

Wacław Florek
Iwona Pasamonik
Klaudia Stanisławska
Akademia Pomorska
Słupsk
wacław.florek@apsl.edu.pl
iwona.pasamonik@apsl.edu.pl

ZMIANY POŁOŻENIA NADBRZEŻA ZATOKI USTECKIEJ W LATACH 1961-2003

THE CHANGES OF ONSHORE IN USTECKA BAY IN YEARS 1961-2003

Zarys treści: Autorzy podjęli próbę wykorzystania wyników pomiarów wykonanych w latach 1961, 1973, 1982, 1990 i 2003 w pasie technicznym nadzorowanym przez Urząd Morski w Słupsku, na odcinku określanym jako Zatoka Ustecka, do wyznaczania odcinków nadbrzeża szczególnie narażonych na abrazję. Wykorzystując wyniki pomiarów i program Quantum GIS 2.8.1, utworzono bazę danych zawierającą szczegółowe informacje dotyczące zmian położenia linii brzegowej w poszczególnych latach. Dane te zostały porównane z wynikami uzyskanymi przez innych autorów, którzy analizowali treść map topograficznych wydanych w ciągu ostatnich 180 lat i materiały pomiarowe pochodzące z innych źródeł.

Słowa kluczowe: abrazja, klif, Zatoka Ustecka, linia podstawy klifu/wydmy

Key words: abrasion, cliff, Ustecka Bay, cliff/dune base line

Wprowadzenie

Zdaniem B. Rosy (1984) od połowy XIX wieku datowany jest okres nasilania się procesów abrazyjnych, przy czym w warunkach morfologicznych i litologicznych wybrzeża południowego Bałtyku podniesienie się średniego poziomu morza o 1 mm oznacza przesunięcie się linii brzegowej o około 1 m. Obecnie poziom oceanu światowego podnosi się o około 1,5 mm rocznie (w rejonie Ustki – 2 mm rocznie; śred-

nia z lat 1951-1985) (Zeidler i in. 1995), zatem nasilenie się procesów abrazyjnych winno być traktowane jako zjawisko, którego można oczekiwać.

Cel i metody badań

Celem badań jest określenie zmian położenia strefy nadbrzeża Zatoki Usteckiej, które dokonały się w ciągu 42 lat (od roku 1961 do 2003) za sprawą intensywnych, w tym ekstremalnych, sztormów. Podstawą oceny stały się wyniki pomiarów przeprowadzonych na analizowanym odcinku na zlecenie Urzędu Morskiego w Słupsku w celu wykonania planów pasa technicznego w skali 1:2500 (np. w roku 2003 przez Instytut Morski w Gdańsku), po części przez pracowników samego Urzędu. Wnioski płynące z analizy tych danych zostały skonfrontowane z obserwacjami i pomiarami dokonanymi przez innych autorów. W niniejszym artykule wykorzystano przede wszystkim materiały opublikowane przez E. Zawadzką-Kahlau (1993, 1994, 1999, 2012), J. Dudzińską-Nowak i K. Furmańczyka (2005), T.A. Łabuza (2005), W. Florka i in. (2008, 2009), J. Dudzińską-Nowak (2015) oraz P. Sitkiewicza i in. (2015). Zamierzeniem autorów artykułu było wyznaczenie odcinków nadbrzeża szczególnie narażonych na procesy abrazji oraz zmian ich położenia w kolejnych dziesięcioleciach, a także dokonanie próby wskazania czynników odpowiedzialnych za zmiany nadbrzeża Zatoki Usteckiej w całym badanym okresie, jak i w poszczególnych dziesięcioleciach mieszczących się w przedziale 1961-2003.

Niniejsze opracowanie zostało oparte na interpretacji danych otrzymanych z Urzędu Morskiego w Słupsku. Obejmują one wyniki pomiarów pasa technicznego analizowanego odcinka wykonane w latach 1961, 1973, 1982, 1990 i 2003. Dane zostały udostępnione jako warstwy brzegowe w formacie shp. Do ich odczytu oraz interpretacji został wykorzystany program Quantum GIS 2.8.1. Utworzono bazę danych zawierającą szczegółowe informacje dotyczące zmian położenia linii brzegowej (rozumianej jako linia podstawy klifu/wydmy) w poszczególnych latach. Dla potrzeb tego opracowania dane pomiarowe były odczytywane co 200 m, jednak dla uczytelnienia diagramów słupkowych przedstawionych w dalszej części artykułu dane te zostały zagregowane dla odcinków o długości 1 km. W tym samym programie jako podkład topograficzny wykorzystano mapy w skali 1:10 000 pochodzące z zasobów www.geoportal.gov.pl (z dnia 24.04.2012). Opracowanie to zostało uzupełnione dokumentacją fotograficzną.

Obszar badań

Obszarem badań było nadbrzeże w okolicach Ustki; przez wielu ten odcinek wybrzeża nazywany jest Zatoką Ustecką (ryc. 1, Florek i in. 2005; Rudowski, Wróblewski 2012). Nie jest on dokładnie zdefiniowany – na potrzeby niniejszego artykułu przyjęto, że obejmuje on odcinek od 218 do 252 km brzegu morskiego. Obszar ten ma charakter urozmaicony, w przewadze klifowy, abrazyjny. Powierzchnia podplejstoczeńska charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem wskutek przekształcenia przez egzaracyjną działalność lądolodu.



