizowany odcinek brzegu morskiego jest poddany intensywnym procesom brzegowym. Dotychczasowe obserwacje i badania dowiodły, że budowa jedynie ostróg, opasek brzegowych czy wykonanie tylko sztucznego zasilania brzegu na tym odcinku nie jest wystarczające. Dopiero powiązanie różnych metod ochrony może skutecznie chronić brzeg. Jednak każdy z elementów systemu musi spełniać określone dla danego odcinka brzegu warunki techniczne.

Sztuczne zasilanie brzegu morskiego materiałem piaszczystym pozyskiwanym ze złóż morskich jest jedną z metod ochrony brzegu morskiego przyjętą do realizacji przez ustawę *o ustanowieniu programu wieloletniego „Program ochrony brzegów morskich”* (tj. Dz. U. z 2016 r., poz. 678). Podstawą uzyskania zakładanych rezultatów ochronnych jest taki dobór materiału zasilającego, aby posiadał on zbliżone parametry do materiału macierzystego lub był nieznacznie grubszy.

Na analizowanym odcinku brzegu km: 368,55-369,69 sztuczne zasilanie brzegu ma na celu odbudowę obszaru plaż i bliskiego podbrzeża poprzez narefulowanie i usypanie piasku morskiego w miejscu występowania opaski brzegowej. Prace refulacyjne są zabiegiem, poprawiającym bilans wyjściowy osadów budujących plażę i tworzą naturalny skłon do wygaszania falowania. Zmniejszają i stopniowo eliminują negatywne skutki występowania opaski, która poprzez odcięcie stopy i zbocza klifów od bezpośredniego oddziaływania morza znacznie ogranicza ilości materiału osadowego dostarczanego do strefy brzegowej. Powoduje to zwiększenie zagrożenia erozją plaży i skłonu brzegowego oraz konieczność cyklicznej odbudowy brzegu przez sztuczne zasilanie.

Projektowane zasilanie poprzez wzmocnienie jego parametrów w odniesieniu do założeń wykonanych w 2017 r. zmniejszy przenoszenie skutków ubocznych opaski na coraz dłuższe odcinki brzegu i występujący deficyt osadów w postaci zatoki erozyjnej oraz zredukuje towarzyszący opaskom efekt zmniejszenia szerokości plaży na wysokości budowli i w jej bezpośrednim sąsiedztwie. Pozwoli również w średnich warunkach hydrometeorologicznych na dłuższe utrzymanie się plaż o założonych parametrach wyjściowych.

Aby zapobiec degradacji plaży na wysokości opaski brzegowej i pogłębiania się zatoki erozyjnej na wschodnim zakończeniu odcinka projektowanego zasilania w ramach niniejszego opracowania zmodyfikowano założenia do sztucznego zasilania. Zwiększono objętość zasilania poprzez zmianę kształtu i położenia projektowanego nasypu. Podwyższono rzeczną projektowanej plaży, a tym samym zwiększono jeden z jej parametrów morfometrycznych- szerokość. Pozwoli to na dłuższe zatrzymanie osadów na opasce i na plaży, które stanowią będą zasobnik piasku stopniowo przemieszczającego się w kierunku przeważającego potoku rumowiska. Przy zwiększonej objętości zasilania na odcinku km: 368,55-369,69 rumowisko przemieszczające się w ruchu wzdłużbrzegowym pozwoli na dopływ osadów do strefy brzegowej nieobjętej zasilaniem i czasowe powstrzymanie dalszego niszczenia plaży na odcinkach przyległych.

Utrzymanie szerokich bezpiecznych plaż jest zadaniem kluczowym zarówno z ochronnego, jaki i społecznego i ekonomicznego punktu widzenia. Szerokie piaszczyste plaże nie tylko chronią mieszkańców miejscowości nadmorskich przed groźbą utraty życia lub majątku w wyniku powodzi sztormowej, ale stanowią podstawę rozwoju miejscowości nadmorskich i dobrobytu mieszkańców, ukierunkowanych na rozwój funkcji turystyczno-wypoczynkowej.

Przedmiotowe przedsięwzięcie polegające na sztucznym zasilaniu zagrożonego odcinka wybrzeża wiąże się z podjęciem rekomendowanych działań adaptacyjnych oraz eliminujących negatywne oddziaływanie na strefę brzegową takich zjawisk, jak: m.in. wzrost siły, liczby i czasu trwania sztormów oraz nieregularności ich występowania, wzrost poziomu morza, wzrost wysokości falowania, prędkości prądów czy warunków zlodzenia. W ich wyniku należy się spodziewać negatywnych zmian w strefie brzegowej, tj.:

- zwężania plaż i przesunięcia się linii brzegowej na obszar obecnego lądu,
- erozji wydm i klifów,
- zwiększenia odbrzegowego transportu osadów z plaży i wydmy na przybrzeże,
- erozji zaplecza budowli trwałych i niszczenie opasek i falochronów,
- zwiększenia liczby katastrof brzegowych (nagłych zmian brzegowych) w rejonach podlegających silnym wpływom antropogenicznym,
- podniesienia poziomu wody w zalewach, jeziorach przymorskich i zwiększenia zasięgu cofek w rzekach,
- podniesienia się poziomu wód gruntowych i ich zasolenia,
- zmiany flory i fauny na obszarach podtapianych i zatapianych („Strategiczny Plan Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030” (SPA2020).



## 1. OCENA STANU BRZEGU MORSKIEGO W REJONIE PLANOWANEGO SZTUCZNEGO ZASILANIA

Brzeg klifowy na odcinku Niechorze- Rewal stanowi wschodni fragment Wysoczyzny Rewalskiej rozciągającej się od km 367,00 do km 385,70. Znajduje się na obszarze Wybrzeża Trzebiatowskiego ciągnącego się wąskim pasem na północny-wschód od ujścia Dźwiny po Kołobrzeg, stanowiąc 56 kilometrowy odcinek linii brzegowej. W środkowej części Wybrzeża Trzebiatowskiego występują podcinane przez fale kępy morenowe. Na analizowanym odcinku pomiędzy Niechorzem, a Rewalem obserwujemy brzeg klifowy u podstawy, którego wybudowano opaskę brzegową chroniącą klif przed abrazją morską. Na niektórych odcinkach w górnej części klif pozostaje odkryty i odsłania obraz budowy geologicznej tego fragmentu wybrzeża. Pozbawiony roślinności, potencjalnie może ulegać erozji. Procesy geodynamiczne zachodzą, bowiem również na stoku klifu. Jednak z reguły na odcinkach chronionych opaskami zabezpieczającymi przed rozmyciem dolną część klifu wywoływane są czynnikami atmosferycznymi- intensywnymi opadami, przemarzaniem ściany klifu czy działalnością ludzką.

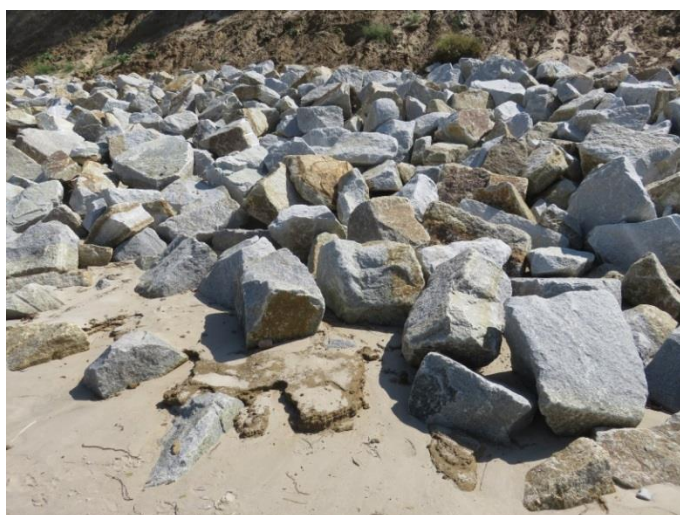
W obrębie klifowego brzegu morskiego między Śliwinem (obecnie Rewal), a Niechorzem wyróżnia się: gliny zwałowe formacji Śliwina, gliny zwałowe (bazalne) formacji Trzęsacza z poziomem inglacjalnych osadów piaszczysto-żwirowych, limnoglacialne i jeziorne osady późnoglacialne (mułki, gliny soliflukcyjne, gytia ilasta), holoceneskie osady jeziorne (gytia) i bagienne (torfy) oraz osady eoliczne z wkładkami torfów i gleb kopalnych (Dobracka, Dobracki 1995).

Według klasyfikacji Subotowicza (1982) pomiędzy Niechorzem a Trzęsaczem występuje typ klifu obrywowego. Wśród ruchów masowych dominują obrywy, a lokalnie występują spływy i zsuwy (Subotowicz 1982, Dobracka i Dobracki 1995, Dobracki 1999). Na odcinku klifu osłoniętym opaską obecne są tylko lokalne spływy gliny z krawędzi. Gлина budująca krawędź jest rozpuszczana po intensywnych opadach deszczu. W ten sposób górna część klifu może cofać się w wyniku rozwoju nisz i spływu jęzorów gliny do podnóża (fot.1 i fot.2).

Brzeg na odcinku Niechorze - Trzęsacz zbudowany jest z wychodni glin tworzących platformę abrazyjną, okresowo pokrytą cienką warstwą piasku plaży. Taką sytuację obserwowano podczas wizji terenowej w dniu 20 lipca 2018 r., kiedy to prawie na całym odcinku opaski wybudowanej w 2017 r. występowały rozmyte, bardzo płaskie plaże przykryte cienką warstwą piasku, lokalnie pokryte odsypami żwirowymi, co świadczy o deficycie materiału piaszczystego w podbrzeżu. Podczas spiętrzeń sztormowych ten luźny materiał jest usuwany, a gliny erodowane. Po opadach lub roztopach spływy gliny z klifu nakładają się na cienką warstwę piasku plaży (fot. 2).



