

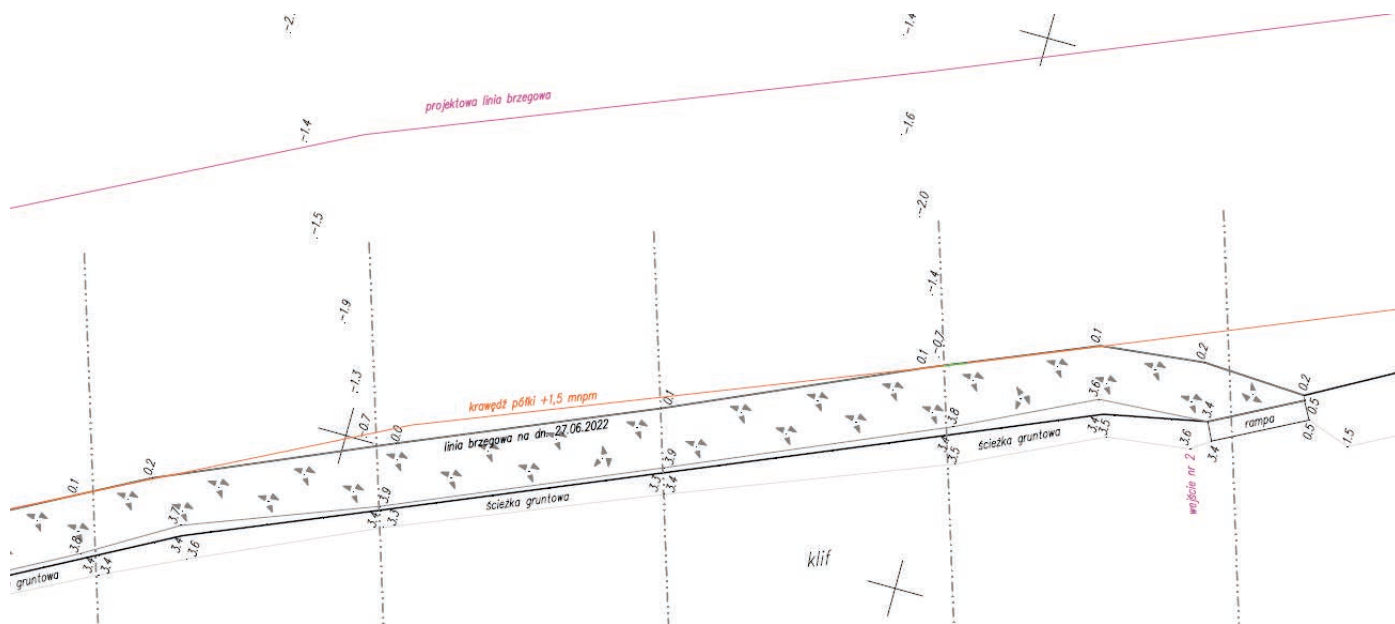
Ochrona brzegów morskich – przegląd metod stosowanych w Polsce

Mgr inż. Anita Byjoś, dr inż. Paweł Więclawski
Politechnika Gdańska, Wydział inżynierii Lądowej i Środowiska

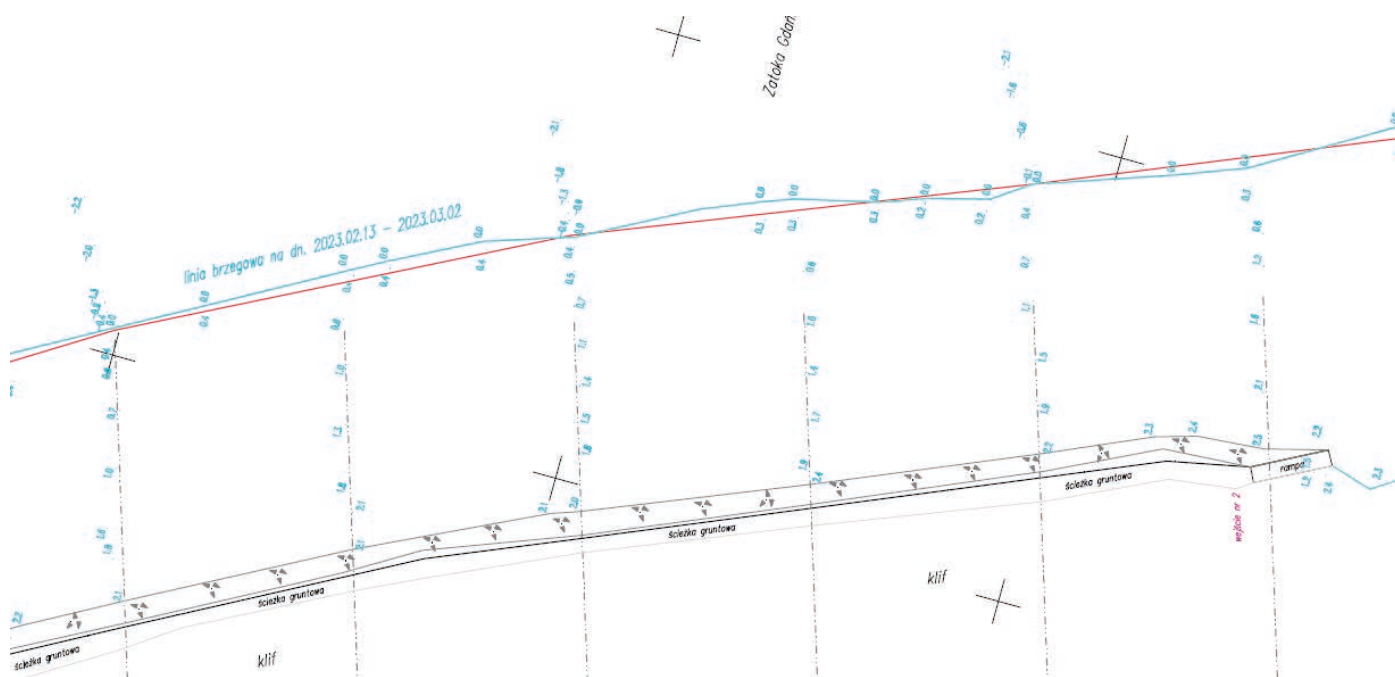
Wzrastający z roku na rok poziom wód morskich na świecie i nieustające działanie procesów erozyjnych na wybrzeża sprawiają, iż występuje konieczność ochrony terenów nadmorskich. Istniejące miejscowości położone w tych obszarach są szczególnie narażone na zniszczenie przez działanie sił natury, a wybrzeża w postaci plaż i klifów mogą ulegać zanikaniu. Innymi powodami wzmocnienia i ochrony plaż jest chęć utworzenia nowych

