

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. LI, 16

SECTIO B

1996

Katedra Geotechniki, Politechnika Szczecińska

ROMAN RACINOWSKI

*Litologiczne i morfodynamiczne aspekty ochrony
brzegu morskiego Pobrzeża Szczecińskiego*

Lithological and Morphodynamical Aspects of the Seashore Protection of Szczecin Seaside

WPROWADZENIE

Wybrzeże Szczecińskie (podległe administracyjnie Urzędowi Morskiemu w Szczecinie) mieści się w kilometrażu linii brzegowej 345,5–428,2 km. Tak więc długość jego wynosi 82,7 km. Stanowi ono wzajemnie kontaktujące się rejonu mierzejowo-wydmowe i klifowe. Na odcinki klifowe przypada 32,9 km, na mierzejowo-wydmowe 49,8 km.

Strefa brzegowa Wybrzeża Szczecińskiego od 1945 roku cieszy się wielkim zainteresowaniem polskich naukowców i praktyków, tak z punktu widzenia aplikacyjnego, jak i badawczo-poznawczego.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono w sposób syntetyczny wyniki badań prowadzonych od roku 1960 w Katedrze Geotechniki Politechniki Szczecińskiej, które wspomagane są przez badania innych placówek.*

W artykule zaprezentowano główne cechy litologiczne poszczególnych części strefy brzegowej. Na tej podstawie przedstawiono charakterystykę morfodynamiczną Wybrzeża Szczecińskiego i zwrócono uwagę na litodynamiczne uwarunkowania ochrony brzegu morskiego.

* Ze względu na ogrom publikowanego oraz archiwalnego materiału w bibliografii ograniczono się do zaprezentowania niektórych prac. Autor przeprasza wielu badaczy za pominięcie ich w zestawieniu literatury, doceniając jednak ich osobisty bardzo cenny wkład w badanie Wybrzeża Szczecińskiego.

CECHY LITOLOGICZNE STREFY BRZEGOWEJ

W poniższych rozważaniach strefę brzegową dzielono zgodnie z przyjętym wcześniej schematem (Racinowski 1974), który w sposób konsekwentny jest stosowany w późniejszych pracach.

W obrębie strefy brzegowej wydziela się: nadbrzeża, brzeg (plaża), podbrzeże. Nadbrzeża stanowią granicę, do której dopływają wezbrania sztormowe. W przypadku gdy są to zbocza wierzchowin plejstocénskich, mówi się o nadbrzeżach klifowych. Jeżeli nadbrzeża stanowią wał wydym nadbrzeżnych, określa się je jako nadbrzeża wydymowe. Ponieważ wały wydym nadbrzeżnych nadbudowują zazwyczaj utwory mierzejowe, od kilku lat stosuje się określenie nadbrzeża mierzejowo-wydymowe. Brzeg (plaża) stanowi powierzchnię, wzdłuż której przy różnych stanach morza układa się „linia brzegowa”. W dolnej części brzegu, na kontakcie z morzem wydzielana jest strefa potoku przyboju, na którą w zależności od stanów morza wlewają się wody potoku przyboju. Podbrzeże stanowi obszar, w którym na dno oddziałują zdeformowane fale morskie (wody przyboju). Wyodrębnić można tu płytkie podbrzeże do głębokości około 6 m p.p.m. oraz głębsze podbrzeże do głębokości około 14 m p.p.m.

CHARAKTERYSTYKA UTWORÓW NADBRZEŻA

Utwory budujące nadbrzeża są najlepiej poznane w omawianej strefie brzegowej. Ze względu na zróżnicowaną genezę poszczególnych odcinków nadbrzeży oddzielnie omówiono klify zbudowane z osadów plejstocénskich i odrębnie nadbrzeża mierzejowo-wydymowe zbudowane głównie z piasków holocénskich.

Charakterystyka nadbrzeży klifowych na Wybrzeżu Szczecińskim w polskiej literaturze naukowej omówiona jest w różnych aspektach w wielu opracowaniach (Bryl 1972; Dobracka, Ruszała 1988; Karczewski 1961; Kopczyńska-Lamparska 1975, 1979; Kostrzewski, Zieliński 1995; Krygowska, Krygowski 1965; Matkowska i in. 1977; Onoszko, Subotowicz 1979; Racinowski 1974, 1990a, 1990b, 1992; Racinowski i in. 1996; Racinowski, Sochan 1978; Ruszała et al. 1979; Seul 1987; Stankowski 1964; Stankowska, Stankowski 1967; Subotowicz 1984 a, b; Materiały archiwalne 3, 4).

W ścianach klifów prześledzić można stosunkowo dobrze układ zalegania poszczególnych warstw osadów. Znajdujący się tu materiał wykazuje duże

zróżnicowanie wiekowo-genetyczne i litologiczne, co w sposób znaczący rzutuje na rozwój wielu procesów geodynamicznych.

W obrębie klifów występować mogą w formie porwaków lub wycisnąć glaciektonicznych utwory przedczwartorzędowe (jurajskie lub kredowe). Osady te mają głównie charakter ilasty, piaszczysto-gliniasty lub pylasto-piaszczysty, rzadziej wapienno-ilasty. Materiał ten charakteryzuje się znacznym udziałem frakcji poniżej 0,002 mm, przekraczającym nawet 40%. W osadach mało spoistych zaznacza się znaczna obecność frakcji pyłowej (około 60%). Dominującym tworzywem tych osadów jest kwarc, muskowit, tlenki i wodorotlenki żelaza, bezpostaciowa krzemionka, niekiedy węglany oraz minerały ilaste reprezentowane głównie przez illit i smektyt. W omawianych osadach w minimalnych ilościach występują minerały ciężkie, wśród których znaczna ilość przypada na zwietrzałe składniki nieprzezroczyste. Wśród przezroczystych minerałów ciężkich w znacznym udziale występują muskowit i chloryty, w mniejszej ilości cyrkon, rutyl, amfibole oraz glaukonit.

Dominującym utworem budującym klify są osady plejstoceńskie (gliny zwałowe, mulki, materiał piaszczysty i piaszczysto-żwirowy).