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań

Fig. 1. Research area location

Źródło: opracowanie własne

Mięszkość osadów czwartorzędowych zmienia się od ok. 120 m na wysokości mierzei jeziora Wicko, przez 40 m w Ustce do ponad 130 m na wschód od ujścia Łupawy (Tomczak 1993). Wysokość klifu zmienia się od około 5-10 m na wschód od Jarosławca, przez 3-5 m w Ustce (km 236-233), 12-15 m w rejonie Orzechowo – Poddąbie (km 230-225), 25 m w Dębinie (km 222), do 4-5 m w Rowach (km 220-217).

Podstawę klifu wszędzie (oprócz ujściowych odcinków Słupi i Łupawy) stanowią gliny bazalne i spływowe oraz osady glacialimiczne powstałe przede wszystkim w późnym vistulianie (po fazie pomorskiej), lokalnie także różnoziarniste piaski fluwioglacjalne. Gлина bazalna wszędzie zawiera dużą domieszkę materiału żwirowo-kamienistego, niekiedy silnie zwiertzałego (zwłaszcza łupki krystaliczne). Liczne są okruchy wapieni paleozoicznych, często z fauną. W glinie występuje wyraźny cios, z przewagą spękań pionowych. Wyżej leżą późnoglacialne osady limniczne, torfy, a klif wieńczy zwykle górnoholoceńskie piaski eoliczne z glebami kopalnymi (Olszak i in. 2008).

Na powierzchni osadów spoistych (glin oraz późnoglacialnych i holocenijskich torfów) tworzą się liczne wysięki i źródła, co sprzyja powstawaniu obrywów i osuwisk, a w dalszej kolejności nawadnianiu osadów stokowych. Stymuluje to rozwój klifu.

Tempo cofania klifów w nawiązaniu do warunków sztormowych

Porównanie materiałów kartograficznych i katastralnych z lat 1862-1938 wykazało, że brzeg na wschód od Ustki cofnął się w tym czasie o 150 m, a więc w tempie około 2 m/rok; według E. Zawadzkiej-Kahlau (1994, 1999) w ciągu ostatnich 100 lat tempo to wynosiło 1,6 m/rok. Ostatnio E. Zawadzka-Kahlau (2012) oceniła rozmiar

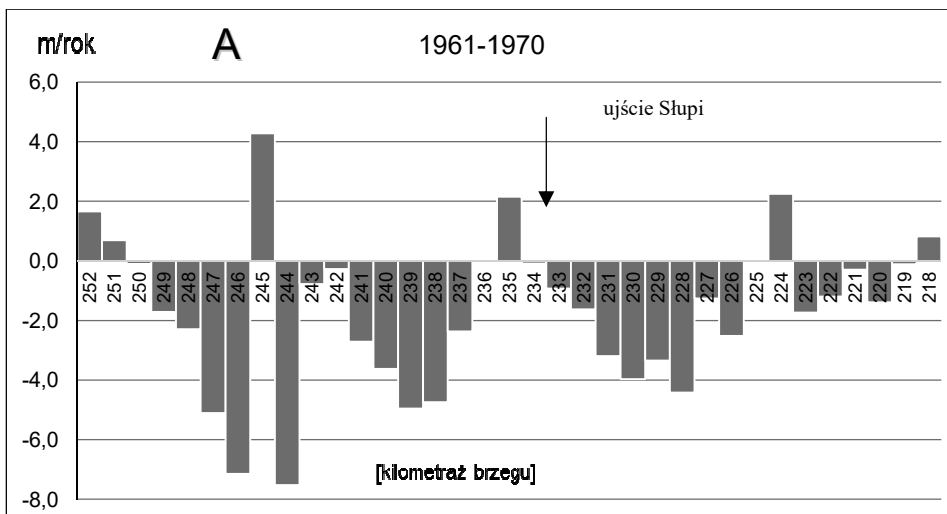
cofnięcia się linii brzegowej w rejonie Ustki na 450 m, zaś na odcinku mierzei jeziora Wicko na 150 m. Zestawienie map katastralnych z lat 1960 i 1970 z pomiarami geodezyjnymi z roku 1978 (Salik 1979) wskazało, że tempo abrazyji klifu na wschód od Ustki wyniosło 1,0-2,3 m/rok, zaś w okolicach Dębiny – 0,2-1,8 m/rok. E. Zawadzka-Kahlau (1994, 1999) oceniła tempo tych zmian w latach 1971-1983 na 2,7 m/rok w Ustce i 1,65-2,65 m/rok w Dębiniu. Z badań przeprowadzonych przez J.J. Frydla i in. (2017) z wykorzystaniem analiz kartograficznych i skaningu naziemnego (TLS) wynika, że średnie tempo abrazyji klifu na zachód od ujścia Orzechówki (km 229,4-230,0) było wyższe niż abrazyji odcinka położonego na wschód jej od ujścia (km 228,4-229,2). W latach 1889-2000 wynosiło ono odpowiednio 1,5 m/rok i 0,6 m/rok, w latach 2000-2011 – 4,8 m/rok i 2,8 m/rok, a w okresie 2011-2016 r. – 2,1 m/rok i 1,1 m/rok (Frydel i in. 2017). Na te wartości składają się katastrofalne ubytki, rzędu 7-8 m (np. w roku 1983), które oddzielone są krótkimi okresami stabilizacji brzegu, bądź nawet narastania plaży. Podkreślić należy, że największe zniszczenia abrazyjne wystąpiły pod koniec ciepłych zim (np. 1913/14, 1982/83, 1986/87, 1999/2000, 2006/07), kiedy to brzeg nie był chroniony pokrywą lodu morskiego, a sztormy rozwijały się przy dominacji wiatru z sektora N-NE (Florek, Florek 1995), lub podczas sztormów jesiennych, którym zazwyczaj towarzyszą największe spiętrzenia sztormowe (Sztobryn, Stigge 2005; Florek i in. 2015). Trudny do określenia pozostaje udział sztormów jako czynnika determinującego tempo cofania się klifów, ponieważ w wielu pracach pod pojęciem zjawisk sztormowych rozumie się jedynie podniesienie poziomu morza ponad określony poziom (por. Majewski i in. 1983; Sztobryn, Stigge 2005; Wiśniewski, Wołski 2009).