terenów, a także utrzymanie ciągłości istniejących półwyspów, aby nie doszło do przerwania lądu i odcięcia mieszkańców półwyspów od pozostałej części kraju.

W zależności od lokalizacji i intensywności działania czynników niszczących na brzeg morski dobierane są odpowiednie metody wzmocnienia i ochrony plaż. Ochrona brzegów obejmuje monitoring, budowę i utrzymanie umocnień brzegowych,



Rys. 1. Plan sztucznego zasilania w Babich Dołach, odcinek przed istniejącą opaską brzegową z narzutu kamiennego (linia pomarańczowa – istniejąca plaża przed sztucznym zasilaniem, linia różowa – projektowana linia brzegowa) [2]



Rys. 2. Pomiar roboczy sztucznego zasilania w Babich Dołach Etap I, odcinek przed istniejącą opaską brzegową z narzutu kamiennego (linia błękitna – linia brzegowa po refulacji, linia czerwona – projektowana linia brzegowa) [2]

ochronę zalesień i nasadzeń w pasie technicznym, który stanowi strefę wzajemnego oddziaływania na siebie morza i lądu, a także jest przeznaczony do utrzymania obszaru w stanie zgodnym z ochroną środowiska i wymogami bezpieczeństwa.

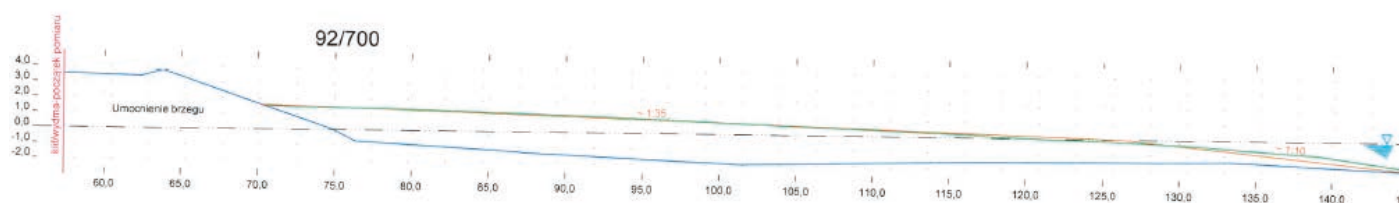
W Polsce obszar półwyspu Helskiego i Wybrzeże Środkowe są szczególnie narażone na czynniki niszczące. Miejsca te wymagają częstej odbudowy plaż lub zastosowania dodatkowych wzmocnień i zabezpieczeń (ostrogi, nasadzenia). W przypadku miejsc turystycznych, przemysłowych i naturalnych klifów, które wymagają szczególnej ochrony, stosuje się dodatkowo falochrony i progi podwodne.

REFULACJA (SZTUCZNE ZASILANIE PLAŻ)

Najprostszą, niewymagającą dużego nakładu i sprzętu, najczęściej stosowaną metodą ochrony plaż w Polsce jest refulacja (sztuczne zasilanie plaży). Polega ona na czerpaniu urobku piasz-

czystego z dna morskiego bezpośrednio z pola poboru kruszywa (ławice) lub czerpaniu urobku w ramach innego projektu, takiego jak pogłębianie portów czy poszerzanie torów podejściowych – pod warunkiem, że taki urobek jest zdolny do refulacji (materiał piaszczysty), a następnie odłożeniu go na brzegu morskim w celu uzupełnienia wcześniej zabranego przez morze materiału.

W miejscach narażonych na intensywne działanie procesów erozji refulacja wykonywana jest w szczególnych przypadkach nawet dwa razy w roku. Pozostałe obszary zasila się sztucznie raz w roku po sezonie jesienno-zimowym lub rzadziej. Proces ten wymaga powtórzenia, gdy urobek zostanie odprowadzony przez sztormy z powrotem do morza i ponownie obszar znajdujący się za linią brzegową będzie zagrożony. Refulacja jest procesem, który ingeruje w niewielkim stopniu w środowisko naturalne, a jej pozytywnym skutkiem jest nie tylko znacznych rozmiarów plaża, która stanowi walor turystyczny, ale przede wszystkim stanowi ochronę infrastruktury i ukształtowania terenu znajdującego się bezpośrednio za obszarem plaży.