Gliny zwałowe są najczęściej glinami piaszczystymi, piaskami gliniastymi i glinami z domieszką żwirów i kamieni. Przeciętny udział podstawowych frakcji w glinach zwałowych mieści się w następujących granicach: $f_k + f_z = 0,5-10\%$, $f_p = 37-66\%$, $f_{\pi} = 20-36\%$, $f_i = 9-19\%$. Wśród frakcji piaskowej największą masę stanowią ziarna o średnicach 0,5–0,25 mm lub 0,12–0,06 mm (rzadziej 0,25–0,12 mm). We frakcji żwirowej glin zwałowych przeważają składniki pochodzące z rozpadu skał krystalicznych, wapieni paleozoicznych, piaskowców kwarcytowych. W zmiennych udziałach stwierdza się mezozoiczne wapienie, margle, mułowce. Żwiry mają formy sferyczne i charakteryzują się słabym wygładzeniem konturu. We frakcji piaszczystej najliczniejsze są częściowo obtoczone i kanciaste ziarna kwarcu (60–80%), a dalej skalenie, ziarna wapieni, inne składniki rozpadu skał krystalicznych. Wśród minerałów ciężkich (stanowiących około 0,3–0,6% masy całego osadu) obok dominujących składników nieprzezroczystych występują muskowit, chloryt, a dalej amfibole, biotyt, epidoty, granaty, glaukonit. W mniejszym odsetku stwierdza się dysten, cyrkon, rutyl, staurolit, turmaliny, pirokseny. We frakcjach pylasto-ilastych obok kwarcu i bezpostaciowej krzemionki występują krystaliczny i bezpostaciowy węglan wapnia, węglan magnezu, muskowit, chloryty, wodorotlenki i tlenki żelaza. Wśród minerałów ilastych charakterystyczne są illit, smektyt, a czasem kaolinit.

Generalnie większość glin zwałowych budujących klify jest związana ze zlodowaceniem północnopolskim (vistulian). Niekiedy szare gliny znajdujące

się w spągowych częściach klifu uważane są za starsze (środkowopolskie, warszawskie).

Występujące w nadbrzeżach klifowych utwory mułkowe są różnej genezy (glaciofluwialne, glacialimniczne). Są to zazwyczaj piaski gliniaste lub pyły piaszczyste. Charakterystycznymi frakcjami są 0,12–0,06 mm oraz 0,02–0,006 mm. Sporadycznie w udziałach większych od 15% występują składniki o średnicach 0,25–0,12 mm lub 0,50–0,25 mm. Pod względem mineralnym utwory te zbliżone są do glin zwałowych.

Szczególnie często w klifach znajdują się piaszczyste i piaszczysto-żwirowe osady, głównie pochodzenia glaciofluwialnego. Reprezentowane są one przez piaski średnie, drobne, grube (rzadziej pospółki lub żwiry). Charakterystycznymi frakcjami tych osadów są 0,50–0,25 mm, a dalej 0,25–0,12 mm i 1,0–0,5 mm. Skład petrograficzny frakcji żwirowej zbliżony jest do stwierdzanego w glinach zwałowych. Jednak poszczególne składniki mają formy bardziej wrzecionowate, spłaszczone, a kontur lepiej wygładzony niż w glinach zwałowych. Skład minerałów lekkich i ciężkich nawiązuje do glin zwałowych.

Cechy litologiczne osadów budujących klify powodują, że formy te są łatwo podatne na niszczące procesy geodynamiczne (np. zmywy powierzchniowe, osypywanie, spełzywanie, zsuwanie, rozmywanie ablacyjne i abrazję). Występujące w ścianach klifów wypływy wód śczeniowych w sposób dodatkowy wpływają negatywnie na stateczność zboczy klifów.

Nadbrzeża mierzejowo-wydmowe (wydmowe), mimo że same formy w krótkim czasie ulegają znacznym przekształceniom przestrzennym, wykazują małe zróżnicowanie cech litologicznych budujących je osadów (np. Dobracka 1992; Dobracka i in. 1977; Kaszubowski 1987; Kostrzewski, Zwoliński 1995; Matkowska i in. 1977; Prusinkiewicz, Noryśkiewicz 1966; Racinowski 1974, 1988, 1990b, 1992; Racinowski, Baraniecki 1990b; Rosa 1984; Ruszała i in. 1979; Urbaniak-Biernacka 1975; Materiały archiwalne 7).

Nadbrzeża mierzejowo-wydmowe Pobreża Szczecińskiego zbudowane są z piasków średnich, rzadziej z piasków drobnych. Praktycznie 90% masy piasku ma średnice mieszczące się w przedziale 0,50–0,12 mm. W piaskach średnich dominuje frakcja 0,50–0,25 mm (55–80%), w piaskach drobnych frakcja 0,25–0,12 mm (zazwyczaj powyżej 60%). W zależności od ogólnie panujących warunków hydro- i aerodynamicznych na danym odcinku strefy brzegowej zróżnicowanie uziarnienia piasku w przekroju poprzecznym wału wydmy nadbrzeżnej ulega zmianom. Piaski wydmore złożone są głównie z kwarcu (około 90%), a dalej ze skaleni i innych minerałów skał krystalicznych. Minerały cięż-

kie stanowią około 1–2% masy całego osadu. Dominują tu składniki nieprze-zroczyste (około 50%), a dalej granaty, amfibole, pirokseny, biotyt. We fra-kcjach drobniejszych licznie spotyka się epidoty, cyrkon, rutil.

W obrębie lądowego zaplecza strefy brzegowej występować może 3–4 ge-neracji różnych wiekowo wałów wydmych. Pierwszy wał wydmy w spo-sób cykliczny jest nadbudowywany przez dostawę rumowiska od strony pod-brzeża i brzegu, gdy jest sprzyjające współdziałanie wód morskich i wiatru. Pas ten podlega też okresowemu niszczeniu pod wpływem rozmywającego działania wód sztormowych oraz silnych wiatrów wiejących z kierunków odlądowych lub równoległe do wału wydmy nadbrzeżnej.

Bardzo istotnym problemem w badaniach nadbrzeży wydmych jest usta-lenie miąższości warstwy dynamicznej, która podlega w sposób ciągły szybkim przekształceniom litodynamicznym. Za spąg tej warstwy przyjmować można odmienne litologicznie osady, na których spoczywa płaszcz luźnych osadów eo-licznych. Mogą to być utwory zdecydowanie grubsze (np. pospółki, żwiry) lub drobniejsze (mulki, gliny), osady typu próchnicznego lub organicznego (torfy). Niekiedy mogą to być osady o zbliżonej granulacji do piasków wydmych, ale zawierające szczątki muszli czy też różniące się od nich zabarwieniem.