Zmiany położenia podstawy klifu/wydmy w Zatoce Usteckiej w okresie 1961-2003

Dane, które zostały wykorzystane do analizy zmian położenia podstawy klifu/wydmy na badanym odcinku wybrzeża, były efektem pomiarów dokonanych w latach 1961, 1973, 1982, 1990 i 2003, a więc analizowane przedziały czasowe nie są równe. W tej sytuacji zamiast oceniać bezwzględne zmiany położenia podstawy klifu/wydmy we wszystkich przypadkach, posłużono się danymi przeliczonymi na roczne tempo zmian (w m/rok), w pierwszej fazie analiz w odniesieniu do nierównych przedziałów czasowych (np. 1961-1973), a w następnym dokonano przeliczeń dla okresów dziesięcioletnich (np. 1961-1970). Wyjątkiem jest wyliczenie obejmujące cały okres badań (1961-2003).

Okres 1961-1970

Lata 1961-1970 charakteryzowały się wyraźnie zaznaczoną tendencją abrazyjną. Na całym analizowanym odcinku wybrzeża jedynie na 7 odcinkach kilometrowych zaznaczyła się skłonność do przyrostu brzegu, a odcinki te były nieregularnie rozrzucone (ryc. 2a). Abrazję odnotowano po obu stronach ujścia Słupi, przy czym większe jej tempo na zachód od Ustki, na odcinku pomiędzy 236 a 241 km (2,2-4,5 m/rok) i 243 a 249 km brzegu (1,8-7,6 m/rok). W tym okresie abrazja wschodniego wybrzeża Zatoki Usteckiej była mniej intensywna i koncentrowała się na odcinku położonym pomiędzy 225 a 233 km brzegu (0,9-4,2 m/rok) (ryc. 2a).



Ryc. 2a. Roczne tempo zmian położenia linii podstawy klifu/wydmwy w Zatoce Usteckiej w latach 1961-1970

Fig. 2a. Annual rate of changes in the location of the cliff/sand dune baseline in the Ustecka Bay in the years 1961-1970

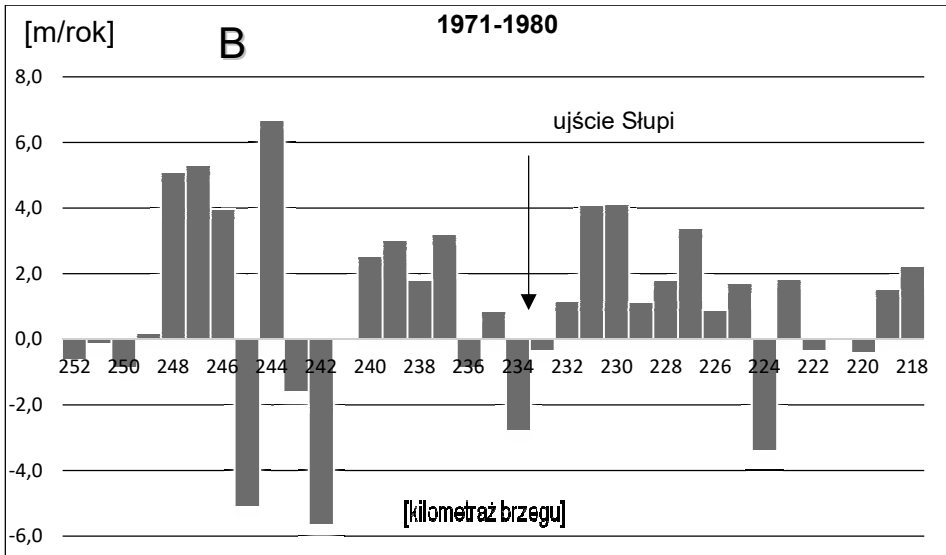
Źródło: opracowanie własne

Okres 1971-1980

Dziesięciolecie 1971-1980 bardzo mocno się różniło od poprzedniego. Aż na 22 odcinkach kilometrowych odnotowano przyrost brzegu (ściślej – przesunięcie linii podstawy klifu/wydmwy ku północy). Największe tempo przesuwania się linii podstawy klifu/wydmwy stwierdzono na odcinku położonym pomiędzy 243 a 248 km brzegu (4,0-6,3 m/rok), a więc niemal na tym samym, na którym w poprzednim dziesięcioleciu zaznaczyła się najbardziej intensywna abrazja. Pozostałe odcinki akumulacyjne pojawiły się tuż na zachód od ujścia Słupi (km 234-240 – z tempem przyrostu wynoszącym 0,6-3,2 m/rok i na wschód od niego, na odcinku położonym pomiędzy kilometrami 222 i 232 (0,6-2,0 m/rok). Na tym odcinku również w poprzednim okresie odnotowano abrazję. Odcinki abrazyjne objęły w okresie 1971-1980 jedynie 12 km; najbardziej intensywnie abradowany był odcinek 241-243 i 244-245 km brzegu (1,5-5,7 m/rok) (ryc. 2b).