Rys. 3. Jeden z przekrojów poprzecznych plaży po wykonaniu części refulacji w Babich Dołach Etap I (linia niebieska – profil plaży przed refulacją, linia pomarańczowa – projektowany profil plaży, linia zielona – profil plaży po wykonaniu refulacji) [2]



Rys. 4. Zdjęcie wykonane przed rozpoczęciem (01.2023) i po zakończeniu (03.2023) części prac refulacyjnych w Babich Dołach, widoczna poszerzona plaża i nowo utworzona plaża przed opaską brzożową z narzutu kamiennego (materiały własne)

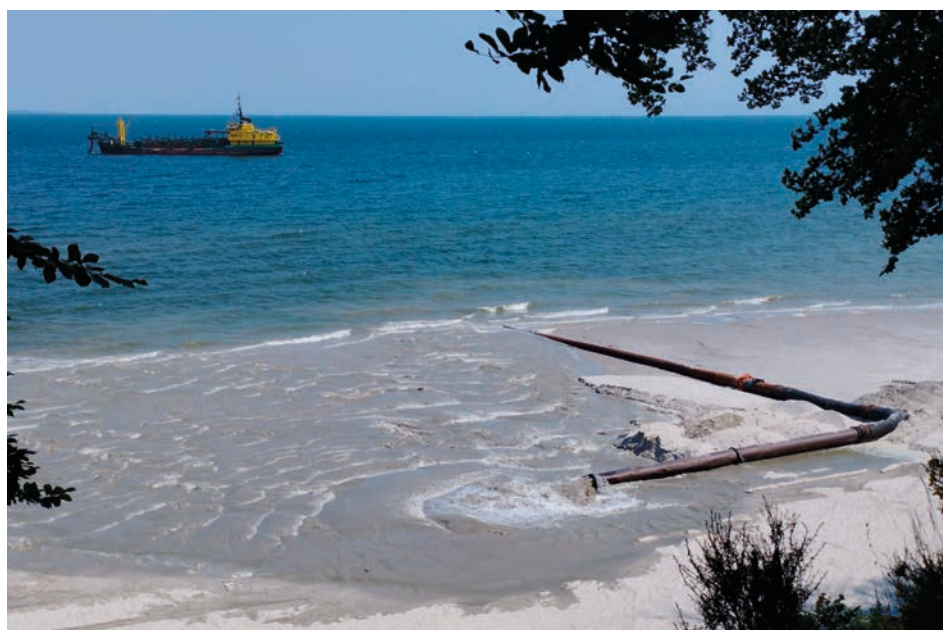
Na podstawie Projektu udostępnionego przez Inwestora (Urząd Morski) oraz aktualnych danych uzyskanych za pomocą pomiarów geodezyjnych i sondaży, Wykonawca zobowiązany jest do utworzenia Projektu refulacji plaży uwzględniającego ilość możliwego do pozyskania urobku i długość odcinka plaży do wykonania wyznaczonego przez Inwestora. Projekt refulacji składa się z opisu technicznego (lokalizacja, technologia wykonania, rozstawienie sprzętu, przewidywana kubatura na każde 100 m planowanego odcinka plaży, planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia) oraz z części rysunkowej zawierającej lokalizację zasilanego odcinka, plan sztucznego zasilania (rys. 1 i 2), plan miejsca poboru urobku, plan ułożenia rurociągu, a przede wszystkim przekroje poprzeczne – projektowane i rzeczywisty profil plaży (rys. 3).

W lutym 2023 została poszerzona część plaży w Babich Dołach, prace zrealizowało Konsorcjum firm PRCiP (Przedsiębiorstwo Robót Czerpalnych i Podwodnych), Van den Herik i Rohde Nielson. Refulację wykonywała firma Przedsiębiorstwo Robót Czerpalnych i Podwodnych przy użyciu pogłębiarki ssąco-nasiębierna-

siębiernej Inż. Stanisław Łęgowski. Urobek pobrano z dna Toru Podejściowego do Portu Gdynia w ramach Projektu „Pogłębienie toru podejściowego i akwenów wewnętrznych Portu Gdynia. Etap II – pogłębienie toru podejściowego”. Prace refulacyjne na okres marzec-maj 2023 wstrzymano ze względu na czas tarła ryb (ograniczenie wydane Decyzją środowiskową przez Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska). Na rys. 4 przedstawiono stan „przed i po” wykonaniu refulacji. Odcinek o długości 650 m (od km 93,200 do km 92,550) zasilono w 20 dni (wyłączając dni przestoju pogłębiarki ze względu na niekorzystne warunki pogodowe). Do refulacji użyto około 129 tys. m³ urobku z dna Toru Podejściowego do Portu Gdynia.