CHARAKTERYSTYKA UTWORÓW BRZEGOWYCH (PLAŻOWYCH)

Poniżej odrębnie podano charakterystykę osadów budujących brzeg właści-wy (dolna i górna część brzegu) oraz utwory znajdujące się w strefie potoku przyboju, gdzie pod wpływem chwilowych napływów i spływów wód morskich na brzeg, rumowisko jest w ciągłym ruchu posuwisto-zwrotnym morze–ląd–morze (napływ–spływ–napływ).

Przyjmuje się zazwyczaj, że utworem brzegowym (plażowym) jest powie-rzchniowo zalegające rumowisko biorące w sposób czynny udział w aktualnym kształtowaniu przekroju strefy brzegowej pod wpływem działania procesów hy-dro- i aerodynamicznych. Jako spąg tego materiału uważa się abrazyjną terasę zbudowaną z glin zwałowych lub rezidualnych żwirów. Na odcinkach typowo mierzejowych lub mających na zapleczu lądowym rozwinięte nadbrzeża wyd-mowe, za dolną granicę utworów brzegowych przyjmuje się strop osadów orga-nicznych, piasków ze szczątkami muszli, piasków z przewarstwieniami mul-ków, czyli platformę abrazyjną uformowaną w starych osadach mierzejowych.

Szacunkowo przyjąć można, że miąższość warstwy dynamicznej na brzegu (plaży) waha się od kilkudziesięciu centymetrów w rejonach przyklifowych do przeszło 2 m w rejonach wybrzeży mierzejowo-wydmowych lub z zapleczem wydmowym.

Problematyka brzegu morskiego i budujących go osadów rozważana była przez wielu autorów (Dobracka 1992; Dobracka i in. 1977; Jahn 1965; Kaszubowski 1987; Krygowska 1971; Matkowska i in. 1977; Mielczarski 1964; Morawski 1961; Musielak 1995; Racinowski 1974, 1988, 1990b, 1992; Racinowski, Baraniecki 1990b; Rosa 1984; Ruszała i in. 1979; Zawadzka-Kahlau 1993, Materiały archiwalne 7).

Istotną cechą osadów brzegowych jest ich bardzo szybka dyferencjacja. W ciągu kilku godzin do kilku dni następuje na brzegu całkowite przekształcenie materiału pochodzącego z abradowanych nadbrzeży klifowych. Odbywa się to na odległości kilkudziesięciu do kilkuset metrów od rozmywanego nadbrzeża. Również i po okresie sztormów, materiał żwirowy znajdujący się na plaży „zatapiany” jest bardzo szybko w rumowisku nawianego przez wiatr przesuszonego piasku.

Zasadniczo materiał brzegowy reprezentowany jest przez piaski z domieszką żwirów. Tylko na klifowych odcinkach wybrzeża na plaży występują utwory kamieniste i żwirowe oraz pojedyncze duże głazy. Najczęściej spotykane są piaski średnie z dominantą ziarn we frakcji 0,5–0,25 mm. Wśród nieco rzadziej spotykanych na brzegu piaskach drobnych dominanta przesunięta jest do frakcji 0,25–0,12 mm. Sporadycznie w obrębie brzegu spotykane są ławice piasku grubego. Wszystkie wymienione rodzaje piasków są dobrze przemyte i praktycznie pozbawione ziarn drobniejszych od 0,12 mm.

W piaskach brzegowych najliczniej występującym minerałem jest częściowo obtoczony kwarc (80–90%). Poza nim występują skalenie i inne minerały skał krystalicznych. W typowych piaskach plażowych udział minerałów ciężkich w odniesieniu do masy osadu jest rzędu 1,0–2,0%. Często na brzegu stwierdza się płatowe skupienia piasków wzbogaconych w minerały ciężkie. Zazwyczaj są to laminy rzędu kilku milimetrów (sporadycznie 50–100 mm). We wzbogaceniach tych udział minerałów ciężkich stanowi od kilku do kilkudziesięciu procent masy całego osadu. Wśród minerałów ciężkich obok minerałów nieprzezroczystych w znacznych ilościach występują granaty, amfibole, epidoty, pirokseny, cyrkon, rutyl, dysten, staurolit.

W rejonach przyklifowych na brzegu występują żwiry, z których w stosunku do materiału wyjściowego wyeliminowane zostały składniki mało odporne na niszczenie mechaniczne (wapienie, łupki, iłowce), a odporne na ścieranie

żwiru skał krystalicznych i piaskowców przyjmują formy spłaszczone o obtoczonych krawędziach i narożach.

Problematyka związana z charakterem rumowiska znajdującego się w strefie potoku przyboju omówiona jest w wielu opracowaniach (Baraniecki, Racinowski 1990; Morawski 1961; Racinowski 1974, 1988, 1992; Racinowski, Baraniecki 1990 a, b; Racinowski, Seul 1987; Materiały archiwalne 2).

W strefie potoku przyboju materiał mineralny znajduje się w ciągłym ruchu. Szerokość tej strefy jest zmienna w czasie, a w zależności od dynamiki wód morskich ruchowi poddawany jest grubszy lub drobniejszy materiał. Generalnie dominują tu piaski średnie, grube oraz pospółka i żwir.

We frakcjach grubszych rumowiska występują okruchy skał krystalicznych i piaskowców kwarcytowych o różnych formach i różnym stopniu wygładzenia powierzchni. Sporadycznie stwierdza się żwiry mniej odporne na niszczenie (przy świeżo niszczonych nadbrzeżach klifowych).

We frakcji piaszczystej głównym minerałem jest kwarc (około 80%), mający ziarna częściowo obtoczone. Pozostałe składniki to skalenie i inne minerały skał krystalicznych. Udział minerałów ciężkich jest rzędu 0,2–0,8% masy całego osadu. Przeważają tu minerały nieprzezroczyste, a dalej granaty i amfibole.

CHARAKTERYSTYKA UTWORÓW PODBRZEŻA

Najslabiej rozpoznaną częścią strefy brzegowej Pomorza Zachodniego jest podbrzeże. Informacje na temat tego obszaru znaleźć można w wielu opracowaniach (Musielak, Stolarczuk 1994; Onoszko, Subotowicz 1979; Racinowski 1974, 1988, 1989, 1990 b, 1992; Racinowski, Baraniecki 1990 a,b; Materiały archiwalne 1, 2, 5, 6, 7).