Okres 1981-1990

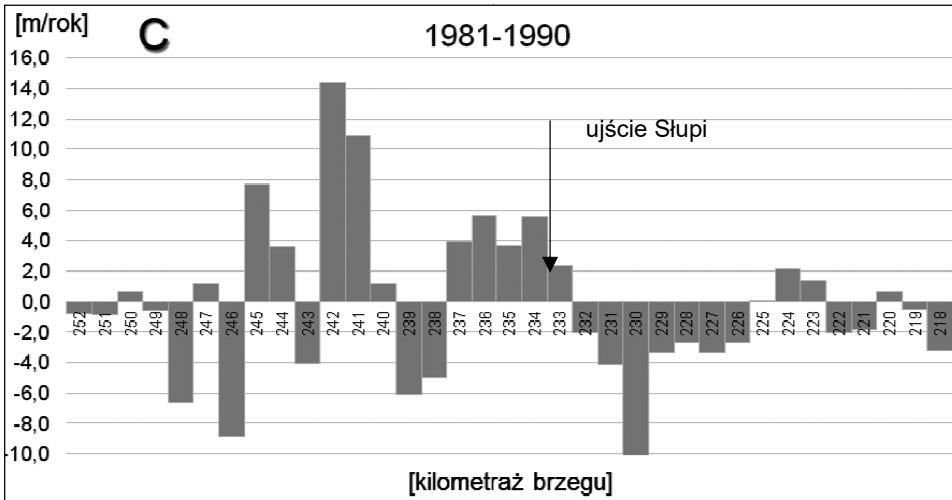
Kolejne dziesięciolecie, 1981-1990, charakteryzowało się bardzo dużą intensywnością procesów abrazyjnych i akumulacyjnych w środkowej części Zatoki Usteckiej i względnie powolnym rozwojem jej skrajnych odcinków, gdzie tempo zmian mieściło się w przedziale +2,0-3,3 m/rok. Intensywne przyrosty brzegu odnotowano na zachód od ujścia Słupi (km 233-237; 1,1-5,8 m/rok), a przede wszystkim na odcinku położonym dalej na zachód, pomiędzy 239 a 246 km brzegu, z kulminacją na km 241-242 – 14,2 m/rok (!) (ryc. 2c).



Ryc. 2b. Roczne tempo zmian położenia linii podstawy klifu/wydmy w Zatoce Usteckiej w latach 1971-1980

Fig. 2b. Annual rate of changes in the location of the cliff/sand dune baseline in the Ustecka Bay in the years 1971-1980

Źródło: opracowanie własne



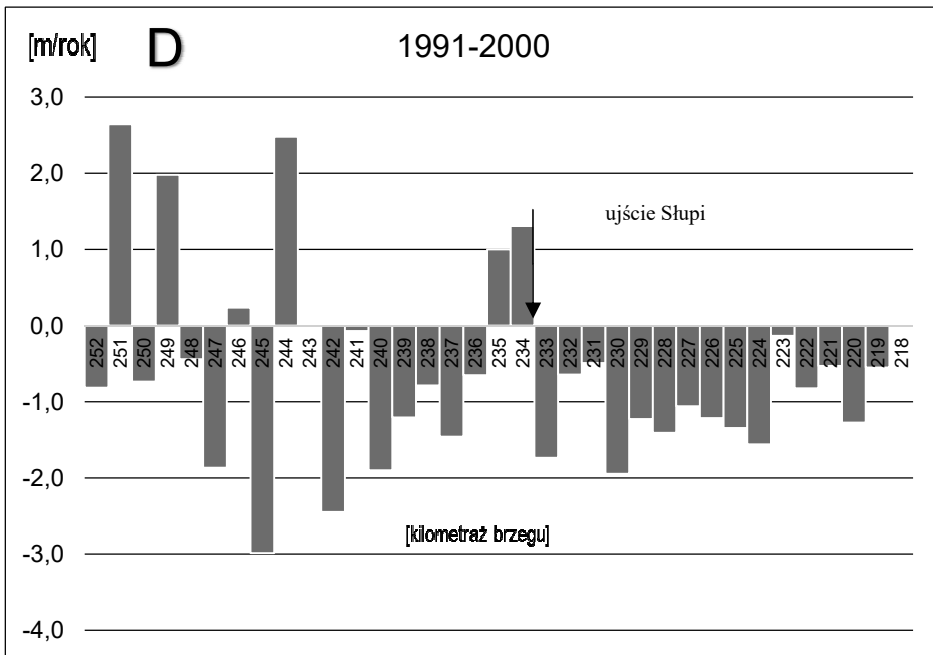
Ryc. 2c. Roczne tempo zmian położenia linii podstawy klifu/wydmy w Zatoce Usteckiej w latach 1981-1990

Fig. 2c. Annual rate of changes in the location of the cliff/sand dune baseline in the Ustecka Bay in the years 1981-1990

Źródło: opracowanie własne

Okres 1991-2000

Lata 1991-2000 to na wybrzeżu Zatoki Usteckiej kolejny okres dominacji tendencji abrazyjnych. Przyrosty brzegu odnotowano jedynie na pięciu kilometrowych odcinkach (w tempie 1,0-2,7 m/rok) i to wyłącznie położonych na zachód od ujścia Słupi. Procesy abrazyjne objęły cały odcinek leżący na wschód od ujścia Słupi, ale dokonywały się w umiarkowanym tempie (0,2-1,9 m/rok). Bardziej intensywnie abrazja atakowała brzeg na zachód od ujścia Słupi (do 3,0 m/rok na km 244-245). Sumaryczna długość odcinków abradowanych w tym okresie wyniosła 26 km (ryc. 2d).