PRZYGOTOWANIE DO REFULACJI

Po zaakceptowaniu przez Inwestora Projektu sztucznego zasilania Wykonawca przystępuje do przygotowania potrzebnego sprzętu i zabezpieczenia terenu refulacji. Sprzętem koniecznym



Rys. 5. Pogłębiarka ssąco-nasiębierna Inż. Stanisław Łęgowski podczas refulacji w Babich Dołach (06.2023) (materiały własne)



Rys. 6. Gotowe do pracy koparka gąsienicowa i spychacz kołowy oraz transport rurociągu lądowego po zakończonej refulacji (materiały własne)

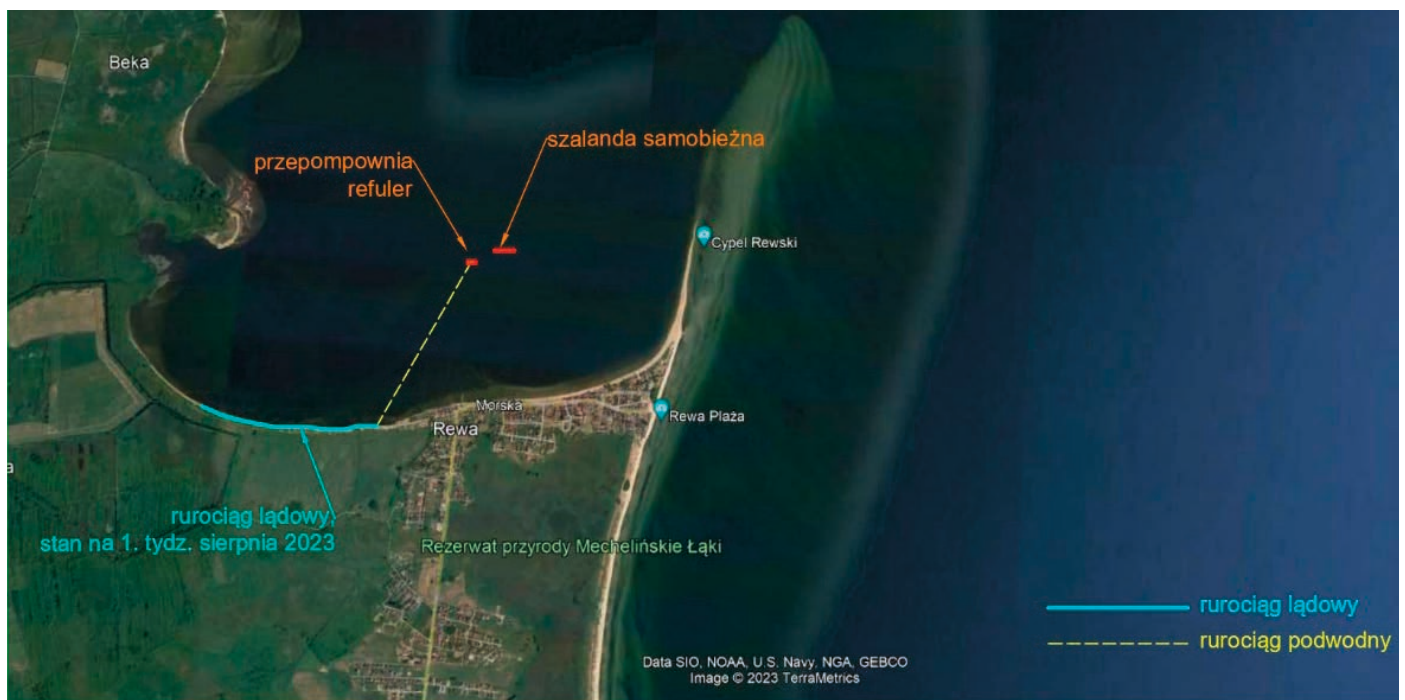
do refulacji są rurowości podwodne i lądowe (z wyłączeniem metody poboru urobku z pobraża pogłębiarką ssącą i odkładaniu piasku bezpośrednio z pogłębiarki), oznaczone bojami ze względu na bezpieczeństwo żeglugi i osób wykonujących sporty wodne. Za pomocą rurowości transportowany jest urobek wyczerpany przez pogłębiarkę, która podłączona zostaje na czas rozładunku do końca rurowości znajdującego się na wodzie, drugi koniec rurowości znajduje się na lądzie i z niego wprowadzany jest refulat bezpośrednio na plażę (rys. 5). Tak dostarczony piasek zostaje rozwieszony i uformowany na wyznaczonych rzędnych przez spychacze i koparki (rys. 6).

Dla refulacji na terenach trudno dostępnych dla pogłębiarek o zanurzeniu większym niż aktualna batymetria akwenu, wykorzystuje się zespół pogłębiarski w postaci refulera i szaland (szalanda – rodzaj statku służący do przewozu urobku wydobytego przez pogłębiarkę). Rurowość zostaje podłączony do refulera, który pobiera urobek bezpośrednio z podpływającej do niego

szalandy (o zanurzeniu mniejszym niż pogłębiarki ssące). Szalandy natomiast transportują urobek z miejsca prac czerpalnych prowadzonych przez pogłębiarki łyżkowe i wieloczerpakowe. Przykładem takiego rozwiązania jest refulacja w Rewie – etap II odcinek od mola w Rewie w kierunku rezerwatu Beka, gdzie szalandy zostają załadowane w ramach prac pogłębiania Toru Podejściowego do Portu Gdynia i rozładowane przez refuler do Zatoki Puckiej.

NASADZENIA

Nasadzenia roślinności są metodą wzmacniającą i stabilizującą brzeg morski. Często stanowią element sąsiadujący i wspomagający sztuczną zabudowę brzegu. W ramach naturalnego wzmocnienia plaż stosuje się nasadzenia roślinności, nie tylko ze względu na walory krajobrazowe, ale także często stanowią



Rys. 7. Schemat prac refulera i szaland na Zatoce Puckiej w Rewie (refulacja Etap II – 07.2023) z ograniczeniem głębokości dla większych jednostek pływających oraz z planowanym ułożeniem rurowości lądowego na pierwszy tydzień sierpnia 2023 roku [2]



Rys. 8. Trawy, rokitnik, dzika róża, inne krzewy i drzewa znajdujące się pod opieką Urzędu Morskiego – Babie Doły (materiały własne)



Rys. 9. Trawa na koronie umocnionego wału wydmyowego [1]

one system odwadniający i stabilizujący grunt w sąsiedztwie konstrukcji hydrotechnicznych (rys. 8 i 9).