Podbrzeże stanowi strefę o szerokości 800–1200 m, dochodząc do izobaty 10–14 m p.p.m. Na podstawie wycinkowych obserwacji szacować można, że miąższość warstwy dynamicznej osadów jest rzędu 0,3–2,0 m. Wiele faktów świadczy, że w podbrzeżu występują miejsca, w których brak jest współczesnych osadów dennych i w dnie odsłaniają się osady budujące platformę abrazyjną. Sporadycznie prowadzone obserwacje wskazują, że w stosunkowo szybkim czasie miąższość i cechy litologiczne warstwy dynamicznej ulegają wyraźnemu zróżnicowaniu. Odnosi się to na przykład do usytuowania grzbietów wałów i obniżień w polach rewowych, okresowego odsłaniania i zasypywania reziduiów

platformy abrazyjnej oraz towarzyszących temu przekształceń uziarnienia rumowiska.

Wyznaczenie spągu warstwy dynamicznej w podbrzeżu na odcinkach wybrzeży klifowych polega na ustaleniu stropu wychodni utworów plejstocénskich (glin zwałowych, porwaków ilastych, mułków glaciolimniczych, piaszczysto-żwirowych osadów glaciofluwialnych). Na odcinkach wybrzeży mierzejo-wo-wydmych współczesna warstwa dynamiczna bywa czasem trudna do jednoznacznego wyodrębnienia od starszych wiekowo, odmiennych genetycznie, ale podobnych litologicznie osadów holocénskich.

W podbrzeżu występują najczęściej piaski drobne, w których dominuje frakcja 0,25–0,12 mm, a dalej 0,50–0,25 mm. Nieco mniejsze rozprzestrzenienie mają piaski pylaste, dla których charakterystyczne są składniki o średnicy 0,12–0,06 mm i 0,25–0,12 mm. W piaskach tych stwierdza się również występowanie znacznych udziałów (do 20%) frakcji 0,06–0,006 mm. Zdecydowanie rzadziej spotykane są w podbrzeżu piaski średnie. Niezależnie od wymienionych powyżej osadów płatowo występują piaski grube, pospółki i żwiry. Utwory te traktuje się zazwyczaj jako materiał rezidualny. We wszystkich osadach podbrzeża stwierdza się domieszki muszli współczesnych mięczaków morskich.

W składzie mineralnym decydującą rolę odgrywa kwarc (70–90%), któremu towarzyszą skalenie, muskowit, szczątki muszli, szczątki glonów oraz konkrecje organiczno-mineralne. Udział minerałów ciężkich w materiale dennym jest rzędu 0,1–2,0% masy całego osadu. Przeważają wśród nich składniki nieprzezroczyste i konkrecje węglanowo-żelaziste (40–70%). Wśród minerałów przezroczystych charakterystyczne są granaty, amfibole, biotyt, epidoty, a we frakcji drobniejszej cyrkon i rutil.

W utworach podbrzeża obserwuje się pewną zmienność cech litologicznych w zależności od głębokości i formy dennej, z jakiej pobrany został materiał do badań laboratoryjnych. Na przykład różne części rew w różnym etapie ich rozwoju wykazują dla tych samych elementów morfologicznych (grzbiet, stoki, międzyrewie) odmienne cechy litologiczne przy zmiennych stanach morza.

TYOLOGIA MORFODYNAMICZNA

Charakterystyka morfodynamiczna wybrzeża Pobrzeża Szczecińskiego prezentowana jest w wielu opracowaniach (Baraniecki, Racinowski 1990; Bohdziewicz 1963; Fotointerpretacyjny atlas 1990; Mielczarski 1964; Musielak

1995; Musielak i in. 1993; Racinowski 1974; Racinowski, Baraniecki 1990a; Racinowski, Seul 1994; Rosa 1984; Subotowicz 1984 a, b; Szopowski 1961; Zawadzka-Kahlau 1993).

Poniżej zaprezentowano rezultaty wieloletnich obserwacji prowadzonych przez autora, a ostatnio prezentowanych wspólnie z Seulem (Racinowski, Seul 1994). Typologizacja ta nawiązuje do wydzielenia Bohdziewicza (1963), który podaje typologię polskiego wybrzeża w skali 1 : 300 000. Zaprezentowane poniżej wyniki są efektem badań terenowych prowadzonych w skali 1 : 25 000.

Na Wybrzeżu Szczecińskim wyróżniono pięć kontaktujących się ze sobą rejonów. Są to: rejon mierzejowo-wydmowy Bramy Regi; rejon klifowy wysoczyzny Rewala; rejon mierzejowo-wydmowy Bramy Dziwny; rejon klifowy wyspy Wolin; rejon mierzejowo-wydmowy Bramy Świny.

REJON MIERZEJOWO-WYDMOWY BRAMY REGI (KM 345.5–367.0)

Jest to najbardziej wysunięty na wschód rejon, mający długość 21,5 km. Na brzegi abradowane przypada odcinek długości 47%, na nieustabilizowane 36%, ustabilizowane 17%. W ciągu ostatnich 20 lat średnie roczne ubytki łądu są rzędu 0,2 m, dochodząc jednak miejscami do 1 m. Posztormowe ubytki nadbrzeży są szybko likwidowane w wyniku naturalnej akumulacji eolicznej rumowiska zachodzącej równolegle lub pod kątem do linii brzegowej. W celu stabilizacji brzegu najbardziej efektywne zdaje się być techniczne zabezpieczenie górnej części plaży i dolnej części wału wydmy nadbrzeżnej materacami wiklinowymi wzmacnianymi narzutem bloków betonowych. Natomiast środkowa i górna część nadbrzeża umacniana jest metodami biologicznymi. Niewskazana jest czynna ochrona podbrzeża ostrogami oraz nadbudowa brzegu refułarami materiału pobranego z dna morza. Wiąże się to z faktem, że w strefie przyboju występuje tylko cienka warstwa rumowiska, która jest w równowadze lito- i morfodynamicznej. Zmniejszenie grubości warstwy dynamicznej wywołuje intensyfikację niszczenia podbrzeża i obniżanie się podstawy bazy abrazyjnej na danym odcinku strefy brzegowej. Zauważa się, że na intensyfikację niszczenia brzegu ma wpływ falochron w Mrzeżynie.