**Fotografia 1. Fragment ściany klifu z obrywami materiału na opaskę narzutową**

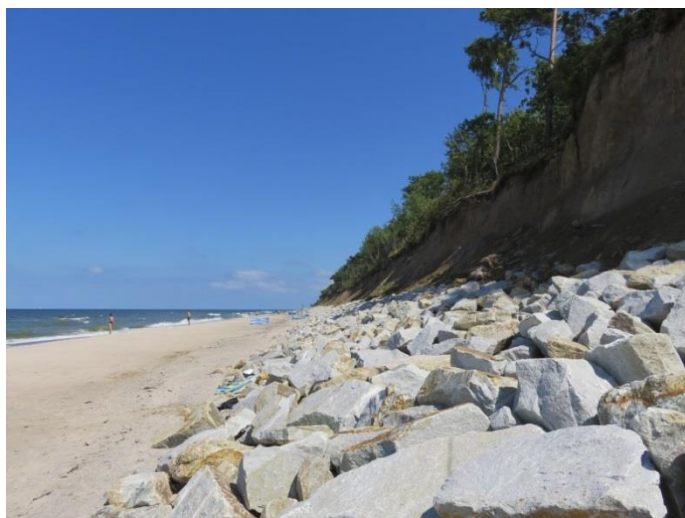


**Fotografia 2. Spływ jęzorów gliny do podnóża opaski narzutowej na odcinku projektowanego sztucznego zasilania**

Od 2009 r. plaże na wysokości opasek chroniących zabudowany klif w tych miejscowościach są systematycznie sztucznie zasilane osadami pochodzącymi z przebadanych nagromadzeń piasków na dnie morskim. Również przedmiotowy odcinek z opaską narzutową u podstawy klifu zostanie sztucznie zasilony piaskiem pochodzącym z nagromadzenia morskiego „Rewal”, zgodnie z wytycznymi wykonanymi w ramach niniejszej pracy.

Na odcinku km 368,55-369,69 średnia wysokość nadbrzeża (wg danych pochodzących ze skanowania laserowego morskiej strefy brzegowej wykonanego we wrześniu 2016 r.) wynosi 9,79 m n.p.m.  $\pm$  2,10 m. Korona klifu układa się na rzędnych od 12,80 m n.p.m. na profilu km 368.896 do 7,10 m n.p.m. na zachodnim zakończeniu odcinka – km 369,734. Pomiędzy Niechorzem, a Rewalem ( dawniej Śliwinem), szczególnie we wschodniej i centralnej części analizowanego odcinka brzegu morskiego, ściany klifu są prawie pionowe (fot. 3). Brzeg klifowy w tym rejonie, z uwagi na jego ochronę opaską narzutową, pozostaje w stadium aktywnej abrazji jedynie powyżej korony opaski, gdzie nadal możemy zaobserwować

przebieg procesów geodynamicznych takich, jak obrywy i zsuwy. Tuż za krawędzią opaski narzutowej występują ślady po spływie wód opadowych, które poprzez sączenia na zboczu klifu dodatkowo powodują jego erozję (fot. 4).



**Fotografia 3. Pionowe ściany klifu ponad opaską w centralnej i wschodniej części odcinka projektowanego sztucznego zasilania**



**Fotografia 4. Ślady po spływie wód opadowych**

Od poprzedniego okresu pomiarowego na bazie, którego przedstawiono niezbędną ilość materiału zasilającego dla uzyskania bezpiecznego profilu dla warunków sztormu 100-letniego stan brzegu uległ zmianie, co wymagało korekty założeń do sztucznego zasilania przedstawionych w 2017 r. (Boniecka i in., 2017).

W okresie 01.01.2016 - 28.03.2018 wystąpiło 6 znaczących sztormów, które przebudowały strefę brzegową i skutkowały zmniejszeniem odporności brzegu, rozmyciem plaż i odpływem osadów na większe głębokości. 4 z nich były zdarzeniami ostrzegawczymi (poziom wody wyższy lub równy 570 cm) i trwały od 4 do 16 godzin. Pozostałe dwa wezbrania sztormowe

trwały 39 i 41 h. Były to zdarzenia, podczas których przekroczony został poziom zarówno ostrzegawczy jak i alarmowy (Boniecka i in. 2017).

Sekwencyjność zdarzeń sztormowych, tj. występowanie bezpośrednio po sobie kolejnych sztormów wpłynęło na wielkości strat (ubytków osadów morskich) w strefie brzegowej. Taki przebieg sztormów uniemożliwia naturalną odbudowę strefy brzegowej i pogłębia straty erozyjne.

Już po zakończeniu prac pomiarowych (skaniny laserowe, batymetria), będących podstawą oceny stanu strefy brzegowej w 2017 r., w październiku, listopadzie, a potem grudniu 2016 r. wystąpiły spiętrzenia sztormowe, które usunęły część osadu z plaży i przemodelowały strefę brzegową. Pierwsze spiętrzenie sztormowe z poziomem morza 0,6 m powyżej średniego z dnia 05.10.2016 r. spowodowało obniżenie plaż. W trakcie kolejnych spiętrzeń poziom morza był podobny. Napływające fale sięgały podnóża klifu, powodując jego podmywanie. Na sąsiednim odcinku brzegu w Trzęsaczu chronionym opaską narzutową fale sięgały do około 2/3 wysokości opaski (o wys. 4,2 m n.p.m.). Podczas kolejnego spiętrzenia sztormowego z 04/06.01.2017 r. o nazwie Axel poziom morza osiągnął 1,5 m ponad poziom średni. Był to najwyższy poziom zaobserwowany od 1948 r. na stacji Kołobrzeg. Wówczas w Trzęsaczu napływająca na brzeg woda sięgała do górnej części opaski do wysokości 4 m n.p.m. erodując osad zgromadzony na plaży. Poziom morza podczas tego spiętrzenia, sięgający 1,5 m ponad średni oraz długi okres oddziaływania na brzeg, wpraw z kierunku NW a potem NE, zniszczył plaże na całym wybrzeżu (Łabuz 2017).

Na początku sezonu jesienno-zimowego 2017/18 w dniach 29/31.10.2017 r. wystąpiło spiętrzenie z poziomem morza 1,08 m ponad średni w Kołobrzegu. Podczas sztormu napływ fal sięgał na brzeg do wysokości 3,3 m n.p.m. Woda zalewała będącą w budowie opaskę, jednak nie powodując rozmywania ścian klifu ponad nią. Plaże odbudowane do jesieni zostały ponownie zupełnie zerodowane osiągając szerokość do 15 m (ibidem). W dniu 19/20.11.2017 na polskim wybrzeżu (dane ze stacji Kołobrzeg) wystąpiło nowe spiętrzenie sztormowe, z poziomem morza przekraczającym 0,70 m nad poziom średni. W grudniu wystąpiły kolejne dwa podpiętrzenia do 0,55 m powyżej poziomu średniego. Ich efektem było dalsze rozmywanie niskiej, wąskiej plaży. Z badań tempa erozji klifu na sąsiednim odcinku klifu w Trzęsaczu wynika, że od lipca do grudnia 2017 r. krawędź klifu na odcinku nieosłoniętym opaską cofnęła się średnio od 0,2 do 0,35 m, a na osłoniętym o około 0,1 m (Łabuz 2017). Od czasu zbudowania opaski procesy geodynamiczne zachodzące na klifie są efektem opadów i wysięków wód opadowych w górnej części klifu.

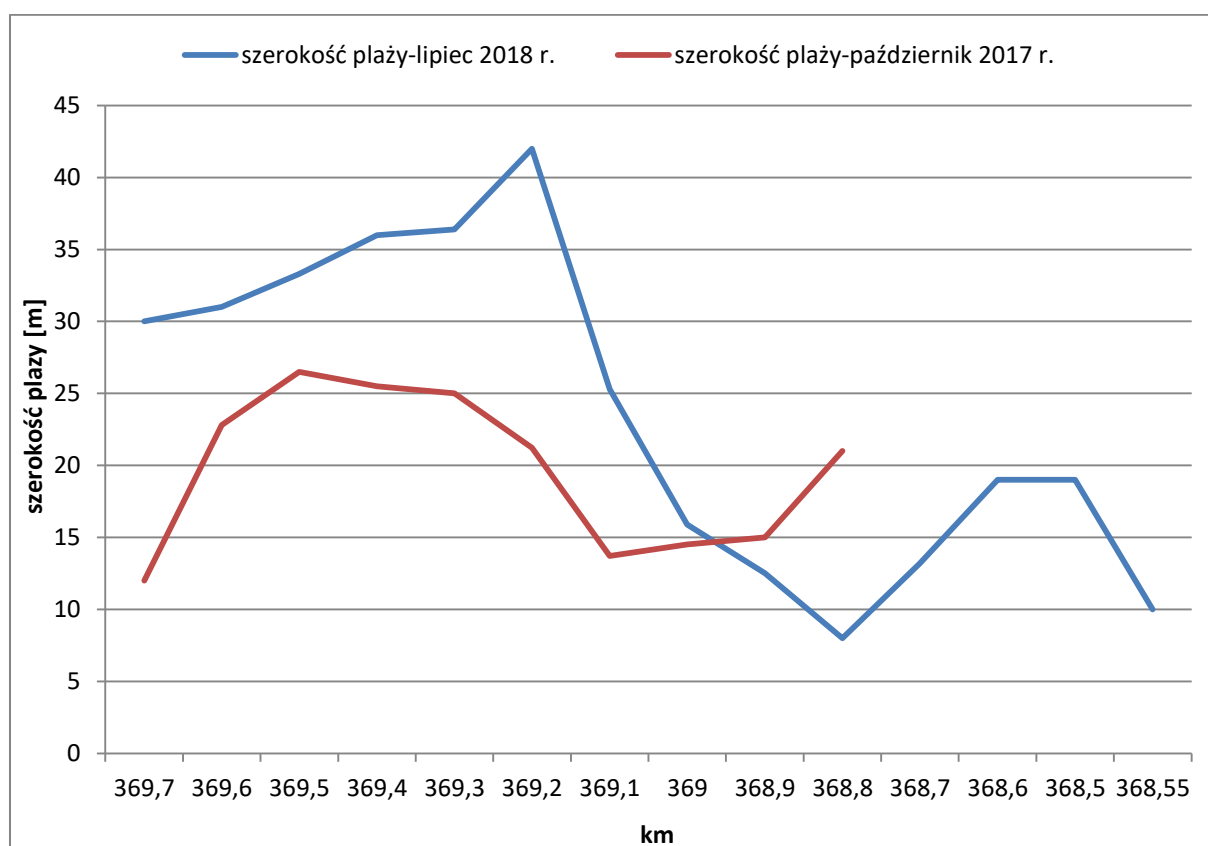
Pomimo, że od ostatniej dekady grudnia 2017 r. zarówno na stacji Dźwirzyno jak i w Kołobrzegu poziom morza kształtował się w zakresie wartości średnich i nie przekraczał stanów ostrzegawczych, zastany w lipcu br. stan brzegu morskiego pomiędzy Niechorzem, a Rewalem z płaską plażą o zmiennej szerokości malejącej w kierunku wschodnim, świadczy



o braku osadów, które mogłyby w naturalny sposób odbudować plażę i podbrzeże oraz ich formy morfologiczne.