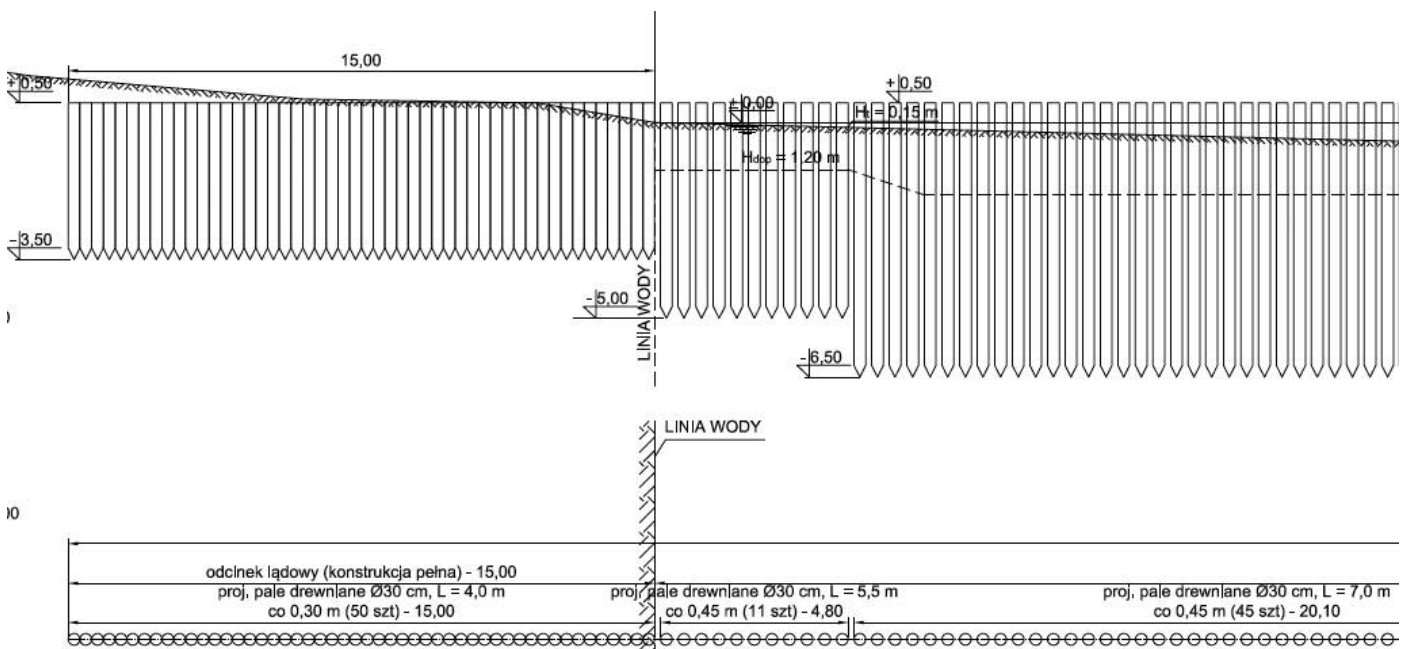
OSTROGI DREWNIANE

Ostrogi są jedną z najczęściej stosowanych metod ochrony brzegów morskich w Polsce [5]. Ostrogi drewniane to wprowadzone w podbrzeże drewniane pale, w osi prostopadłej do linii brzegowej. Długość konstrukcji waha się od 100 do 200 m. Działanie ostróg polega na zatrzymywaniu osadu, który jest transportowany prądami wzdłużbrzegowymi w obszarze podbrzeża. W przypadku wyboru tej metody należy zwrócić uwagę na obszary, na które oddziałują skrajnie położone ostrogi.

W tych miejscach można zaobserwować negatywny wpływ ich działania – powstawanie zatok erozyjnych.

Projekt wykonania ostróg zawiera między innymi plan sytuacyjny ich rozmieszczenia, konstrukcję ostróg z przekrojem podłużnym i widokiem z góry (rys. 10), a wymagania dotyczące materiału wykonania ostróg i wymagania sprzętowe są ściśle określone w Specyfikacjach Technicznych danego projektu. Zwykle pale wykonane są z drewna sosnowego o średnicy około 30 cm i mają zróżnicowaną długość od 4,0 m do 10,0 m.