REJON KLIFOWY WYSOCZYNY REWALA (KM 367,0–385,7)

Rejon ten ma długość 18,7 km. Na odcinku 33% długości brzegi są abradowane, na 41 % niestabilizowane, a tylko odcinek 26% ma nadbrzeża ustabilizowane. Nadbrzeża niszczone są głównie w wyniku płaskich i płytkich osuwisk. Tylko w tych miejscach, gdzie w ścianach nadbrzeży występują ilaste porwaki materiału przedczwartorzędowego rozwijają się klasyczne głębokie osuwiska. Na podstawie danych historycznych z ostatnich 200 lat przyjmuje się, że średnioroczne cofanie się klifów wynosi 0,1–1,0 m. Są to jednak dane „wygładzone”, bowiem w okresie silnych sztormów nieodwracalne ubytki mogą być znacznie większe i przekraczają nawet 2 m. Aktualnie najsilniej niszczone jest nadbrzeże w rejonie Śliwina, gdzie w ciągu ostatnich 20 lat ubytki łądu wynoszą nawet przeszło 17 m. W zależności od znaczenia gospodarczego, technicznego i przyrodniczego brzegi chronione są masywnymi budowlami biernymi, wspomaganyymi przez umocnienia czynne (np. w Niechorzu). Prowadzone ostatnio w Śliwinie zabiegi ochronne stanowią kompleksowe działania inżynierskie polegające na zmniejszeniu nachylenia nadbrzeża, umocnieniu ścian nadbrzeża specjalną wykładziną tekstylną (geomembrana), zabezpieczeniu dolnej części ścian i brzegu narzutem bloków cementowych. Ponadto nadbrzeże odwadniane jest drenami pionowymi. Po paru latach działania tego zabezpieczenia stwierdza się, że poza strefą chronioną zaczęły rozwijać się ponownie silne procesy niszczenia nadbrzeży. W praktyce nie zdała egzaminu ochrona brzegu za pomocą systemu opasek u podstawy nadbrzeży. Większe znaczenie ma tu czynna ochrona górnej części plaży za pomocą narzutu bloków betonowych. Bardzo cienka warstwa rumowiska w podbrzeżu uniemożliwia stosowanie nadbudowy brzegu refulatami z morza. Na niszczenie nadbrzeży znaczny wpływ wywiera gospodarcza działalność człowieka, a głównie wykonywanie nieuszczelnej sieci wodociągowo-kanalizacyjnej, budowa studni chłonnych, lokalizacja dróg i obiektów mieszkalnych w sąsiedztwie klifów.

REJON MIERZEJOWO-WYDMOWY BRAMY DZIWNY (KM 385,7–397,4)

Rejon ten ma długość 11,7 km. Jest to w skali całego Wybrzeża Szczecińskiego obszar najbardziej niszczonej. Na brzegi abradowane przypada 66% długości, a na niestabilizowane 34%. Brak jest odcinków brzegu o cechach ustabilizowanych. Istnieje wyraźna tendencja do cofania się górnej krawędzi wydm

nadbrzeżnych nawet o 1 m w ciągu roku. Ze względów gospodarczych szczególnie silnie chroniona jest wschodnia część tego rejonu. Bowiem w czasie silnych sztormów nastąpić może przerwanie niskiego wału wydm nadbrzeżnych i przedarcie się wód morskich do Jeziora Wrzosowskiego i Zalewu Kamieńskiego. Stosowane są tu systemy czynnych umocnień podbrzeża (ostrogi, ostrogi teowe, progi podwodne), umocnienia górnej części plaży i dolnych części wydm materacami i narzutami bloków betonowych, jak również umocnienia biologiczne środkowych i górnych części wydm. Odcinek wydmy w Dziwnowie szczególnie narażony na abrazję umocniony jest stalową ścianką szczelną, która obudowana jest opaską betonową. Zasilanie brzegu rumowiskiem refulowanym od strony morza nie jest wskazane, ze względu na ciekłą warstwę dynamiczną zalegającą w podbrzeżu i możliwość wywołania podmorskiej abrazji. Daje się zauważyć wpływ falochronu w Dziwnowie na wzmożenie niszczenia brzegu. Ze względu na złożony charakter wzdłużbrzegowych potoków rumowiska (strefa konwergencji) niszczenie brzegu występuje po obu stronach falochronu.

REJON KLIFOWY WYSPY WOLIN (KM 397,4–411,6)

W rejonie tym na odcinku 14,2 km występują najwyższe w Polsce wybrzeża klifowe, przekraczające 80 m wysokości. W środkowej części rejon ten przecięty jest przez trzy stare obniżenia dolinne wypełnione obecnie piaskami eolicznymi. Tak, że można odcinek ten traktować jako wybrzeże wydmy (okolice Wiselki i Grodna). Na odcinku abradowane przypada 42% brzegu, na nieustabilizowane 38%, na znajdujące się w fazie stabilizacji 20%. W zasadzie cały brzeg tego rejonu nie jest chroniony technicznie. Wiąże się to z faktem, że brzeg Bałtyku stanowi tu północną granicę Wolińskiego Parku Narodowego. Na podstawie danych historycznych stwierdza się, że w ciągu ostatnich 300 lat średnie roczne tempo cofania się klifu wynosi około 0,9 m. W ciągu ostatnich 30 lat miejscami we wschodniej części tego rejonu różne krawędzie klifów przemieszczały się w stronę lądu nawet o 3 m / rok, zaś w części zachodniej lokalnie nawet o przeszło 5 m / rok.

REJON MIERZEJOWO-WYDMOWY BRAMY ŚWINY (KM 411,6–428,2)

Rejon ten ma długość 16,6 km. Zachodzi tu wyraźna akumulacja brzegu, ma to miejsce na 54% długości. Brzegi nieustabilizowane stanowią 33%, a abradowane 13%. Wyraźna abrazja zaznacza się po wschodniej stronie falochronu w Świnoujściu. Posztormowe ubytki łądu są szybko likwidowane przez naturalne odkładanie rumowiska transportowanego równolegle do brzegu. Zabiegi ochrony brzegu ograniczają się głównie do biologicznej ochrony nadbrzeży wydmy przed rozwiewaniem i rozmywaniem sztormowym.

UWAGI KOŃCOWE

1. W świetle badań litologicznych zaznacza się bardzo wyraźny związek między wydmy nadbrzeżnymi, utworami brzegowymi i materiałem podbrzeża a osadami plejstoceńskimi budującymi klify.

Charakter litologiczny osadów budujących klify powoduje, że są one łatwo niszczone, są to nieodwracalne zmiany geomorfologiczne. Szacunkowo przyjąć można, że rocznie z klifów Pobrzeża Szczecińskiego do Bałtyku dostaje się masa około 245 tys. ton materiału, z czego około 147 tys. ton pozostaje w strefie brzegowej. Jest to rumowisko o średnicach większych od 0,06 mm. Oznacza to, że rocznie masa deponowanego rumowiska na 1 m² strefy brzegowej wynosi 0,2 kg. Materiał ten pod wpływem działania wód morskich i wiatru ulega szybkiemu przekształcaniu (dyferencjacji), tak w zakresie uziarnienia, jak i składu petrograficzno-mineralnego.