Ryc. 2d. Roczne tempo zmian położenia linii podstawy klifu/wydmy w Zatoce Usteckiej w latach 1991-2000

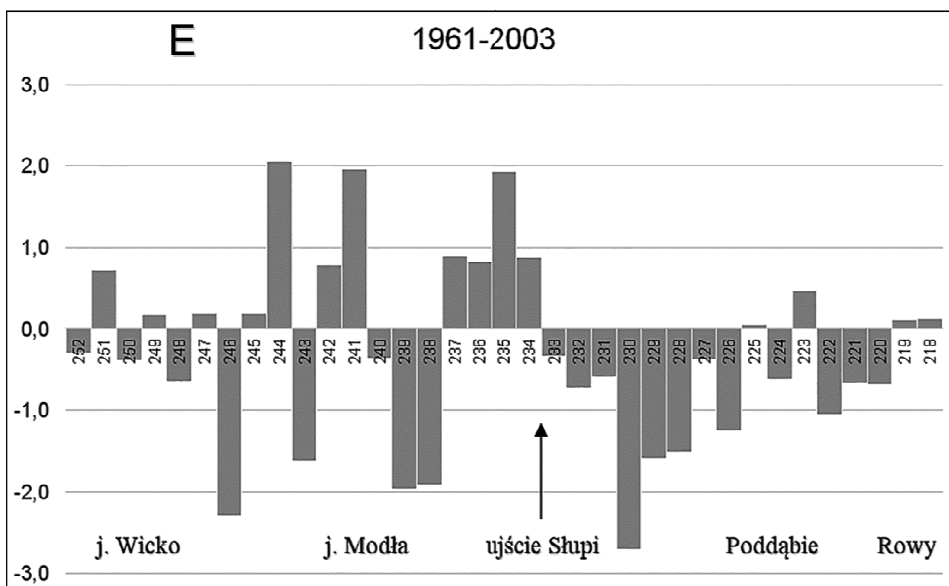
Fig. 2d. Annual rate of changes in the location of the cliff/sand dune baseline in the Ustecka Bay in the years 1991-2000

Źródło: opracowanie własne

Lata 1961-2003

Rozpatrując zmiany położenia linii podstawy klifu/wydmy w Zatoce Usteckiej w całym analizowanym okresie, to jest w latach 1961-2003, bez trudu można zauważyć odmiennosc zmian, które dokonały się po obu stronach ujścia Słupi. Odcinek wschodni niemal w całości ulegał abrazji i to w tempie 0,3-2,7 m/rok (największym na km 230-231). Wyjątkiem był jednokilometrowy odcinek położony koło Poddąbia, gdzie odnotowano niewielki przyrost brzegu (w tempie 0,1 m/rok) oraz krótki dwukilometrowy odcinek bezpośrednio od zachodu przylegający do ujścia Łupawy (tu akumulacja miała tempo 0,1-0,2 m/rok). Inaczej przedstawia się sytuacja na zachód

od ujścia Słupi. Kilometry 233-237 to odcinek akumulacyjny (0,8-1,9 m/rok). Dalej następują trzy kilometry brzegu z dominacją abrazyji (0,4-1,9 m/rok), następnie dwa akumulacyjne (0,8-1,9 m/rok), jeden abrazyjny (1,6 m/rok), dwa akumulacyjne (0,2-2,1 m/rok) i jeden abrazyjny (2,3 m/rok). Kolejne sześć kilometrów brzegu charakteryzowało się na przemian abrazją bądź akumulacją występującymi tu z niewielką intensywnością (ryc. 2e). Podsumowując, można powiedzieć, że wschodni odcinek brzegu Zatoki Usteckiej jest zdecydowanie abrazyjny, zaś na zachodnim odcinku abrazyjne przeplatają się z odcinkami akumulacyjnymi. Ten obraz daje się łatwo zaobserwować również na diagramach pokazujących tempo abrazyji i akumulacji w okresach dziesięcioletnich, z wyjątkiem okresu 1961-1970, kiedy to abrazja dominowała na niemal całym badanym brzegu Zatoki Usteckiej.



Ryc. 2e. Roczne tempo zmian położenia linii podstawy klifu/wydmy w Zatoce Usteckiej w latach 1961-2003

Fig. 2e. Annual rate of changes in the location of the cliff/sand dune baseline in the Ustecka Bay in the years 1961-2003

Źródło: opracowanie własne

Dyskusja

Opisane tendencje zmian brzegu Zatoki Usteckiej wskazują, że jest to forma rozwijająca się, coraz głębiej się wcinająca w linię brzegową. W rozpatrywanym okresie, 1961-2003 r., na najbardziej abradowanym odcinku położonym bezpośrednio na wschód od ujścia Słupi linia podstawy klifu cofnęła się lokalnie o 60-110 metrów (fot. 1), choć największe zmiany odnotowano na zachód od ujścia Słupi, na kilometrze 246 – niemal 115 m.



Fot. 1. Kilometr 229,5 brzegu, na zachód od ujścia Orzechówki. Aktywny klif na odcinku o trwałej tendencji do abrazji (fot. W. Florek)

Photo 1. Km 229,5 of the coast, west of the Orzechówka Creek mouth. Active cliff in a section with a permanent tendency for erosion (photo by W. Florek)