W lipcu roku 2018 roku badania terenowe prowadzono na odcinku km 368,55-369,69, podczas gdy w październiku 2017 roku, z uwagi na trwającą budowę opaski narzutowej na odcinku km 369,7-368,8.

Z porównania wyników szerokości plaży uzyskanych z pomiarów wykonanych w latach 2017 -2018 wynika bardzo duża dynamika zmian zachodzących w pasie plaży (rys. 1). W roku 2018 średnia szerokość plaży zmierzona dla całego badanego odcinka wyniosła 23,69 m, podczas gdy w roku 2017 dla odcinka km 369,7-368,8 wyniosła 19,7 m. Szerokość plaży w roku 2018 waha się od 8 m na km 368,8 do 42 m na km 369,2, podczas gdy zakres szerokości plaży w roku 2017 był mniejszy. Szerokość plaży wahała się od 13,7 m na km 369,7 do 26,5 na km 369,5. Przyrost szerokości plaży uwidacznia się na każdym z profili z zakresu km 369,7-369,0, podczas gdy na odcinku wschodnim tj. w sąsiedztwie istniejącej opaski narzutowej (na wschód od km 369,0) w porównaniu z rokiem 2017 szerokość plaży zmalała.



Rysunek 1. Dynamiczne zmiany szerokości plaży na odcinku projektowanego sztucznego zasilania

Zachodnie zakończenie analizowanego odcinka (fot.5) charakteryzujące się największą szerokością plaży, pozostawało pod wpływem sztucznego zasilania brzegu morskiego wykonanego późną jesienią 2017 r. na przylegającym odcinku km: 369,70-370,20. Na 500 m odcinku brzegu odłożono 52 tys. m<sup>3</sup> osadów odpowiednich do sztucznego zasilania, pochodzących z nagromadzenia piasku na dnie morskim Pole 10 Rewal.

Natomiast zakończenie wschodnie (fot.6-fot.9), gdzie plaże były najwęższe pozostawało pod wpływem zatoki erozyjnej rozwijającej się na zakończeniu systemu ostróg i ciężkiej opaski brzegowej (muru oporowego).



Fotografia 5. Zachodnie zakończenie odcinka projektowanego



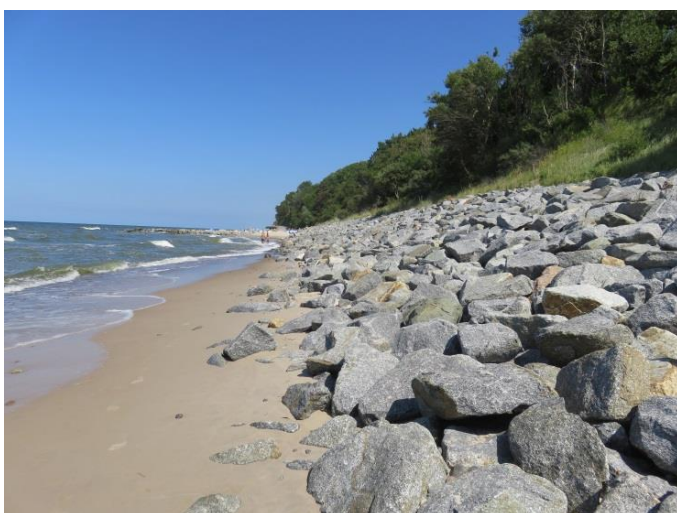
Fotografia 6. Płaska plaża, zwężająca się w kierunku wschodnim



Fotografia 7. Płaska, wąska plaża w centralnej części odcinka



Fotografia 8. Wschodnie zakończenie odcinka projektowanego



Fotografia 9. Zatoka erozyjna w sąsiedztwie zakończenia

Generalnie, w lipcu 2018 r., podobnie jak w roku 2017 i 2016 plaże w kategorii oceny morfometrycznej należały do klasy plaż wąskich, lokalnie średnich, co nie gwarantuje ich odporności na sztorm 100-letni. Ponadto nadal utrzymuje się znaczne obniżenie plaż do około 1,0-1,2 m n.p.m., co powoduje, że nawet przy niewielkich sztormach woda podchodzi pod opaskę, zalewając całą szerokość plaży. Dowodem na to jest występowanie u stopy opaski narzutowej minerałów ciężkich, złomu muszlowego i resztek organicznych (fot. 10 ).



**Fotografia 10. Ślady nabiegania fali na opaskę.  
Pozostawione minerały ciężkie, złom muszlowy i otoczaki**

Z dotychczasowych badań i obserwacji wynika, że w dobie zwiększającej się sukcesywnie liczby spiętrzeń sztormowych z poziomem morza 1 m ponad średni, wzrostu poziomu morza oraz istniejącego systemu erozyjno-akumulacyjnego wzdłuż brzegów Bałtyku południowego konieczne jest stosowanie sztucznego zasilania, szczególnie w rejonach, gdzie do ochrony brzegów klifowych przed erozją morską zastosowano opaski brzegowe (fot.11).



**Fotografia 11. Zalewanie plaży przy poziomie morza 516 cm**



Istnienie u podnóża ściany klifu chronionego opaską plaż o danej wysokości i szerokości ma decydujący wpływ na jego stabilność w odniesieniu do wzrostu aktywności czynników hydrodynamicznych. Im wyższa plaża (min. 2,5- 3,0 m n.p.m.) tym większa gwarancja stabilności klifu i opaski.

Oceniając stan strefy brzegowej należy mieć również na uwadze działania ochronne prowadzone na odcinku brzegu pomiędzy Niechorzem, Rewalem, a Trzęsaczem, które kształtują przebieg procesów morfo- i litodynamicznych w sąsiedztwie budowli ochrony brzegów morskich. Do czasu rozpoczęcia budowy opaski w 2017 r. przedmiotowy odcinek brzegu km: 368,55-369,69 nie był objęty działaniami ochronnymi. Na analizowanym odcinku brzegu nie prowadzono również sztucznego zasilania strefy brzegowej. Odcinek ten do 2017 r. pozostawał pod wpływem opasek narzutowych wykonanych na przełomie 2013/2014 r. (strona wschodnia) i w 2009 r. (strona zachodnia). Opaska narzutowa o tożsamej konstrukcji od km 369,74 biegnie dalej z niewielkimi przerwami, aż do Pustkowa.

W latach 2009-2017 na odcinkach brzegu morskiego pomiędzy Niechorzem, a Rewalem sąsiadujących z odcinkiem km: 368,55-369,69 wykonano 4 refulacje plaży. Łącznie odłożono około 578 tys. m<sup>3</sup> piasku, w tym na odcinku położonym na zachód od km 369,69 odłożono około 485 tys. m<sup>3</sup>, zaś na 630 m odcinku na wschód od km 368,78 - 93 tys. m<sup>3</sup> piasku pochodzącego z nagromadzeń podmorskich.

Zarówno w październiku 2017 r. (fot.12), jak i w lipcu br. na zachodnim zakończeniu systemu ostróg i muru oporowego plaża była węższa z widocznie zarysowaną zatoką erozyjną. Dalej w kierunku zachodnim obserwujemy lokalne zwiększenie szerokości plaży, będące efektem sztucznego zasilania brzegu morskiego wykonanego w listopadzie 2017 r. Stan opaski był bardzo dobry bez cech zniszczeń i nieregularności położenia narzutu (fot. 13).

Dotychczasowe zasilanie odcinka klifowego pomiędzy Niechorzem, Rewalem i Trzęsaczem, podobnie jak pozostałych zasilanych odcinków otwartego morza pozwoliło na lokalne powstrzymanie erozji plaży i stopy klifu oraz czasowe wzmocnienie odporności przyległego podbrzeża na działanie ekstremalnych czynników hydrodynamicznych.



Fotografia 12. Zakończona budowa strony wschodniej odcinka opaski narzutowej i jej połączenie z istniejącą opaską z 2013/2014 r. W oddali widoczna zatoka erozyjna na zakończeniu grupy ostróg ( październik 2017 r.)



Fotografia 13. Stan plaży i opaski z utrzymującą się zatoką erozyjną na zakończeniu grupy ostróg i muru oporowego (lipiec 2018 r.)

## 2. ANALIZA PORÓWNAWCZA OSADÓW ZE ZŁOŻA I STREFY BRZEGOWEJ W ASPEKcie WYZNACZENIA NIEZBĘDNYCH OBJĘTOŚCI OSADÓW DO SZTUCZNEGO ZASILANIA

Badania nad litodynamiką odcinka brzegu pomiędzy Niechorzem, a Trzęsaczem wskazują na dużą średnicę osadu w podbrzeżu i jego słabe i umiarkowanie dobre wysortowanie oraz częste usuwanie w głąb morza z powierzchni glin plejstocénskich (Racinowski 1996). Potwierdzają to badania osadów strefy brzegowej oraz zmiany zaobserwowane na przekrojach batymetrycznych z tego rejonu sporządzone przez Urząd Morski w latach: 2004, 2009 i 2012 r., wykazujące m.in. wynoszenie osadu z płytkiego podbrzeża do stref głębokowodnych (Boniecka i in. 2013).