2. Na podstawie przeprowadzonych badań założyć można, że materiał wydmy jest przemieszczany, gdy prędkość dochodzących do podstawy wydmy wód morskich będzie większa od 0,4 m · s⁻¹ lub też prędkość wiatru będzie większa od 3,0 m · s⁻¹. Tak więc wały wydmy nadbrzeżnych z jednej strony narażone są na szybkie niszczenie (rozmywanie, rozwiewanie), z drugiej jednak strony mogą być bardzo szybko odtwarzane w wyniku naturalnych procesów wydymotwórczych.

3. Osady brzegowe (plażowe) są bardzo podatne na przemieszczanie. Można przyjąć, że znajdujące się w warstwie dynamicznej brzegu wszystkie składniki mineralne (z wyjątkiem frakcji kamienistej i grubożwirowej) wprawione zostaną w ruch, gdy prędkość wód potoku przyboju przekraczać będzie 1 m · s⁻¹ lub gdy wiatr będzie wiał z prędkością większą od 10 m · s⁻¹.

Występujące na plażach wzbogacenia w minerały ciężkie mają charakter skupień chwilowych, które szybko ulegają dekoncentracji. Z punktu widzenia gospodarczego piaski wzbogacone w minerały ciężkie nie mają praktycznego znaczenia surowcowego.

4. Najslabiej pod względem litologicznym poznane są utwory podbrzeża. Opierając się na istniejących wynikach badań przyjąć można, że znajdujący się w podbrzeżu materiał poruszany jest przy prędkościach przydennych wody większych od $0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Sądzić można dalej, że przy stanie morza $3-4^\circ \text{B}$ istnieją warunki do przemieszczania piasków drobnych i średnich w pasie mieszczącym się między izobatami 0 a 7 m p.p.m. Natomiast przy stanie morza $5-6^\circ \text{B}$ pas ten będzie się mieścił między izobatami 0 a 12 m p.p.m.

5. Na podstawie badań litologicznych strefy brzegowej Pobrzeża Szczecińskiego nie można w sposób uzasadniony litodynamicznie bilansować rumowisko pochodzące z rozmywanych brzegów i odkładanych w innych „akumulacyjnych” częściach wybrzeża. Generalnie sędzi się, że większość rozmytego z lądu materiału przechwytywana jest przez pola rewowe, gdzie znajduje się w fazie równowagi labilnej bez możliwości odkładania na pozaklifowych odcinkach wybrzeża. Ten stwierdzany niedobór odkładanego rumowiska na plażach zdaje się potwierdzać sugestię o sukcesywnym obniżaniu lądu na tym obszarze.

O ile na podstawie badań litologicznych wnioskować można o pewnych tendencjach morfodynamicznego rozwoju brzegu, to nie można w sposób jednoznaczny określić wzdłużbrzegowego kierunku transportu rumowiska. Sądzić można, że w rejonie pól rewowych w podbrzeżu zaznacza się lokalny tranzyt rumowiska skierowany okresowo ku wschodowi, zachodowi oraz w kierunku prostopadłym do (lub od) brzegu.

6. Skuteczność ochrony brzegu Pobrzeża Szczecińskiego jest dyskusyjna (Borowiec i in. 1994; Cieślak, Subotowicz 1987; Grotowski 1984; Hauryłkiewicz i in. 1984; Onoszko 1984). Brak ciągłego monitoringu strefy brzegowej, brak sprawdzonych modeli rozwoju brzegu oraz brak ujednoliconej kompleksowej techniki ochrony brzegu powodują, że do tej pory nie ma wypracowanych efektywnych sposobów ochrony i kształtowania strefy brzegowej. Tymczasem w ciągu ostatniego 100-lecia istnieje wyraźna tendencja do naturalnego niszczenia brzegu i obniżenia się go około 10 cm (Zawadzka-Kahlau 1993). Aktualnie na brzegi abradowane przypada 32,3 km (39%), na brzegi nieustabilizowane 30,9 km (37,4%), na ustabilizowane 19,5 km (23,6%). W zasadzie w ciągu ostatnich 30 lat procesy morfodynamiczne mają podobny charakter i intensywność na tych samych odcinkach Wybrzeża Szczecińskiego.

Wobec intensywnego działania naturalnych procesów powodujących niszczenie brzegu morskiego Pobrzeża Szczecińskiego uważa się, że doraźną ochroną powinny być objęte tylko te odcinki, które w sensie gospodarczym, technicznym i przyrodniczym stanowią znaczne wartości. W sposób wnikliwy analizowane powinny być sposoby zabezpieczenia brzegu i skutki tych działań na podbrzeże oraz sąsiadujące odcinki strefy brzegowej. W sposób wyraźny na zapleczu lądowym wyznaczone muszą być pasy techniczne, w obrębie których winna być ograniczona lub celowo zaprogramowana działalność człowieka zapobiegająca niszczeniu nadbrzeży w wyniku antropopresji.

LITERATURA

- Baraniecki J., Racinowski R. 1990; Wykorzystanie parametrów uziarnienia rumowiska z dolnej części splywu strefy potoku przyboju do określenia tendencji rozwojowych brzegu morskiego wyspy Wolin. *Studia i Materiały Oceanologiczne*, 55, Wrocław-Warszawa, 107-127.
- Bohdziewicz L. 1963; Przegląd budowy geologicznej i typów polskich wybrzeży. Materiały do monografii polskiego brzegu morskiego, 5, Poznań-Gdańsk, 10-41.
- Borowiec A., Domaradzki P., Grotowski A. 1994; Główne problemy związane z ochroną brzegów na zachodnim wybrzeżu Polski. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, 15, 5, Gdańsk, 232-239.
- Bryl A. 1972; Spostrzeżenia nad zaburzeniami w glinie morenowej klifu morskiego w Grodnie na Wolinie. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, s.A, 25, Poznań, 61-73.
- Cieślak A., Subotowicz W. 1987; Raport o stanie wiedzy o brzegu morskim w Polsce i jego ochronie. *Inżynieria Morska*, 8, 2, Gdańsk, 44-49.
- Dobracka E. 1992; Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, ark. Trzebiatów 1 : 50 000. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Dobracka E., Dobracki R., Matkowska Z. 1977; Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, ark. Kamień Pomorski, ark. Dziwnów 1 : 50 000. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Dobracka E., Ruszała M. 1988; Charakterystyka geologiczna i geomorfologiczna strefy przymorskiej na odcinku Międzyzdroje-Trzęsacz. *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 378, Szczecin, 17-52.
- Fotointerpretacyjny atlas dynamiki strefy brzegu morskiego. Odcinek Świnoujście-Pogorzelica. Urząd Morski - Szczecin, Uniwersytet Szczeciński, OPGK - Szczecin. Szczecin 1990.
- Grotowski A. 1984; Wyniki pracy ostróg „teowych” w Dziwnowie w 15-letnim okresie eksploatacji. *Inżynieria Morska*, 5, 4, Gdańsk, 157-159.