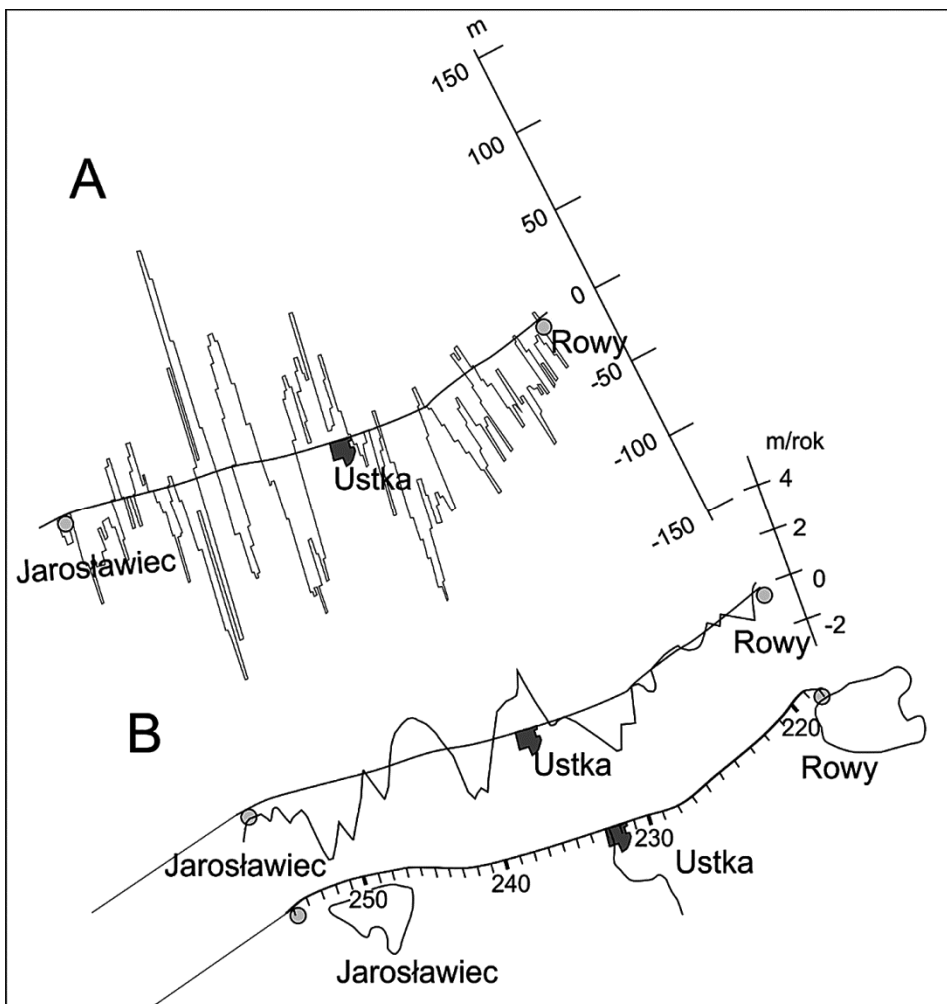
W tym samym czasie na skrajnie położonych odcinkach linia podstawy klifu/wydmy cofnęła się zaledwie o 10-52 m (km 250-251) i 10-60 m (km 218-220). Podobne wartości wynikają z danych opublikowanych przez E. Zawadzką-Kahlau (1999). Na krótkich odcinkach, w większości rozmieszczonych na zachód od Ustki, odnotowano przesunięcie podstawy klifu/linii w kierunku morza: o 20-75 m (km 234-237 – fot. 2 oraz 241-242, 249, 251), a nawet o 70-140 m (km 244) (ryc. 3 – A).



Fot. 2. Kilometr 234 brzegu, na zachód od ujścia Słupia. Wydma przednia na odcinku brzegu o trwałej tendencji agradacyjnej (fot. W. Florek)

Photo 2. Km 234 of the coast, west of the Słupia River mouth. Foredune in a coast section with a permanent aggradation tendency (photo by W. Florek)

W tym ostatnim przypadku, ze względu na położenie na terenie poligonu wojskowego, może to być skutkiem prac wykonanych przez wojsko. Również na wschód od ujścia Słupi znajdują się krótkie odcinki, na których bilans zmian położenia brzegu w latach 1961-2003 jest dodatni. Dotyczy to kilometrów 228 i 223 (+10 m) oraz kilkusetmetrowego odcinka brzegu na kilometrze 231 (ryc. 3).



Ryc. 3. (A) – zmiany położenia linii podstawy klifu/wydmy Zatoki Usteckiej w latach 1961-2003 na tle (B) tempa zmian w latach 1875-1979 wyliczonych przez E. Zawadzka-Kahlau (1999)

Fig. 3. (A) – changes in the location of the cliff/sand dune baseline in the Ustecka Bay in the years 1961-2003 against the background (B) of annual rate of changes in the years 1875-1979 calculated by E. Zawadzka-Kahlau (1999)

Jeśli zestawi się zagregowane wyniki pomiarów z lat 1961-2003 z badaniami wykonanymi z wykorzystaniem map topograficznych i katastralnych obejmujących okres 1862-1938 lub 1875-1979 (Zawadzka-Kahlau 1994, 1999, 2012), albo też 1889-1975 (Sitkiewicz i in. 2015), nasuwa się kilka spostrzeżeń. Przede wszystkim niezwykle czytelne jest, że wschodnia część wybrzeża Zatoki Usteckiej, położona na wschód od ujścia Słupi, to odcinek niemal jednolicie poddawany abrazji (ryc. 3). Co więcej, największe ubytki notuje się na odcinku bezpośrednio sąsiadującym z falochronami portowymi (km 228-233). Widoczne jest ponadto, że odcinki abradowane „rozrastają się” w kierunku wschodnim (w latach 1991-2000 abrazja objęła km 223-233). Podobne rezultaty uzyskano, zestawiając mapy katastralne z lat 1960 i 1970 z pomiarami geodezyjnymi z roku 1978 (Salik 1979), a także wykonując pomiary geodezyjne profili usytuowanych prostopadle do linii brzegowej (Florek i in. 2008, 2009, 2010) czy analizując obserwacje i szacunki dokonywane przez pracowników Urzędu Morskiego w Słupsku (Florek i in. 2015). Zbieżne wnioski płyną z analizy pomiarów metodą naziemnego skaningu laserowego (Frydel i in. 2017).