Piasek tworzący plażę i podbrzeże w rejonie brzegu przewidzianym do zasilania (km368,55-369,69) został określony pod względem wielkości ziaren przez ZHM IM w 2017 r. Pobrano wówczas 64 próby powierzchniowe oraz zbadano ich uziarnienie (Boniecka i in. 2017).

Uzyskane wyniki analiz granulometrycznych opracowano w sposób pozwalający na ocenę osadów strefy plażowej i podbrzeża oraz jako parametry zbiorcze umożliwiające analizę porównawczą z osadami przewidzianymi do refulacji. W trakcie badań terenowych przeprowadzonych w październiku 2017 r. z uwagi na trwającą budowę opaski narzutowej, osad na plaży był silnie zmieszany. Formy morfologiczne zostały tymczasowo rozjechane przez ciężki sprzęt i składowiska głazów. Ponadto wysoki poziom wód gruntowych oraz wezbrania sztormowe poprzedzające badania terenowe spowodowały silne nawodnienie osadów plażowych i ich rozluźnienie. Charakterystykę granulometryczną tego materiału przedstawia tabela 1 (Boniecka i in. 2017).

**Tabela 1. Średnie wskaźniki granulacji piasku na brzegu przeznaczonym do zasilania brzegu pomiędzy Niechorzem, a Rewalem km: 368,55 do km 369,70**

	Plaża	Plaża + linia wody	Plaża + linia wody + podbrzeże
	(mm)	(mm)	(mm)
d16	0,5859	0,5850	0,6757
d25	0,5026	0,5052	0,5229
d50	0,3794	0,3788	0,3541
d75	0,2886	0,2860	0,2558
d84	0,2529	0,2486	0,2208

W ramach niniejszej pracy ponownie opróbowano rejon między Rewalem, a Niechorzem (km 368,55-369,69) zgodnie z zasadami banku danych o strefie brzegowej BRZEG. Poboru prób dokonano w systemie morfologicznym, na 6 profilach, oddalonych od siebie o 200 m (profil

pierwszy km 368,70, profil ostatni 369,70) z 3-4 form morfologicznych na profilu (podnóże klifu, środek plaży, wał brzegowy i linia wody).

### Charakterystyka osadów strefy brzegowej

Dnia 20.07.2018 roku w rejonie Rewala-Niechorza pobrano łącznie 22 próby osadu (z plaży i linii brzegowej). Z uwagi na niewielką różnorodność osadów odstąpiono od graficznego przedstawienia otrzymanych wyników analizy granulometrycznej. Korzystając z metody Folk'a i Ward'a dokonano klasyfikacji osadu. Osady stanowiły przede wszystkim piaski średnioziarniste (10 próbek-45,45%) i gruboziarniste (10 próbek-45,45%). Pozostałe 2 próbki-9,1% reprezentowane były przez piasek drobnoziarnisty (próbka z środka plaży na km 369,3 i próbka z wału brzegowego na km 369,5).

Wartość średniej średnicy ziaren waha się od 0,392 mm dla osadów z podnóża klifu do 0,547 mm dla osadów z linii wody. Wartość mediany osadów plażowych waha się od 0,405 mm dla podnóża klifu do 0,446 mm dla osadów z wału brzegowego. Mediana dla osadów z linii wody wynosi 0,472 mm (tab. 2).

**Tabela 2. Uśrednione wartości wskaźników uziarnienia dla poszczególnych form morfologicznych na odcinku km: 368,70-369,70**

Forma morfologiczna	Wskaźnik uziarnienia				
	Mz	$\delta I$	Skl	Kg	Md
Podnóże klifu	0,392	0,667	0,929	0,510	0,405
Środek plaży	0,447	0,677	0,850	0,508	0,470
Wał brzegowy	0,437	0,663	0,927	0,508	0,446
Linia wody	0,547	0,564	1,106	0,566	0,472

Wartość średniej średnicy na poszczególnych profilach waha się od 0,286 mm na km 369,5 do 0,624 mm na km 368,7. Wartość mediany waha się od 0,286 mm na km 369,5 do 0,638 mm na km 368,9 (tab. 3).

**Tabela 3. Uśrednione parametry uziarnienia na odcinku km: 368,70-369,70**

km	Mz	$\delta I$	Skl	Kg	Md
368,7	0,624	0,465	1,071	0,606	0,502
368,9	0,615	0,580	0,920	0,481	0,638
369,1	0,365	0,669	0,882	0,535	0,380
369,3	0,404	0,689	0,912	0,547	0,412
369,5	0,286	0,664	1,000	0,524	0,286
369,7	0,528	0,715	0,987	0,462	0,528

Większość ze zbadanych prób charakteryzowała się umiarkowanie dobrym wysortowaniem (68,18%- 15 próbek z 22), co wskazuje na podwyższone wahania energii ruchu falowego i jej fluktuacji. Cztery próbki charakteryzowały się umiarkowanym wysortowaniem (18,18%), dwie dobrym (próbka z linii wody na km 368,9 i próbka z wału brzegowego na km 368,9). Jedna próbka, z linii wody na km 368,7 (4,55%) charakteryzowała się bardzo dobrym

wysortowaniem. Zbadane próbki osadów charakteryzowały się w większości rozkładem bardzo dodatnio skośnym (17 próbek z 22-77,27%) i skośnym (5 próbek z 22-22,73%).

Wszystkie 22 próbki charakteryzują się rozkładem platykurtycznym. Oznacza to, że w zbiorze było dużo wyników skrajnych, natomiast mało wyników zbliżonych do wartości średniej. Bardzo dodatni rozkład osadów występuje wtedy, gdy większość wyników jest poniżej średniej.

Fracją dominującą w zbadanych próbkach osadów jest frakcja 0,25-0,50 mm (12 z 22 próbek-54,55%). Jej zawartość waha się od 55,58% do 99,02%. Średnia zawartość frakcji 0,25-0,5 mm w zbadanych osadach wynosi 75,44%. Dla 9 próbek fracją dominującą jest frakcja 0,5-1 mm (40,90%), a dla jednej, pobranej z wału brzegowego na km 369,5 frakcja 0,25-0,125 mm (4,55%).

Średnie wskaźniki granulacji piasku na brzegu pomiędzy Rewalem a Niechorzem km: 368,70-369,70 w lipcu 2018 r. przedstawia tabela 4.

**Tabela 4. Średnie wskaźniki granulacji piasku na brzegu pomiędzy Rewalem a Niechorzem km: 368,70-369,70 w lipcu 2018 r.**

	Plaża	Plaża + linia wody
	(mm)	(mm)
d16	0,646	0,905
d25	0,583	0,776
d50	0,438	0,447
d75	0,323	0,324
d84	0,274	0,277

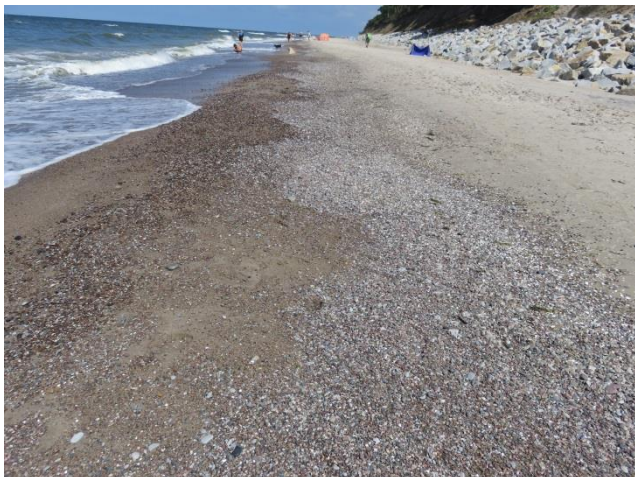
Porównując wyniki analizy sitowej wykonanej w lipcu 2018 roku z wynikami analizy sitowej z października 2017 roku zauważono wzrost wartości średniej średnicy ziaren zarówno dla osadów plażowych jak i z linii wody (tab. 5). Wtedy, podobnie jak i teraz dominowały osady umiarkowanie dobrze wysortowane.

**Tabela 5. Porównanie średniej mediany dla osadów plażowych i z linii wody w roku 2017 i 2018 dla odcinka 368,7-369,7**

Parametr uziarnienia	2017 rok		2018 rok	
	Plaża	Linia wody	Plaża	Linia wody
Mediana	0,379	0,378	0,444	0,472

W roku 2018 osady stały się bardziej jednorodne, biorąc pod uwagę parametr skośności i kurtozy. W październiku 2017 roku wartości tych wskaźników uziarnienia były zróżnicowane z uwagi na to, że podczas pobierania prób osadów, na analizowanym odcinku trwały prace

budowlane związane z budową opaski. W bieżącym roku próbki osadów pobrane zostały w lipcu, a więc osad plażowy uległ segregacji podczas zimowo-wiosennych sztormów, drobniejszy osad został wyniesiony na większe głębokości. Występowanie grubszych osadów jest potwierdzeniem zachodzących procesów abrazyjnych (fot. 14).