- Grotowski A. 1988; Kompleksowe badania pasa przymorskiego w celu optymalnego kształtowania środowiska przyrodniczego. *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 378, Szczecin, 93–101.
- Haurylkiewicz J., Lupa H., Safanów J. 1984; Wpływ odwodnienia klifu na jego stateczność. *Inżynieria Morska*, 5, 3, Gdańsk, 105–109.
- Jahn M. 1965; Otoczaki plażowe jako wskaźnik rozwoju brzegu morskiego. *Acta Univ. Warislaviensis*, 39, *Studia Geograficzne*, V, Wrocław.
- Karczewski A. 1961; Morfologia i struktura moreny dennej okolic Rewala (Pomorze Zachodnie). *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, s. A, 7, Poznań, 129–145.
- Kaszubowski L. 1987; Holocen Mierzei Dziwnowskiej. *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 357, Szczecin, 5–27.
- Kopczyńska-Lamparska K. 1975; Typy litologiczne i deformacje glin zwałowych klifu okolic Rewala w aspekcie stratygraficznym. *Biuletyn Geologiczny, Uniw. Warszawski*, 18, Warszawa, 237–258.
- Kopczyńska-Lamparska K. 1979; Objąsnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski, ark. Niechorze 1 : 50 000. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Kostrzewski A., Zwoliński Z. 1995; Present-Day Morphodynamics of the Cliff Coast of Wolin Island. *Polish Coast: Past, Present and Future*. Ed. K. Rotnicki. Poznań, 293–303.
- Krygowska L. 1971; Dynamika środowiska plażowego w świetle obróbki ziarn (na odcinku Międzyzdroje–Darlówko). *PTPN Prace Kom. Geograficzno-Geologicznej*, 12, 2, Poznań.
- Krygowska L., Krygowski B. 1965; Kilka spostrzeżeń dotyczących struktury klifu w Grodnie na Wolinie. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, s. A, 15, Poznań, 167–170.
- Matkowska Z., Ruszala M., Wdowiak M. 1977; Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, ark. Świnoujście, ark. Międzyzdroje 1 : 50 000. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Mielczarski A. 1964; Wyniki badań i studiów nad topografią, morfologią i rejonizacją brzegów Bałtyku od Rozewia do Świnoujścia. *Materiały do monografii polskiego brzegu morskiego*. 6, Gdańsk–Poznań, 63–117.
- Mielczarski A. 1991; Ekstrapolacyjna metoda prognozowania zjawisk zmienności brzegów morskich. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, 12, 6, Gdańsk, 245–250.
- Morawski J. 1961; Charakterystyka mineralno-petrograficzna oraz morfologiczna piasków i żwirów z wybrzeża wyspy Wolin. *Ann. UMCS, sec. B*, 16, Lublin, 1–36.
- Musielak S. 1995; Shoreline Dynamics Between Niechorze and Świnoujście. *Polish Coast: Past, Present and Future*. Ed. K. Rotnicki, Poznań 289–291.
- Musielak S., Furmańczyk K., Osadczuk K., Prajs J. 1993; Fotointerpretacyjny atlas dynamiki brzegu morskiego. *Geologia i geomorfologia środkowego pobrzeża i południowego Bałtyku*. Słupsk, 75–82.
- Musielak S., Stolarczuk A. 1994; Morfodynamika rew piaszczystych. *Zeszyty Naukowe Uniw. Szczecińskiego*, 134, *Marine Sciences* 2, Szczecin, 35–60.
- Onoszko J., Subotowicz W. 1979; Procesy brzegowe w rejonie klifu w Trzęsaczu. *Technika i Gospodarka Morska*, 3, Gdańsk, 158–163.

- Onoszko J. 1984; Ochrona polskiego brzegu morskiego w minionym 40-leciu. *Inżynieria Morska*, 5, 5, Gdańsk, 203–210.
- Prusinkiewicz Z., Noryskiewicz B. 1966; Zagadnienie wieku bielicy na wydmach brunatnych aluwialnego łądu Świny w świetle analizy palinologicznej i datowania radiowęglą ^{14}C . *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu M. Kopernika*, 14, Geografia 5, Toruń, 75–88.
- Racinowski R. 1974; Dynamika środowiska sedimentacyjnego strefy brzegowej Pomorza Zachodniego w świetle badań minerałów ciężkich i uziarnienia osadów. *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 4, Szczecin.
- Racinowski R. 1988; Litologiczna charakterystyka osadów powierzchniowych strefy brzegowej Pobrzeża Szczecińskiego. *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 378, Szczecin, 71–81.
- Racinowski R. 1989; Próba interpretacji dynamicznej badań litologicznych osadów podbrzeża między Niechorzem a Trzęsaczem. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, s. A, 33, Poznań, 77–103.
- Racinowski R. 1990 a; Uwagi o wpływie cech hydrogeologicznych podłoża na rozwój strefy brzegowej w rejonie Rewala. *Przegląd Geologiczny* 38, 11, Warszawa, 492–495.
- Racinowski R. 1990 b; Głównie kierunki badań geologicznych strefy brzegowej Bałtyku realizowane w Zakładzie Geotechniki Politechniki Szczecińskiej w latach 1960–1990. *Problematyka badań morza w Regionie Szczecińskim*. Politechnika Szczecińska. Szczecin, 103–135.
- Racinowski R. 1992; Charakterystyka standardowych cech litologicznych rumowiska strefy brzegowej morza Pobrzeża Szczecińskiego. *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 459, Szczecin, 5–93.
- Racinowski R., Baraniecki J. 1990 a; Przydatność litologicznych wskaźników dla charakteryzowania wzdłużbrzegowego potoku rumowiska na polskim wybrzeżu Bałtyku. *Rozprawy hydrotechniczne*. IBW PAN, 51, Gdańsk, 159–210.
- Racinowski R., Baraniecki J. 1990 b; Wyniki badań uziarnienia rumowiska brzegu morskiego Mierzei Dziwnowskiej. *Inżynieria Morska*, 10, 1, Gdańsk, 10–31.
- Racinowski R., Seul C. 1987; Zmienność niektórych cech litologicznych rumowiska z dolnej części strefy potoku przyboju na wyspie Wolin. *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 357, Szczecin, 29–42.
- Racinowski R., Seul C. 1994; Aktualne cechy morfodynamiczne Wybrzeża Szczecińskiego. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, 15, 2, Gdańsk, 59–64.
- Racinowski R., Seul C., Dwucet K. 1996; Results of Investigations of Chosen Lithologic Features of Coherent Ground of the Cliff in Śliwin near Rewal (West Pomerania). *Seminar on: Problems of Geoengineering in Szczecin Region*. Szczecin, 33–49.
- Racinowski R., Sochan A. 1978; Zastosowanie prostych metod statystycznych w badaniach petrograficznych glin zwalowych (na przykładzie materiału klifu Trzęsacz–Niechorze). *Instytut Geologiczny. Biuletyn*, 300, Warszawa, 179–198.
- Rosa B. 1984; Rozwój brzegu i jego odcinki akumulacyjne. [W:] Red. B. Augustowski, *Pobrzeże Pomorskie*. Ossolineum. Wrocław–Warszawa, 67–120.
- Ruszczyńska M., Dobracka E., Piotrowski A. 1979; Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, ark. Wolin, ark. Międzyzdroje 1: 50 000. *Instytut Geologiczny*. Warszawa.