Drugie spostrzeżenie dotyczy wybrzeża położonego na zachód od ujścia Słupi. Składa się ono z położonych naprzemian odcinków o dodatnim i ujemnym bilansie zmian położenia linii podstawy klifu/wydmy. Bezpośrednio na zachód od ujścia Słupi (km 234-237) znajduje się odcinek, który charakteryzuje trwała tendencja akumulacyjna. Jego lokalizacja od dawna jest wiązana z oddziaływaniem falochronów portu usteckiego po ich rozbudowie w połowie XIX wieku (Florek, Florek 1995; Zawadzka-Kahlau 1999, 2012). Procesy akumulacyjne na tym odcinku wzmogły się po wybudowaniu w roku 1939, w odległości ok. 1 km na zachód od ujścia Słupi, tzw. trzeciego mola (Sitkiewicz i in. 2015). Brzeg położony dalej na zachód składa się z dość krótkich odcinków o zmiennych tendencjach rozwojowych (por. także uwagi Sitkiewicza i in. 2015, odnoszące się do okresu 1989-2012). Warto odnotować, że fragment związany z mierzeją jeziora Modła (km 238-244) podlega zmianom bardziej dynamicznym aniżeli odcinek leżący dalej na zachód (km 249-252), w dużej części położony na mierzei jeziora Wicko (por. Zawadzka-Kahlau 2012). Może to sugerować, że budowa geologiczna nie warunkuje lokalizacji i tempa abrazji w takim stopniu, jak to podkreślali niektórzy badacze (Subotowicz 1982; Uścińowicz i in. 2014).

Podsumowanie

Autorzy dokonali interpretacji wykorzystania wyników pomiarów przeprowadzonych na wybrzeżu Zatoki Usteckiej w latach 1961-2003 do oceny tempa zmian położenia linii podstawy klifu/wydmy w ujęciu całościowym, jak i z podziałem na okresy dziesięcioletnie. Najcenniejszym walorem tej analizy jest możliwość ustalenia stałości bądź zmienności położenia odcinków abradowanych i akumulacyjnych. Dane te zostały zestawione z wynikami badań autorów, którzy badali wieloletnie zmiany brzegu morskiego na tym samym odcinku nadbrzeża, korzystając z wyników pomiarów geodezyjnych i kartograficznych (niektórzy także z wykorzystaniem zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych), dokonywanych w dość przypadkowo dobranych i często odległych od siebie terminach.

W wyniku tych analiz dowiedziono, że:

- odcinki intensywnej abrazji na brzegach Zatoki Usteckiej mają dość stabilną lokalizację, o czym świadczą dane z analiz kartograficznych, (Zawadzka-Kahlau 1993, 1994, 1999, 2012), porównanie wyników pomiarów geodezyjnych (Salik 1979; Florek i in. 2008 2009, 2010), zestawienie danych kartograficznych i pochodzących ze zdjęć lotniczych (Sitkiewicz i in.2015), jak i naziemnego skaningu laserowego (TLS) (Frydel i in. 2017),
- najdłuższy odcinek brzegu stale poddawany abrazji jest położony na wschód od ujścia Słupi, w bezpośrednim sąsiedztwie falochronów portowych, przy czym długość tego odcinka nieustannie rośnie, mimo rozmaitych zabiegów ochronnych (budowa ostróg, opasek, zasilanie, a w ostatnim czasie, wykraczającym poza analizowany okres pomiarów, także budowa progów podwodnych),
- najdłuższy odcinek akumulacyjny położony jest na zachód od usteckich falochronów portowych (km 234-237), co podobnie jak położenie odcinka stale abradowanego może być uznane za dowód, że falochrony portu w Ustce oraz (po roku 1939) obecność tzw. trzeciego mola (Sitkiewicz i in. 2015) stanowią dominujący czynnik określający lokalizację odcinków o stałych tendencjach rozwojowych (por. Florek, Florek 1995; Dudzińska-Nowak 2015).

Literatura

- Dudzińska-Nowak J., 2015, *Metody ochrony zachodniego wybrzeża Polski i ich wpływ na zmiany brzegu w latach 1938-2011*, Szczecin
- Dudzińska-Nowak J., Furmańczyk K., 2005, *Zmiany położenia linii brzegowej Zatoki Pomorskiej (w latach 1938-1996)*. W: *Środowisko przyrodnicze wybrzeży Zatoki Pomorskiej i Zalewu Szczecińskiego. Wybrane aspekty*, red. R.K. Borówka, S. Musielak, Szczecin, s. 72-78
- Florek W., Florek E., 1995, *Man versus the eustatic impact on shoreline development at Ustka (Poland)*. W: *Directions in European Coastal Management*, red. M.G. Healy, J.P. Doody, Cardigan, s. 243-251
- Florek W., Bereza K., Pasamonik I., 2015, *Próba oceny tempa abrazji nadbrzeża Zatoki Usteckiej w latach 2000-2006*, Słupskie Prace Geograficzne, 12, s. 21-32
- Florek, W., Kaczmarzyk, J., Majewski, M. 2009, *Factors affecting the intensity and character of cliff evolution near Ustka*, Oceanological and Hydrobiological Studies, 38, Suppl. 1, s. 9-25
- Florek W., Kaczmarzyk J., Majewski M., *Dynamics of the Polish Coast east of Ustka*, Geographia Polonica, 83, 1, s. 51-60
- Florek W., Kaczmarzyk J., Majewski M., Olszak I.J., 2008, *Zmiany rzeźby klifu w rejonie Ustki jako efekt warunków litologicznych oraz procesów ekstremalnych i przejściowych*, Landform Analysis 7, s. 53-68
- Florek W., Rudowski S., Szeffler K., 2005, *Pradoliny w dnie Zatoki Usteckiej*. W: *Geologia i geomorfologia Pobrzeża i południowego Bałtyku* 6, red. W. Florek, Słupsk, s. 89-103