Fotografia 14. Odsypy żwirowe na plaży w rejonie km 368,75

Potencjalnym źródłem materiału do zasilania odcinka brzegu pomiędzy Niechorzem, a Rewalem km: 368,55-369,69 są morskie pola poboru piasku w Rewalu oznaczone numerami od 1 do 10. Pola te zostały przebadane i wyznaczone na potrzeby sztucznego zasilania brzegów pomiędzy Niechorzem-Rewalem-Trzęsaczem. Pola w obszarze „Rewal” zostały wyznaczone i zbadane przez Państwowy Instytut Geologiczny w roku 2010 (Kramarska, Przeździecki 2010). Określone wówczas podstawowe parametry uziarnienia piasku na tych polach (PIG) przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Podstawowe parametry uziarnienia piasku na wybranych polach poboru w Rewalu (na podstawie Kramarska, Przeździecki 2010)

Numer pola poboru w Rewalu	d16	d50	d84
	(mm)	(mm)	(mm)
1	0,3936	0,2796	0,1960
2	0,4491	0,2762	0,1789
3	0,4249	0,2920	0,1935
4	0,3315	0,2373	0,1498
5	0,5405	0,3090	0,1863
6	0,6714	0,2788	0,1428
7	0,4336	0,2657	0,1725
8	0,9691	0,3427	0,1778
9	0,5339	0,3348	0,2371
10	1,2287	0,3367	0,1643



Przydatność piasku z podmorskich pól złożowych w Rewalu do zasilania brzegu w rejonie Niechorza-Rewala od km 368,55 do km 369,69 zbadano (ZHM IM), porównując charakterystyki uziarnienia piasku z tych pól (tab. 6) z odpowiednimi charakterystykami uziarnienia piasku pochodzącego z plaży linii wody i podbrzeża wymienionego wyżej rejonu przeznaczonego do zasilania. Wyniki badań zamieszczono powyżej w tabelach 1 i 4.

Porównanie uziarnienia materiału macierzystego (brzeg morski pomiędzy Niechorzem, a Rewalem km: 368,55-369,69) oraz materiału przewidzianego do zasilania (nagromadzenia piasku na dnie morskim na polach poboru Rewal), metodą Jamesa, pozwoliło na wybór najkorzystniejszego pola poboru materiału do sztucznego zasilania brzegu w tym rejonie. Z analizy współczynników  $R_A$  i  $R_J$  wynika, że pod względem dopasowania materiału zasilającego do materiału występującego na miejscu zasilania, przydatne do zasilania rozpatrywanego odcinka brzegu są, według przyjętej metody: **Pole 8 albo Pole 10 lub jednocześnie Pola 8 i 10 - w zależności od aktualnej zasobności tych pól**. Pozostałe pola charakteryzują się zbyt wysokimi wartościami  $R_A$  i  $R_J$ .

W związku z powyższym do określenia objętości piasku potrzebnej do uzyskania początkowego kształtu nasypu zastosowano, jako mnożnik wskaźnik  $R_A = 1,25$  – jako średnia wartość ze wskaźników obliczonych dla Pola 8 i 10, a do określenia powtarzalności zasilań wskaźnik  $R_J = 0,46$  - obliczony dla Pola 8. W przypadku pobierania materiału do zasilania z Pola 8 lub 10 w Rewalu lub z obu tych pól jednocześnie utrzymanie początkowego kształtu nasypu będzie wymagało corocznego dodatkowego zasilania uzupełniającego równego ok. 46 % objętości dawki wyliczonej na podstawie innych czynników erozji nasypu ( $R_J = 0,46$ ). Należy jednak zrobić zastrzeżenie, że określając dawkę pierwszego zasilania uzupełniającego powinno się zastosować  $R_J = 1$ .

Należy podkreślić, że z Pola 8 i 10 w Rewalu był już czerpany materiał do zasilania brzegu. W związku z tym byłoby wskazane sprawdzenie, jaką objętość piasku można obecnie uzyskać (wydobyć) z tych pól. Nie mniej przy zasobach pola 8 oszacowanych na 1,89 mln m<sup>3</sup> piasku, jego dotychczasowe wykorzystanie nie powinno wpłynąć, na jakość planowanych prac.

### 3. OKREŚLENIE KSZTAŁTU I POŁOŻENIA PROPONOWANEGO NASYPU

W celu powstrzymania dalszego rozmywania plaży na wysokości opaski brzegowej i rozwijającej się zatoki erozyjnej na jej wschodnim zakończeniu, w ramach niniejszego opracowania zmodyfikowano założenia do sztucznego zasilania brzegu pomiędzy km 368,55, a km 369,69. Zwiększono objętość zasilania poprzez zmianę kształtu i położenia projektowanego nasypu. Podwyższono rzędną projektowanej plaży do wysokości średnio + 2,8 m n. p. m., a tym samym zwiększono jeden z jej parametrów morfometrycznych-szerokość, do średnio 56,0 m. Nachylenie ku morzu powierzchni sztucznego nasypu plaży wyniesie 1:20 na całej długości zasilanego odcinka brzegu. Nasyp plażowy będzie przechodził ku morzu w kierunku prostopadłym do brzegu w nasyp podwodny wypełniający bliskie podbrzeże. Nachylenie ku morzu powierzchni nasypu podwodnego na przeważającej części zasilanego odcinka brzegu to 1:40.

Pozwoli to na dłuższe zatrzymanie osadów na opasce i na plaży, które stanowić będą zasobnik piasku stopniowo przemieszczającego się w kierunku przeważającego potoku rumowiska. Przy zwiększonej objętości zasilania na odcinku km: 368,55-369,69 przemieszczające się rumowisko pozwoli na dopływ osadów do strefy brzegowej nieobjętej zasilaniem i czasowe powstrzymanie niszczenia plaży na sąsiednich, umocnionych opaską narzutową odcinkach brzegu morskiego. Ponadto zmniejszy się możliwość przelewania wody ponad opaską podczas spiętrzeń sztormowych oraz rozmywania klifu za opaską.

Z uwagi na turystyczno-rekreacyjno-wypoczynkowe funkcje tego rejonu oraz wartości przyrodnicze system ochronny powinien zapewnić istnienie odpowiednio szerokich plaż i możliwie naturalny wygląd brzegu. Sztuczne zasilanie brzegu jest jedyną metodą umożliwiającą uzupełnienie osadów strefy brzegowej na wysokości opaski brzegowej i zmniejszenie jej negatywnego oddziaływania na obszary sąsiednie.

Podstawowe linie wyznaczające kształt i położenie nasypu sztucznego zasilania, to jest izohipsę  $\pm 0,0$  m po zasilaniu, oraz granicę nasypu sztucznej plaży od strony lądu pokazano na mapie (rys.1). Na rysunkach od 2 do 29 przedstawiono przekroje poprzeczne planowanego nasypu. Są one w tych samych płaszczyznach, co przekroje w projekcie opaski (rys.1- mapa) Odległości między przekrojami są nieco zróżnicowane, wartości te oscylują wokół 40 m, średnia odległość to 40,4 m. Wyjątek to 5-metrowy zaledwie odstęp między przekrojami km 369,401 i km 369,406. Rysunki przekrojów nasypu są załącznikami do opracowania. Takie rozmieszczenie przekrojów wynika z dostarczonych przez Zamawiającego materiałów pomiarowych.

Przy określaniu kształtu i położenia nasypu sztucznego zasilania (rys. 2-29, tab. 7) zastosowano wyniki pomiarów geodezyjnych strefy lądowej wykonane 21 września 2016 r. (firma GEOMAR) oraz mapę sytuacyjno-wysokościową sporządzoną na podstawie ww. pomiarów (GEOMAR). Wykorzystano również elementy projektu "*Budowa opaski pomiędzy*



Niechorzem a Rewalem km 368,55-369,74" firmy LUGO PROJEKT z listopada 2016 r. - w postaci planu opaski na ww. mapie oraz przekrojów brzegu z opaską. Mapę z naniesionym planem opaski wykorzystano (ZHM IM) do przedstawienia wyżej wspomnianych linii charakterystycznych nasypu sztucznego zasilania (rys.1-mapa). Dane liczbowe, w tym współrzędne punktów, potrzebne do obliczeń odczytywano z mapy oraz rysunków przekrojów. Pomiary batymetryczne przeznaczonego do zasilania odcinka brzegu pomiędzy Niechorzem, a Rewalem wykonał Urząd Morski w Szczecinie w dniach 03, 29 i 30 sierpnia 2017 r. Wyniki tych pomiarów w postaci danych liczbowych wykorzystano w opracowaniu niniejszych założeń. Przy określaniu kształtu i położenia nasypu uwzględniono również aktualny stan brzegu morskiego (lipiec 2018 r.) w rejonie projektowanego sztucznego zasilania.

W tabeli 7 przedstawiono podstawowe parametry nasypu sztucznego zasilania w poszczególnych przekrojach. W tabeli tej podano również dla każdego przekroju współrzędne punktu izohipsy  $\pm 0,0$  m przed zasilaniem (kol. 5 i 6) i po zasilaniu (kol. 7 i 8) oraz współrzędne punktu granicy nasypu sztucznej plaży od strony lądu (kol. 3 i 4).

Współrzędne punktów podano w układzie PUWG 2000/15, wysokości i głębokości podano w układzie odniesienia Kronsztadt 86.

## **Charakterystyka kształtu i położenia proponowanego nasypu**

Wyróżniono następujące charakterystyczne odcinki proponowanego nasypu:

### **Odcinek od km 368,550 do km 368,639 (długość ok. 90 m)**

Wschodnie zakończenie nasypu. Aktualnie znajduje się ono w strefie plaży zwężającej się w kierunku zakończenia grupy ostróg. Jest to odcinek skrajny o długości ok. 90 m, gdzie nasyp łączy się z plażą istniejącą. Od km 368,550 do km 368,639 nasyp stopniowo powiększa się. Skrajny zachodni przekrój (km 368,639), gdzie plaża nasypiana osiąga już pełne wymiary - szerokość 56,0 m i wysokość przy opasce +2,80 m n.p.m., stanowi wschodnią granicę strefy wyerodowanej istniejącej plaży, rozciągającej się dalej ku zachodowi. Przekroje tego odcinka nasypu przedstawiono na rysunkach od 2 do 4.