- Seul C. 1987; Badania morfodynamiczne brzegu klifowego na wschód od Dziwnówka. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, 357, Szczecin, 43–52.
- Stankowska A. 1964; Z badań glin zwałowych klifu pod Rewalem w zakresie mineralów ciężkich i niektórych elementów chemicznych. Zeszyty Naukowe Uniw. A. Mickiewicza, Geografia 5, Poznań, 121–130.
- Stankowska A., Stankowski W. 1967; Próba rozpozniomowania glin zwałowych Polski Zachodniej w świetle analiz mineralogicznych i chemicznych. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, s. A, 17, Poznań, 10–139.
- Subotowicz W. 1984 a; Litodynamika brzegów klifowych wybrzeża Polski. GTN – Ossolineum. Wrocław–Warszawa.
- Subotowicz W. 1984 b; Brzegi klifowe. [W:] Red. B. Augustowski, Pobrzeże Pomorskie. Ossolineum, Wrocław–Warszawa, 121–149.
- Szopowski Z. 1961; Zarys historyczny zniszczeń polskich morskich brzegów klifowych. Materiały do monografii polskiego brzegu morskiego, 1, Gdańsk, 5–36.
- Urbanik-Biernacka U. 1975; Wydmy okolic Świētouřcia na wyspie Wolin. Acta Univ. M. Kopernika, Geografia 11, Toruń, 57–85.
- Zawadzka-Kahlau E. 1993; Tendencje rozwojowe brzegów południowobałtyckich w ostatnim stuleciu. Instytut Morski. Gdańsk–Szczecin.

MATERIAŁY ARCHIWALNE

1. Badania dna morskiego w rejonie Niechorza. Praca zbiorowa. Biuro Studiów i Opracowań Naukowych. WSR. Szczecin 1970.
2. Charakterystyka litodynamiczna strefy brzegowej na podstawie analizy wybranych wskaźników uziarnienia i składu mineralnego. Praca zbiorowa. Instytut Inżynierii Wodnej, Politechnika Szczecińska. Szczecin 1978–1980.
3. Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla projektu zabezpieczenia osuwiska w Śliwinie. Praca zbiorowa. Geoprojekt – Unitech. Szczecin 1992 .
4. Koncepcja sposobu zabezpieczenia brzegu klifowego w Śliwinie Bałtyckim. Praca zbiorowa. NOT – Zakład Usług Technicznych. Szczecin 1992.
5. Mapa występowania żwirów w strefie przybrzeżnej południowego Bałtyku na odcinku Bagicz–Świnoujście. Praca zbiorowa. Instytut Geologiczny. Szczecin 1972.
6. Perspektywy występowania złóż mineralów ciężkich w piaskach morskich i plaży południowego Bałtyku. Praca zbiorowa. Instytut Geologiczny . Szczecin 1971.
7. Program kompleksowego zabezpieczenia brzegów Mierzei Dziwnowskiej w aspekcie długofalowych działań Urzędu Morskiego w Szczecinie. Praca zbiorowa. Zakład Geotechniki, Politechnika Szczecińska. Szczecin 1986–1987.

SUMMARY

The Stettinian coastline is 82.7 km long. Within this coastal strip there are reciprocally contacting cliffed and spit-dune shores. The cliffed backshores, which stretch over a length of 32.9 km, are built out of boulder clays, glaciolimnic loams, glaciofluvial sands and Mesozoic silt xenoliths. The spit-dune shores cover a length of 49.8 km. They are chiefly built out of medium sands and, less frequently, out of fine sands. Within lower beds of these backshores the peat or loam outcrops are occasionally encountered. The foreshores within the Stettinian Coastland are from 5 m to 90 m wide. They are chiefly built out of medium sands with gravel admixture. In principle, gravels, stones and boulders occur only within the cliffed coasts. The dynamic layer thickness within the foreshore ranges from several dozen centimetres to two metres. The surf flow zone is of variable width, depending on sea state. Predominant in this zone are medium sands, coarse sands, sand-gravels and gravels. The shoreface makes a zone with a width of 800 m to 1,200 m, coming down to a depth of 12 m to 14 m below sea level. The dynamic layer of the debris is from 0.2 m to 2.0 m thick and is chiefly formed by fine or medium sands. Occasionally, in some places there are clayey or rocky residual deposits which form an abrasion platform.

In morphodynamic respect the Stettinian Coastland can be divided into five regions. Beginning from the west these are the Świna Gateway region, the cliffed region of the Wolin island, the Dziwna Gateway region, the cliffed region of the Rewal Plateau and the spit-dune region of the Rega Gateway. Except its Western part the Stettinian Coast is being intensely eroded from 0.2 m to 2.0 m (and more) annually.

So far, there is lack of an effective method developed for technical protecting and shaping the coastal zone. There is an opinion that a makeshift protection should cover only those coastal sections which are of especial economic, technical or natural value.