- Frydel J.J., Mil L., Szarafin T., Koszka-Maróń D., Przyłucka M., 2017, *Zmienność czasowa i różnicowanie przestrzenne wielkości i tempa erozji klifu Zatoki Usteckiej w rejonie Orzechowa*, Landform Analysis, 34, s. 3-14
- Łabuz T.A., 2005, *Brzegi wydymowe polskiego wybrzeża Bałtyku*, Czasopismo Geograficzne, 76, 1-2, s. 19-47
- Majewski A., Dziadziuszko Z., Wiśniewska A., 1983, *Monografia powodzi sztormowych 1951-1975. Ogólna charakterystyka powodzi sztormowych u polskiego wybrzeża Bałtyku*, Warszawa
- Olszak I.J., Florek W., Seul C., Majewski M., 2008, *Stratygrafia i litologia mineralnych osadów występujących w klifach środkowej części polskiego wybrzeża Bałtyku*, Landform Analysis, 7, s. 113-118
- Rosa B., 1984, *Rozwój brzegu i jego odcinki akumulacyjne*. W: *Pobrzeże Pomorskie*, red. B. Augustowski, Gdańsk, s. 67-120
- Rudowski S., Wróblewski R., 2012, *Potrzeba wzbogacenia toponomastyki brzegu i dna na przykładzie Zatoki Usteckiej*. W: *Geologia i geomorfologia Pobrzeża i południowego Bałtyku* 9, red. W. Florek, Słupsk, s. 57-59
- Salik K., 1979, *Wpływ abrazji na zmiany brzegowe Bałtyku na przykładzie badań klifu Ustka-Orzechowo*, maszynopis, Instytut Morski, Gdańsk
- Sitkiewicz P., Wróblewski R., Rudowski S., 2015, *The dune coast – the state just prior to the construction of hard engineering protection structures (Ustka-Jarosławiec, the Southern Baltic)*, Oceanological and Hydrobiological Studies, 44, 3, s. 352-361
- Subotowicz W., 1982, *Litodynamika brzegów klifowych wybrzeża Polski*, Wrocław
- Sztobryn M., Stigge H.-J., 2005, *Wezbrania sztormowe wzdłuż południowego Bałtyku (zachodnia i środkowa część)*, Warszawa
- Tomczak A., 1993, *Datowane metodą ¹⁴C wychodnie utworów organicznych na brzegu morskim między Rowami a jeziorem Kopań*. W: *Geologia i geomorfologia środkowego Pobrzeża i południowego Bałtyku*, red. W. Florek, Słupsk, s. 187-199
- Uścińowicz G., Kramarska R., Kaulbarsz D., Jurys L., Frydel J., Przedziecki P., Jegliński W., 2014, *Baltic Sea coastal erosion; a case study from Jastrzębia Góra region*, Geologos, 20, 4, s. 259-268
- Wiśniewski B., Wolski T., 2009, *Katalogi wezbrań i obniżeń sztormowych poziomów morza oraz ekstremalne poziomy wód na polskim wybrzeżu*, Szczecin
- Zawadzka-Kahlau E., 1993, *Tendencje rozwojowe brzegów południowobałtyckich w ostatnim stuleciu*, Gdańsk
- Zawadzka-Kahlau E., 1994, *Determination of changes of South Baltic spits and cliffs*, Bulletin of the Maritime Institute 21, 1, s. 41-59
- Zawadzka-Kahlau E., 1999, *Tendencje rozwojowe polskich brzegów Bałtyku południowego*, Gdańsk
- Zawadzka-Kahlau E., 2012, *Morfodynamika brzegów wydymowych południowego Bałtyku*, Gdańsk
- Zeidler R.B., Wróblewski A., Miętus M., Dziadziuszko Z., Cyberski J., 1995, *Wind, wave and storm surge regime at the Polish Baltic coast*, Journal of Coastal Research, Special Issue 22, s. 33-55

Summary

The present study has been based on the interpretation of the results of coastline impact zone measurements of the analysed section made in 1961, 1973, 1982, 1990 and 2003. The data was made available as boundary layers in the shp format. To read and interpret the data Quantum GIS 2.8.1 software was used, with the help of which a database containing detailed information on changes in the location of the shoreline (understood as the base line of the cliff/dunes) in individual years was created. For the purposes of this study, the measurement data was read every 200 m, but to clarify the stake diagrams presented in the further part of the article, these data were aggregated for sections of 1 km. The study has been supplemented with photographic documentation.

As a result of the conducted analyses, it was proved that:

- sections of intense erosion on the shores of the Ustka Bay are quite stable, as evidenced by data from cartographic analyses (Zawadzka-Kahlau 1993, 1994, 1999, 2012) and comparison of surveying results (Salik 1979, Florek et al 2008, 2009, 2010) and the results contained in this study,
- the longest section of the shore, constantly undergoing erosion, is located east of the Słupia River mouth, in the immediate vicinity of the port breakwater, while the length of this section continues to grow despite various protective measures (construction of groynes, bands, nourishment, and recently, beyond the analysed period of measurements, also the construction of underwater waterbreakers),
- the longest accumulation section is located west of Ustka port breakwater (km 234-237), which, similarly to the location of the continuously eroded section, can be considered as a proof that the breakwaters of Ustka port are a dominant factor determining the location of sections with constant development tendencies.