### **Odcinek od km 368,639 do km 368,806 długość ok. 167 m)**

Jest to odcinek przejściowy, na którym istniejąca plaża zwęża się stopniowo ku zachodowi - do szerokości ok. 8 m, na km 368,80 (lipiec 2018 r.). Planowane przesunięcie izohipsy  $\pm 0,0$  m ku morzu wynosi średnio 16,8 m. Przewidywana średnia szerokość nasypowanej plaży na tym odcinku to 56,2 m. Średnia rzędna plaży przy opasce +2,8 m. Przekroje tego odcinka nasypu przedstawiono na rysunkach od 4 do 8.

**Odcinek od km 368,806 do km 369,195 (długość ok. 389 m)**

Jest to zasadniczy odcinek brzegu przewidzianego do sztucznego zasilania, gdzie nasyp osiąga największe parametry. Ta część planowanego nasypu charakteryzuje się plażą o średniej szerokości 56,9 m i średniej rzędnej przy opasce +2,86 m. Przewidziano przesunięcie izohipsy  $\pm 0,0$  m ku morzu średnio o 33,1 m. Na tym odcinku, na km 369,109 wystąpi maksymalne dla całego nasypu przesunięcie izohipsy  $\pm 0,0$  w stronę morza, które wyniesie 37,9 m. Przekroje tej części nasypu zamieszczono na rys. od 8 do 17.

**Odcinek od km 369,195 do km 369,604 (długość ok. 406 m)**

Na tym odcinku wysunięcie ku morzu izohipsy  $\pm 0,0$  po zasilaniu jest mniejsze i wynosi średnio 25,6 m. Średnia szerokość nasypanej plaży będzie wynosić 56,4 m, a średnia rzędna plaży przy opasce to +2,84 m. Przekroje tej części nasypu przedstawiono na rys. od 17 do 28.

**Odcinek od km 369,604 do km 369,690 (długość ok. 96 m)**

Zachodnie zakończenie nasypu. W przekroju km 369,604 nasypana plaża posiada jeszcze pełne wymiary to jest szerokość równą 56,0 m oraz wysokość przy opasce +2,80 m n. p. m. Dalej ku zachodowi nasypana plaża stopniowo zmniejsza się, zanika, a w przekroju km 369,690, gdzie znajduje się przerwa w opasce, przechodzi w plażę istniejącą. Na zachodnim zakończeniu projektowanego nasypu 25 m brzegu zajmuje geologiczne stanowisko dokumentacyjne, na wysokości którego rzędna plaży powinna pozostać na niezmiennym poziomie. Przekroje tego odcinka nasypu znajdują się na rysunkach 28 i 29.

**Tabela 7. Podstawowe parametry oraz współrzędne określające kształt i położenie nasypu sztucznego zasilania pomiędzy Niechorzem, a Rewalem  
km: 368,55 do km 369,69**

Średnia rzędna powierzchni plaży na granicy nasypu od strony lądu (punkt P <sub>L</sub> ) - ok. +2,8 m n.p.m., a średnia szerokość nasypanej plaży ok. 56 m												
Przekrój	Azymut przekroju	Współrzędne punktów podstawowych linii wyznaczających kształt i położenie nasypu						Parametry sztucznej plaży i sztucznego podbrzeża w przekrojach				
		P <sub>L</sub> - punkt granicy nasypu od strony lądu		P <sub>0</sub> - punkt izohipsy "0" wg pomiaru <sup>1), 2)</sup>		P <sub>OZ</sub> - punkt izohipsy "0" po zasilaniu		Przesunięcie ku morzu izohipsy "0" względem P <sub>0</sub>	Rzędna nasypu w punkcie P <sub>L</sub>	Szerokość plaży	Spadek powierzchni plaży	Spadek powierzchni nasypu podwodnego
		PUWG 2000/15		PUWG 2000/15		PUWG 2000/15						
	X <sub>L</sub>	Y <sub>L</sub>	X <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	X <sub>OZ</sub>	Y <sub>OZ</sub>						
(km)	(grady)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
368,555	376,276	5995874,09	5503579,80	5995897,02	5503570,84	5995898,06	5503570,43	1,1	1,29	25,7	0,05	0,025
368,599	376,311	5995852,59	5503541,01	5995889,50	5503526,60	5995895,34	5503524,32	6,3	2,32	45,9	0,05	0,025
368,639	376,271	5995833,83	5503504,89	5995870,94	5503490,38	5995885,99	5503484,50	16,2	2,80	56,0	0,05	0,025
368,682	376,265	5995818,97	5503465,08	5995857,01	5503450,20	5995871,13	5503444,68	15,2	2,80	56,0	0,05	0,025
368,725	376,312	5995803,02	5503425,17	5995841,86	5503410,01	5995855,19	5503404,81	14,3	2,80	56,0	0,05	0,025
368,766	376,387	5995787,82	5503387,13	5995825,25	5503372,57	5995840,01	5503366,83	15,8	2,80	56,0	0,05	0,025
368,806	376,456	5995771,59	5503349,95	5995803,75	5503337,48	5995824,67	5503329,37	22,4	2,88	56,9	0,05	0,025
368,852	376,478	5995753,45	5503307,94	5995778,72	5503298,15	5995807,54	5503286,99	30,9	2,94	58,0	0,05	0,025
368,896	376,411	5995737,13	5503267,14	5995760,88	5503257,91	5995791,12	5503246,16	32,4	2,93	57,9	0,05	0,025
368,938	376,512	5995721,39	5503227,94	5995747,57	5503217,82	5995775,29	5503207,10	29,7	2,92	57,8	0,05	0,025
368,982	376,466	5995705,33	5503186,64	5995727,36	5503178,11	5995758,70	5503165,97	33,6	2,89	57,2	0,05	0,025
369,023	376,330	5995690,69	5503149,08	5995709,21	5503141,86	5995743,57	5503128,46	36,9	2,87	56,8	0,05	0,025
369,067	376,342	5995674,74	5503107,69	5995692,30	5503100,85	5995726,92	5503087,36	37,2	2,80	56,0	0,05	0,025
369,109	376,339	5995659,46	5503068,69	5995676,36	5503062,10	5995711,64	5503048,35	37,9	2,80	56,0	0,05	0,025
369,152	376,364	5995643,64	5503028,29	5995663,41	5503020,59	5995695,83	5503007,97	34,8	2,80	56,0	0,05	0,025

Wykonanie aktualizacji wytycznych do sztucznego zasilania brzegu pomiędzy Niechorzem a Rewalem

km: 368,55-369,69

369,195	376,326	5995628,27	5502989,05	5995647,96	5502981,37	5995680,44	5502968,70	34,9	2,80	56,0	0,05	0,025
369,238	376,336	5995610,43	5502949,09	5995636,27	5502939,01	5995662,60	5502928,75	28,3	2,80	56,0	0,05	0,025
369,277	376,322	5995594,51	5502914,17	5995622,83	5502903,12	5995647,63	5502893,45	26,6	2,88	57,0	0,05	0,025
369,313	376,385	5995579,79	5502880,71	5995608,24	5502869,64	5995633,00	5502860,01	26,6	2,90	57,1	0,05	0,025
369,358	376,123	5995562,28	5502838,77	5995589,40	5502828,09	5995614,38	5502818,25	26,9	2,80	56,0	0,05	0,025
369,401	376,405	5995545,43	5502799,23	5995574,32	5502788,00	5995597,62	5502778,94	25,0	2,80	56,0	0,05	0,025
369,406	376,371	5995543,45	5502794,81	5995572,45	5502783,52	5995595,64	5502774,49	24,9	2,80	56,0	0,05	0,025
369,443	376,517	5995527,60	5502761,01	5995557,47	5502749,46	5995580,36	5502740,61	24,5	2,86	56,6	0,05	0,025
369,485	376,311	5995510,40	5502723,65	5995539,66	5502712,23	5995563,47	5502702,94	25,6	2,88	57,0	0,05	0,025
369,528	376,308	5995492,40	5502683,84	5995525,40	5502670,96	5995545,57	5502663,09	21,6	2,89	57,1	0,05	0,025
369,565	376,209	5995477,81	5502650,59	5995511,63	5502637,33	5995530,47	5502629,94	20,2	2,86	56,6	0,05	0,025
369,604	376,257	5995462,05	5502614,35	5995492,96	5502602,26	5995514,20	5502593,95	22,8	2,80	56,0	0,05	0,025
369,645	376,383	5995445,48	5502576,55	5995470,47	5502566,83	5995489,38	5502559,48	20,3	2,38	47,1	0,05	0,025
Wartości średnie od km 368,682 do km 369,565 (bez zakończeń)								27,2	2,85	56,6	0,05	0,025
Wartości średnie od km 368,555 do km 369,645								24,7	2,75	54,7	0,05	0,025
1) $P_0$ jest punktem określonym na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych wykonanych 21 września 2016 r. (GEOMAR S.A.)												
2) W układzie płaszczyzny przekroju pomiarowego (rys. od 2 do 28) dla punktu $P_0$ zachodzi $L = 0,0$												
3) Współrzędne punktu skrajnego (zachodniego) nasypu: (PW) - $X = 5995446,44$ m , $Y = 5502517,19$ m; współrzędne punktu skrajnego (wschodniego) nasypu: (PE) - $X = 5995897,76$ m , $Y = 5503575,94$ m												

#### 4. WYZNACZENIE NIEZBĘDNYCH IŁOŚCI MATERIAŁU ZASILAJĄCEGO DLA UZYSKANIA BEZPIECZNEGO PROFILU DLA WARUNKÓW SZTORMU 100- LETNIEGO

W tabeli 8 podano powierzchnie przekrojów nasypu, wzajemne odległości przekrojów, oraz wynikające stąd kubatury nasypu na poszczególnych odcinkach brzegu (między przekrojami), a także całkowitą objętość proponowanego nasypu sztucznego zasilania, oraz objętość piasku potrzebną do uzyskania niezbędnej objętości nasypu przy założeniu, że materiał do zasilania będzie pobierany ze złoża morskiego w Rewalu oznaczonego, jako Pole 8 lub Pole 10. Objętość przedstawionego nasypu obliczona na podstawie jego wymiarów wynosi około  $118\,686\text{ m}^3$  (tab.8). Całkowita długość nasypu, który wraz z zakończeniami będzie narefulowany od około km 368,550 do około km 369,690, wyniesie w przybliżeniu ok. 1140 m. Na 1 mb długości nasypu, bez uwzględnienia współczynnika  $R_A$ , przypadnie zatem średnio około  $104,1\text{ m}^3$  nasypu.