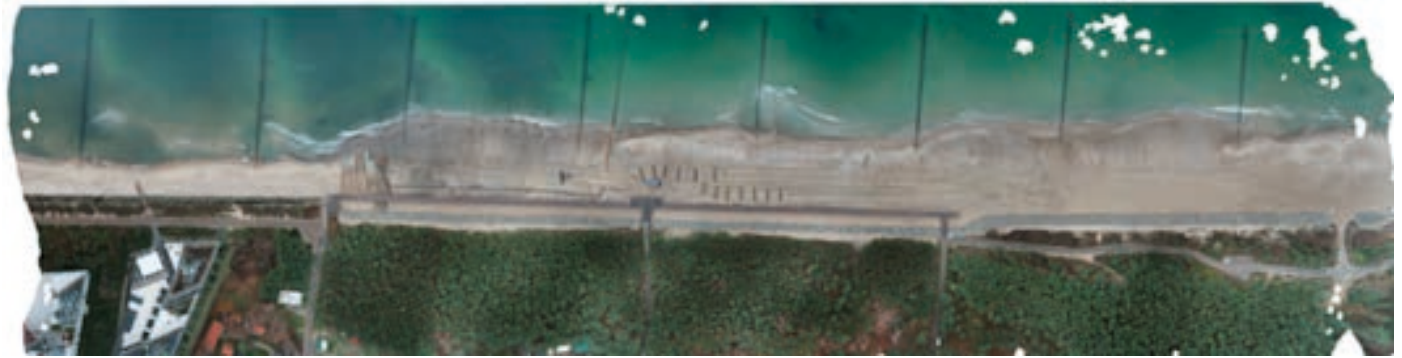
Przed przystąpieniem do rozpoczęcia prac należy sprawdzić rzędne projektowe z rzędnymi istniejącymi poprzez wykonanie pomiarów geodezyjnych. Pomiarów powinny być wykonywane także w trakcie prac w celu monitorowania poprawności umiej-



Rys. 10. Fragment przekroju podłużnego i widoku z góry projektowanej ostrogi [3]



Rys. 11. Budowa systemu ostróg na Półwyspie Helskim przez firmę PORR S.A [5, 6]



Rys. 12. Refulacja plaży w Mielnie (11.2022) [2]

scowienia ostróg w ich wyznaczonej osi i górnej powierzchni. Prace związane z instalacją pali wykonuje się przy użyciu kafarów kroczących, przeznaczonych do palisad i ostróg (rys. 11). W celu uzyskania dokładności wbicia pali stosuje się kleszcze robocze lub ramy prowadzące [3].

Sztuczne zasilanie brzegów (refulacja) często jest uzupełnieniem budowy ostróg. Dzięki istnieniu ostróg plaża jest wzmocniona i chroniona, nie ulega szybkiej degradacji (rys. 12).

OSTROGI NARZUTOWE – FALOCHRONY BRZEGOWE

Falochrony brzegowe typu T budowane są prostopadle do plaży i jako zespół konstrukcji mają na celu wygaszenie falowania morskiego, które, przed budową falochronów, docierało do brzegu, powodując jego erozję. System ostróg zatrzymuje osad i wspomaga budowę plaży.



Rys. 13. „Polski Dubaj” – Jarosławiec. Wypełnione ostrogi narzutowe urobkiem za pomocą refulacji [7]

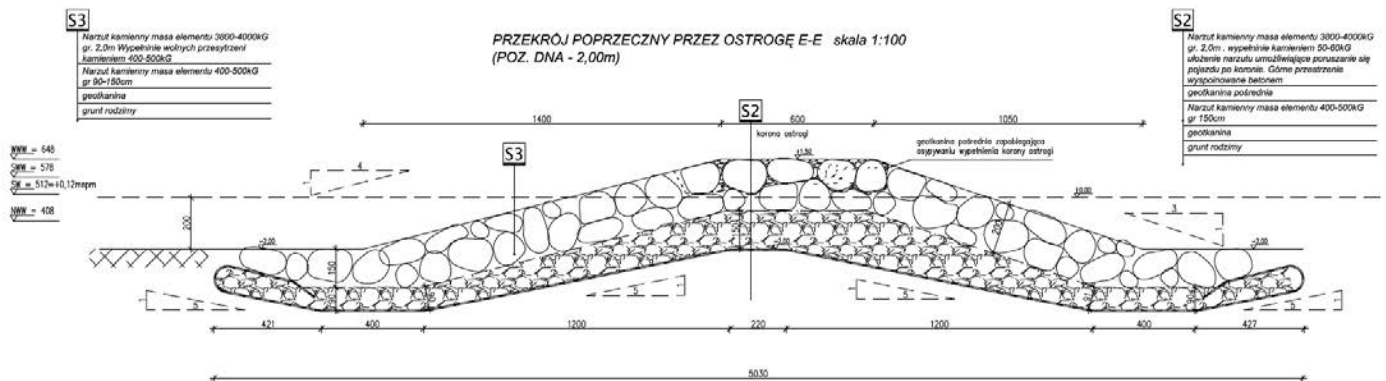
Jednym z większych projektów ochrony brzegu, wspomaganie akumulacji piasku, odbudowy i ochrony plaży był projekt „Przebudowa opaski brzegowej w Jarosławcu”, mający w zakresie między innymi budowę falochronów brzegowych oraz przebudowę narzutu ochronnego przed lekką opaską. Wykonanie całego projektu przyniosło efekt, dzięki któremu Jarosławiec nazywany jest dziś „polskim Dubajem” (rys. 13).

Jeden z etapów niniejszego projektu przewidywał budowę pięciu odcinków falochronów brzegowych (rys. 14) o długości

250 m i 100 m z odległością 250 m pomiędzy ostrogami. Ostrogi wykonano z narzutu kamiennego o dwóch różnych wagach. W przekroju jednej z ostróg (rys. 15) możemy zauważyć, że na rozłożonej na gruncie rodzimym geotkaninie ułożono narzut kamienny o masie elementu $400 \div 500$ kG, na którym kolejno nałożono narzut kamienny $3800 \div 4000$ kG. Pomiedzy największą frakcją w koronie ostrogi umieszczono geotkaniny mającą pośrednio zapobiegać osypywaniu wypełnienia korony ostrogi (wypełnienie kamieniem $50 \div 60$ kG) [4].