Na podstawie analizy porównawczej cech piasku z dziesięciu pól poboru w obszarze nagromadzeń piasków „Rewal” oraz cech piasku tworzącego rozpatrywany przewidziany do zasilania odcinek brzegu pomiędzy Niechorzem, a Rewalem od km 368,550 do km 369,690, polegającej między innymi na określeniu współczynników  $R_A$  i  $R_I$ , (analiza została przedstawiona w rozdziale 6 opracowania Boniecka i in. 2017 r.) oraz po uwzględnieniu uwarunkowań wynikających z aktualizacji oceny stanu brzegu morskiego i uziarnienia osadów ustalono, co następuje:

1. Pola 8 i 10 są potencjalnymi źródłami piasku położonymi najbliżej miejsca planowanego zasilania i charakteryzują się odpowiednimi wskaźnikami dopasowania materiału złoża piaszczystego do piasku macierzystego brzegu przewidzianym do zasilania. Piasek do zasilania można pobierać z Pola 8 Rewal lub z Pola 10 Rewal lub obydwu tych pól jednocześnie. Na podstawie uzyskanych danych przyjęto wartość średnią  $R_A = 1,25$  i  $R_I = 0,46$ .
2. Z uwagi na większą pewność, co do miąższości możliwych do wykorzystania warstw piasku, w pierwszej kolejności zaleca się wykorzystanie **Pola 8 Rewal**.
3. W związku z powyższym ilość piasku, którą należy pobrać z Pola 8 w celu utworzenia zaproponowanego nasypu wyniesie  $118686\text{ m}^3 \times 1,25 = 148\,357\text{ m}^3$  (tab. 8), co po zaokrągleniu w górę daje niezbędną objętość zasilania, która wyniesie około **150 000 tys.  $\text{m}^3$** .
4. Na 1 mb nasypu przypadnie zatem ok.  $131,6\text{ m}^3$  wyczerpanego materiału piaszczystego.

Należy jeszcze raz zaznaczyć, że Pola 8 i 10 w Rewalu były już wykorzystywane jako źródła piasku do zasilania brzegu. W związku z tym należy się liczyć, że niektóre fragmenty pól mogą mieć zmienione miąższości w stosunku do tych podanych w opracowaniu Kramarskiej i Przeździeckiego (2010).

**Tabela 8. Objętość nasypu - efektu sztucznego zasilania, usytuowanego pomiędzy Niechorzem a Rewalem, od km 368,55 do km 369,69 oraz objętość piasku potrzebna do jego utworzenia**

Średnia rzędna powierzchni nasypu plaży u podnóża klifu ok.+2,8 m n.p.m., a średnia szerokość nasypanej plaży ok. 56 m							
L.p. przekroju	Oznaczenie przekroju	Powierzchnia przekroju nasypu	Średnia powierzchnia przekroju nasypu	Odległość między przekrojami	Objętość części nasypu między przekrojami	Objętości piasku niezbędne dla uzyskania objętości nasypu = V, przy założeniu, że piasek będzie pobierany z Pola 8 w Rewalu *	
						Obszar poboru - Pole 8 w Rewalu *	
n		$F_n$	$F_s=(F_n+F_{(n+1)})/2$	d	$V = d (F_s)$	$R_A$	$V_{z \text{ Pola } 8}$
	(km)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>3</sup> )		(m <sup>3</sup> )
1	368,555	82,3					
			104,5	44,0	4600	1,25	5750
2	368,599	126,8					
			132,1	40,0	5284	1,25	6605
3	368,639	137,4					
			135,8	43,0	5837	1,25	7297
4	368,682	134,1					
			128,9	43,0	5541	1,25	6926
5	368,725	123,6					
			126,7	41,0	5194	1,25	6493
6	368,766	129,7					
			135,4	40,0	5414	1,25	6768
7	368,806	141,0					
			150,6	46,0	6928	1,25	8660
8	368,852	160,2					
			158,7	44,0	6981	1,25	8726
9	368,896	157,1					
			159,2	42,0	6685	1,25	8356
10	368,938	161,2					
			154,9	44,0	6816	1,25	8519
11	368,982	148,6					
			114,7	41,0	4704	1,25	5880
12	369,023	80,9					
			79,5	44,0	3500	1,25	4375
13	369,067	78,2					
			80,8	42,0	3393	1,25	4242

*Wykonanie aktualizacji wytycznych do sztucznego zasilania brzegu pomiędzy Niechorzem a Rewalem  
km: 368,55-369,69*

14	369,109	83,4					
			78,0	43,0	3354	1,25	4193
15	369,152	72,6					
			102,7	43,0	4417	1,25	5522
16	369,195	132,8					
			127,6	43,0	5485	1,25	6856
17	369,238	122,3					
			93,3	39,0	3639	1,25	4549
18	369,277	64,4					
			65,6	36,0	2361	1,25	2951
19	369,313	66,8					
			72,2	45,0	3249	1,25	4061
20	369,358	77,6					
			76,6	43,0	3295	1,25	4119
21	369,401	75,7					
			75,5	5,0	378	1,25	472
22	369,406	75,4					
			69,3	37,0	2565	1,25	3206
23	369,443	63,2					
			63,0	42,0	2645	1,25	3307
24	369,485	62,7					
			59,9	43,0	2574	1,25	3217
25	369,528	57,0					
			67,1	37,0	2483	1,25	3104
26	369,565	77,3					
			80,1	39,0	3122	1,25	3903
27	369,604	82,8					
			82,0	41,0	3363	1,25	4204
28	369,645	81,2					
Suma (od n = 1 do n = 28)				1090,0	113807	1,25	142 259
Zakończenie wschodnie				5,0	412	1,25	514
Zakończenie zachodnie				55,0	4467	1,25	5 584
Suma (od n = 1 do n = 28) i zakończenia				1150,0	118686	1,25	148 357
<b>Całkowita objętość piasku z Pola 8 * (Obszar poboru - Rewal) (m<sup>3</sup>) - uwzględniająca możliwe straty materiału zasilającego wynikające z dużej zmienności parametrów strefy brzegowej na analizowanym odcinku brzegu</b>							<b>150 000</b>
* Objętości zawarte w tabeli dotyczą także przypadku zastosowania, jako źródła poboru piasku Pola 10 w Rewalu							
Podmorskie pola złożowe piasków w Rewalu wyznaczył Państwowy Instytut Geologiczny							

## 5. ZALECENIA WYKONAWCZE DLA SZTUCZNEGO ZASILANIA PLAŻY POMIĘDZY NIECHORZEM A REWALEM KM: 365,55-369,69

### 1. Informacje ogólne

- Planowana do wydobywania i odłożenia ilość materiału – **150 000 m<sup>3</sup>**.
- Długość planowanego do zasilania odcinka brzegu – **1140 m**.
- Sztuczne zasilanie brzegu rejonu polegać będzie na bezpośrednim zasilaniu osadami morskimi plaży oraz pośrednim dna strefy przybrzeżnej.
- Głównym celem sztucznego zasilania jest dostarczenie materiału o parametrach zbliżonych do materiału macierzystego plaży i bliskiego podbrzeża w ilości pozwalającej na zrównoważenie erozyjnych straty materiału na odcinku położonym pomiędzy Niechorzem, a Rewalem km: 368,55-369,69.

### 2. Kształt i położenie proponowanego nasypu

- Wyznaczone na podstawie wyników parametryzacji form strefy brzegowej w aspekcie ich jakości/odporności na działanie czynników hydrodynamicznych parametry sztucznej plaży będą wynosić: średnia szerokość plaży około 56 m, średnia wysokość plaży u podnóża klifu 2,8 m n.p.m., jej nachylenie 1:20. Takie nachylenie plaży zbliżone jest do naturalnego stwarzając mniejszą podatność na rozmywanie.
- W części podwodnej projektuje się nachylenie 1:40 pozwalające na pominięcie współczynnika spływu.
- Bezpośrednie zasilanie brzegu należy prowadzić na plaży i przyległym obszarze strefy przybrzeżnej w strefie głębokości 0,6 m do lokalnie 1,9 m p.p.m., przy uwzględnieniu naturalnej geometrii brzegu.
- Projektowana linia brzegowa wyrównuje istniejące załamania, nie tworzy ostrych łuków i przechodzi łagodnie do styku z plażą naturalną. Nasyp powinien całkowicie zakrywać elementy opaski narzutowej, średnio do rzędnej 2,8 m n. p. m.
- Podstawowe linie wyznaczające kształt i położenie nasypu sztucznego zasilania, tj. izohipsę 0,0 m po zasilaniu oraz dolną i górną granicę odmorskiej skarpy plaży pokazano na mapie (rys.1). Przekroje poprzeczne co około 40 m planowanego nasypu przedstawiono na rys. od 2 do 29.
- Na zakończeniach zasilanego odcinka na wschód od km 368,599 i na zachód od km 369,645 należy dostosować nachylenie sztucznej plaży do nachylania plaży naturalnej. Należy zachować plażę naturalną na zachód od km 369,69.
- Należy zachować szczególną ostrożność na zachodnim zakończeniu zasilanego odcinka, w sąsiedztwie geologicznego stanowiska dokumentacyjnego zajmującego 25 m odcinek brzegu w rejonie km 369,69 i tak wyprofilować i odsunąć skarpy nasypu, aby nie przysypała stanowiska.
- W Tabeli 7 dla poszczególnych przekrojów przedstawiono podstawowe parametry nasypu sztucznego zasilania i podano współrzędne punktów należących do podstawowych linii wyznaczających kształt i położenie nasypu (mapa-rys. 1).



- W Tabeli 8 podano powierzchnie przekrojów nasypu, wzajemne odległości przekrojów oraz wynikające stąd kubatury poszczególnych odcinków, oraz całkowitą objętość proponowanego nasypu sztucznego zasilania na odcinku od km 368,55 do km 369,69.
- Współrzędne punktów podano w układzie PUWG 2000/15, wysokości i głębokości podano w układzie odniesienia Kronsztadt 86.

### 3. Niezbędna ilość materiału zasilającego

- Niezbędna ilość piasku do sztucznego zasilania po uwzględnieniu współczynnika niedopasowania materiału zasilającego do materiału macierzystego wynosi **150 000 tys. m<sup>3</sup>**. W związku z tym na 1 mb długości nasypu, przypadnie średnio ok. 131,6 m<sup>3</sup> piasku.

### 4. Pobór piasku

- Najbardziej odpowiednim do poboru piasku w obszarze podmorskich nagromadzeń piasku do sztucznego zasilania brzegu jest pole **Rewal 8**, znajdujące się w odległości około 4,5-5,5 km od miejsca zasilania. Głębokości morza w tym obszarze wynoszą od 14 do 17 m. W wyniku poboru osadów do wcześniejszych sztucznych zasilań strefy brzegowej lokalnie mogą występować większe głębokości.
- **Pole Rewal 8 wyznaczają współrzędne:**

Nazwa i numer pola	Współrzędne granic pola w układzie „xy92”		
		X	Y
REWAL 8	A	240725,6	704504,0
	B	241318,2	703989,6
	C	241169,1	703576,0
	D	239861,0	703333,7
	E	239879,6	703985,9

- Możliwy jest również pobór osadów z Pola Rewal 10.
- Piasek należy pobierać tylko w wyżej określonym obszarze eksploatacyjnym, czerpiąc ze złoża tylko do głębokości liczonej od dna morskiego - nieprzekraczającej 2 m.
- Materiał piaszczysty z wyznaczonego obszaru powinien być pobierany pogłębiarką ssąco-refulującą. Należy prowadzić racjonalne wydobycie piasków przeznaczonych do zasilania brzegów i kontrolę tego wydobycia.
- Gwarancją efektywnego urabiania złoża jest wyposażenie pogłębiarki w odpowiedni system nawigacji satelitarnej pozwalający pozycjonować pogłębiarkę z dużą precyzją oraz kontrolne pomiary batymetryczne eksploatowanego rejonu złoża.
- Prace czerpalne na morzu wymagają łagodniejszych warunków atmosferycznych niż te prowadzone wewnątrz portu. W swoim harmonogramie prac Wykonawca powinien uwzględnić krótko- i długoterminowe prognozy pogody, najlepiej z kilku źródeł.

- Podstawowymi przepisami, regulującymi ruch pogłębiarki z obszaru Rewal 8 na miejsce odkładu są przepisy morskie.

## 5. Miejsce odkładu

- Zastosowania technologia nie może spowodować uszkodzenia i zasypania geologicznego stanowiska dokumentacyjnego zlokalizowanego w pasie technicznym na zachodnim zakończeniu nasypu
- Zastosowania technologia nie może spowodować uszkodzenia opaski narzutowej zlokalizowanej w pasie technicznym.
- Zasilanie powinno mieć charakter „otwarty”, tj. w groblach utrudniających spływ refulatu do morza powinny być przerwy, aby nie ograniczać nadmiernie odpływu piasku do podbrzeża.
- Przystępując do sztucznego zasilania plaży należy uwzględnić aktualny stan brzegu, który do czasu rozpoczęcia prac może ulec zmianie.
- Prace refulacyjne na brzegu morskim powinny być wykonywane poza sezonem letnim tj. przed 15 czerwca lub po 15 września. Preferowany termin wykonania prac przed rozpoczęciem sezonu letniego wiąże się z dogodniejszymi warunkami hydrodynamicznymi do stabilizacji refulatu i dodatkowo z uzyskaniem parametrów plaży dogodnych do rekreacji.
- **W trakcie odkładu urobku na plaży wykonawca zobowiązany jest:**
  - uzbroić rejon prac w rurociąg wraz z armaturą,
  - zapewnić odpowiednią organizację pracy,
  - utrzymywać w trakcie prac odpowiednią ekipę obsługującą wraz z odpowiednim sprzętem,
  - stosować sprzęt o niskich parametrach emisji zanieczyszczeń i hałasu,
  - zapewnić stałą sprawność techniczną działania sprzętu,
  - zabezpieczyć geologiczne stanowisko dokumentacyjne zlokalizowane na zachodnim zakończeniu projektowanego nasypu przed zasypaniem refulatem,
  - nie dopuścić do naruszenia równowagi stoku klifu i chroniącej go opaski narzutowej,
  - zabezpieczyć teren plaży, na którym wykonywane są roboty przed dostępem osób trzecich.

## 6. Działania kontrolne

- Wykonawca powinien być zobowiązany do prowadzenia szczegółowej dokumentacji umożliwiającej ocenę stanu złoża po wykonaniu sztucznego zasilania (określenie obszaru eksploatacji, miąższości zbieranej warstwy) oraz obliczenia ilości materiału piaszczystego odłożonego na plażę.
- W trakcie prac czerpalno – refulacyjnych wskazane jest prowadzenie sprawdzania kubatury kilkoma sposobami:
  - na podstawie różnic sondaży w miejscu poboru urobku na polu złożowym,
  - wg obmiaru urobku w ładowni pogłębiarki lub szalandy,

- wg obmiaru urobku odłożonego na plaży,
- wg wskazań przyrządów pomiarowych wyrefulowanego urobku jednostki dokonującej odkład na plaży (pogłębiarka, refuler).
- W celu sprawdzenia parametrów plaży z przyjętymi w założeniach należy wykonać pomiar powykonawczy.
- Kolejne zasilania powinny być oparte o systematycznie realizowany monitoring brzegu w rejonie Niechorze-Rewal-Trzęsacz objętym działaniami ochronnymi oraz na przylegających do niego odcinkach brzegu, pozwalający na zwiększenie efektywności i skuteczności prac ochronnych.

## 6. LITERATURA

1. Boniecka H., 2009. Wpływ opasek brzegowych na przebieg procesów morfodynamicznych i litodynamicznych strefy brzegowej. *Inżynieria Morska i Geotechnika* nr 6: 435-444
2. Boniecka H. (red.), 2013. Monitoring i badania dotyczące aktualnego stanu brzegu morskiego – ocena skuteczności systemów ochrony brzegu morskiego zrealizowanych w okresie obowiązywania wieloletniego: Programu ochrony brzegów morskich, Instytut Morski w Gdańsku, IBW PAN, Gdańsk: 1–250
3. Boniecka H., Gajda A., Gawlik W., Kaźmierczak A., Staniszevska M., 2017. Wykonanie wytycznych do sztucznego zasilania brzegu pomiędzy Niechorzem a Rewalem km: 368,55-369,70. Wyd. Wew. Instytutu Morskiego w Gdańsku nr 7129: 1-103
4. Dobracka E., Dobracki R., 1995. Geology and geodynamic of the cliff coast between Niechorze-Trzęsacz. W: K.Rotnicki (red.), Polish coast: past, present, future, *Journal of Coastal Research Special Issue* 22: 283–285
5. Dobracki R., 1999. Rozwój brzegu i geologia klifu okolic Trzęsacza. W: R.K.Borówka, Z.Młynarczyk, A.Wojciechowski (red.), *Ewolucja geosystemów nadmorskich południowego Bałtyku*. Bogucki wydawnictwo Naukowe, Poznań–Szczecin: 69–71
6. Dubrawski R., Zawadzka E., (red.), 2006. Przyszłość ochrony polskich brzegów morskich. Wydawnictwo Naukowe Instytutu Morskiego w Gdańsku, Gdańsk: 1–302
7. Kramarska R., Przeździecki P., 2010. Rozpoznanie geologiczne kruszywa do sztucznego zasilania brzegu w rejonie perspektywnym Rewal, PIG-PIB Gdańsk
8. Łabuz T. A., 2017. Morfodynamika i tempo erozji klifu w Trzęsaczu (1997–2017). *Landform Analysis* 34: 29–50  
[https://www.researchgate.net/publication/324485986\\_Morfodynamika\\_i\\_tempo\\_erozji\\_klifu\\_w\\_Trzesaczu\\_1997-2017\\_Morphodynamics\\_and\\_rate\\_of\\_cliff\\_erosion\\_in\\_Trzesacz\\_1997-2017](https://www.researchgate.net/publication/324485986_Morfodynamika_i_tempo_erozji_klifu_w_Trzesaczu_1997-2017_Morphodynamics_and_rate_of_cliff_erosion_in_Trzesacz_1997-2017)  
[accessed Jul 24 2018]
9. Racinowski R., 1996. Tentative dynamic interpretation of lithological study of nearshore deposits between Niechorze and Trzęsacz. W: Z.Meyer (red.), *Lithodynamics of Seashore*. Technical University of Szczecin, Zapol Print, Szczecin: 5–26
10. Strategiczny Plan Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030” (SPA2020), 2013. Ministerstwo Środowiska, Warszawa [https://www.mos.gov.pl/fileadmin/user\\_upload/SPA\\_2020.pdf](https://www.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/SPA_2020.pdf)
11. Subotowicza W., 1982. Litodynamika brzegów klifowych wybrzeża Polski. Ossolineum, Gdańsk: 1–153

**Pozostałe:**

1. Bank danych o strefie brzegowej Brzeg
2. *Projekt budowlany. Budowa opaski brzegowej pomiędzy Niechorzem, a Rewalem km: 368,55 – 369,74*, Lugo Projekt Hydrotechnika i Melioracje, Szczecin (2016)
3. Wyniki pomiarów strefy brzegowej rejonu Niechorze-Rewal przekazane przez Zamawiającego, Urząd Morski w Szczecinie
4. Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o ustanowieniu programu wieloletniego „Program ochrony brzegów morskich” (tj. Dz. U. z 2016 r., poz. 678)