Rys. 14. Fragment projektu zagospodarowania terenu z umiejscowieniem projektowanych ostróg w Jarosławcu [3]



Rys. 15. Przekrój poprzeczny projektowanej ostrogi [3]

PROGI PODWODNE

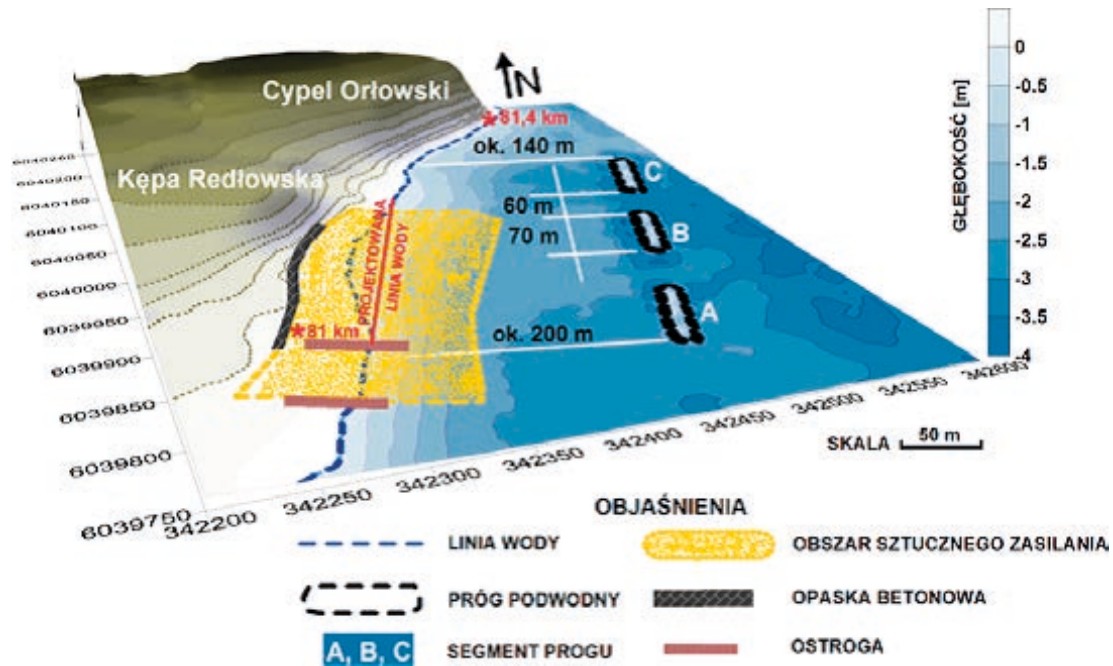
Progi podwodne (falochrony podwodne) stosowane są głównie do ochrony przed falowaniem sztormowym - progi wygaszają częściowo energię fali w znacznej odległości od brzegu, co w efekcie pozwala na dłuższe zachowanie plaży.

Jednym z miejsc, w którym zastosowano progi podwodne, jest Gdynia Orłowo. Powstały one w 2006 roku. Progi podwodne w Gdyni Orłowie wykonano w odległości 140 ÷ 200 m od linii brzegowej (rys. 16) z trzech frakcji kamienistych, usypanych w wykopie na geowłókninie. W pierwszej kolejności usypano

próg „C”, a w kolejnych miesiącach wykonano próg „B” i „A”. Wszystkie progi mają długość około 70 m i są widoczne z lotu ptaka (rys. 17) [1].

FALOCHRONY

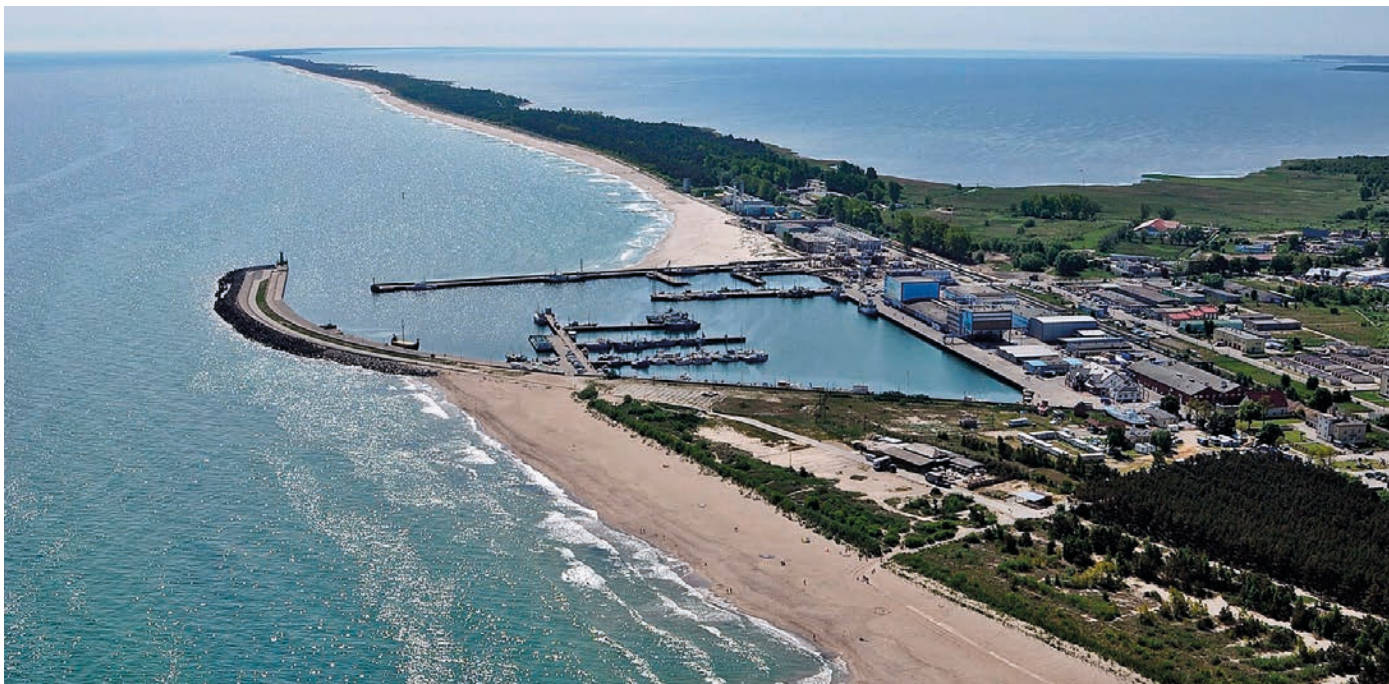
Falochron jest budowlą hydrotechniczną (często z narztu kamiennego), której głównym celem jest ochrona przed działaniem fal. Falochron przyjmuje na siebie uderzenie fali i sprawia, że jej energia zostaje wytracona. Obiektami ochranianymi są zazwyczaj porty morskie, infrastruktura strategiczna i plaże.



Rys. 16. Schemat rozmieszczenia progów podwodnych w Orłowie w Gdyni [1]



Rys. 17. Widok na progi podwodne w sąsiedztwie Klifu Orłowskiego [8]



Rys. 18. Plaża od zachodniej części falochronu osłonowego we Władysławowie [9]

Falochron osłonowy we Władysławowie zaburza naturalny transport wzdłuż wybrzeża, co skutkuje intensyfikacją procesów akumulacyjnych po stronie zachodniej i erozyjnych po stronie wschodniej (rys. 18). Niedobory piasku od strony wschodniej uzupełnia się poprzez wykonanie refulacji brzegu morskiego.

PODSUMOWANIE – WYBÓR METODY

W Polsce stosuje się wiele metod ochrony i wzmocnienia brzegów morskich od najmniej wpływającej na środowisko, mającej naturalne i estetyczne walory, a jednocześnie najtańszej, lecz najmniej wytrzymałej, to jest refulacji plaży, do wznoszenia konstrukcji takich jak ostrogi, progi podwodne i falochrony.

Na etapie doboru metod, spośród wielu stosowanych w Polsce, niezbędna jest analiza czynników i możliwości lokalnych. Wybór zależy głównie od lokalizacji danego odcinka brzegu. Na podstawie pomiarów morfologicznych należy dokonać analizy przyczyn i zakresu erozji, a także wykonać modele przewidujące działanie wybranej metody. Ważne jest również określenie wpływu wyboru sposobu ochrony plaży na bezpieczeństwo, środowisko, rekreację, infrastrukturę i gospodarkę obszaru. Jednym z elementów często powodującym podjęcie decyzji są dostępne środki finansowe, a więc koszty użycia danego sposobu ochrony czy wzmocnienia, a także koszty utrzymania w przypadku zastosowania budowli hydrotechnicznej bądź konieczność powtarzalności sztucznego zasilania brzegu. Niezależnie od kosztów, ze względu na bezpieczeństwo obszarów i wielkość szkód powodowanych przez procesy erozji, należy wzmocniać i ochraniać plaże, a także, jeśli jest to możliwe, stosować metody przyjazne środowisku naturalnemu.

LITERATURA

1. Łobuz T.: – Raport WWF 2013 – Sposoby Ochrony brzegów morskich i ich wpływ na środowisko przyrodnicze polskiego wybrzeża Bałtyku.
2. Materiały Przedsiębiorstwa Robót Czerpalnych i Podwodnych.
3. Projekt budowlany budowy systemu ostróg na brzegu Półwyspu Helskiego – km 0,0 – 12,3. Tom 2 Konstrukcja ostróg na km 0,0 – 2,0 (Rys. T.2-03) – 21.05.2023.
4. Projekt budowlany inwestycji “Przebudowa opaski brzegowej w Jarosławcu. Etap III Projekt narzutu i ostróg.”
5. <https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/budowa-ostrog-na-mierzei-helskiej/nnq3539> (21.05.2023).
6. <https://inzynieria.com/tag/7774,ostrogi> (21.05.2023).
7. <https://jaroslawiec.pl/atracje/plaza-dubaj-w-jaroslawcu> (19.06.2023).
8. <https://www.umgdy.gov.pl/bezpieczenstwo-morskie/ochrona-wybrzeza/brzeg-klifowy/> (progi podwodne 21.05.2023).
9. <https://www.umgdy.gov.pl/bezpieczenstwo-morskie/ochrona-wybrzeza/brzeg-umocniony/> (21.05.2023).

Niniejszy artykuł powstał na podstawie pracy inżynierskiej Anity Byjós pt.: „Wzmocnienie i ochrona plaż morskich – przegląd metod stosowanych w Polsce i na świecie” na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej pod kierunkiem dr inż. Pawła Więclawskiego. W artykule wykorzystano materiały udostępnione dzięki życzliwości firmy Przedsiębiorstwo Robót Czerpalnych i Podwodnych Sp. z o.o.