

Zmiany odcinków klifowych linii brzegowej w Gdyni w ciągu ostatnich dwustu lat i związane z nimi geozagrożenia

Anna Małka

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytutu Badawczy

Oddział Geologii Morza w Gdańsku

E-mail: Anna.Malka@pgi.gov.pl

Zarys treści: Prezentowany artykuł przedstawia badania retrospektywne zmian położenia linii brzegowej Gdyni na podstawie pomiarów kartometrycznych na mapach dawnych i współczesnych. Podjęto również próbę aproksymacji zmian Cypla Oksywskiego na podstawie zniszczeń materialnych wywołanych przez procesy grawitacyjne i abrazję morską. Wielkość zmian oparto na dawnych źródłach kartograficznych i zapisach w geologicznej literaturze niemieckojęzycznej z pierwszej połowy XIX w. Celem badań była próba rekonstrukcji zmian linii brzegowej Gdyni w ciągu ostatnich dwustu lat oraz określenie tendencji i dynamiki zaistniałych zmian. W celu zawężenia problematyki pomiarami objęto jedynie zdegradowane odcinki brzegu morskiego, pominięto natomiast procesy akumulacyjne (m.in. poszerzanie plaż wskutek refulacji oraz akumulację cypla w Babich Dołach).

Słowa kluczowe: zmiany wybrzeży klifowych, Gdynia, Urmesstischblätter, Messtischblätter, analiza map, HGIS

1. Wprowadzenie

Gdynia jest miastem o znacznych deniwelacjach i zróżnicowanej morfologii ukształtowanej przez ostatnie zlodowacenie. Różnorodność geomorfologiczna zdeterminowała charakter linii brzegowej w Gdyni, ponieważ z całkowitej długości 11,5 km wybrzeża morskiego (bez uwzględnienia linii brzegowej portu morskiego), aż 74% (8,5 km) stanowią klify. Pod względem geomorfologicznym obszar badań znajduje się w obrębie stref krawędziowych wysoczyzn morenowych Kępy Oksywskiej i Kępy Redłowskiej (J. Kondracki 1998). Brzegi klifowe zostały ukształtowane przez procesy denudacyjne, przede wszystkim abrazję morską i ruchy masowe. Dynamika tych procesów geologicznych jest uwarunkowana działaniem sztormów, eustatycznego podnoszenia poziomu morza oraz ruchów neotektonicznych. Największy wpływ na abrazję morską mają sztormy, które mogą powodować znaczne zmiany, między innymi sztorm w dniach

11 i 12 czerwca 1967 r. spowodował na Kępie Oksywskiej cofnięcie podstawy klifu o ok. 3,6 m (P. Słomianko i in. 1968). Częstość i siła sztormów na Bałtyku ma zmienny charakter; przykładowo w okresie 1971–2009 maksymalną liczbę dni sztormowych (23) zanotowano w latach 1980 i 1988, natomiast minimalną (4) w roku 2006 (K. Formela, A. Marsz 2011). Na zmiany brzegów morskich duży wpływ mają również ruchy eustatyczne. Dane uzyskane na stacji pomiarowej Gdynia w okresie 1951–2008 wskazują na podnoszenie się poziomu morza w tempie około 0,2 cm/rok, co jest równoznaczne ze wzrostem o ponad 10 cm w ciągu 57 lat (E. Jakusik i in. 2010). Dodatkowym czynnikiem mającym istotny wpływ na dynamikę procesów niszczących klify są współczesne przeobrażenia antropogeniczne, w tym stabilizacja za pomocą umocnień brzegowych. Bezpośrednim rezultatem procesów geologicznych i antropogenicznych są zmiany linii brzegowej zwizualizowane na dawnych mapach i opisane w dawnym piśmiennictwie.

Dawnymi mapami polskiego wybrzeża zajmował się J. Szeliga (1968, 2014), natomiast problematykę zmian linii brzegowej wybrzeża Bałtyku na podstawie dawnych pruskich map topograficznych podjęli m.in. M. Pelczar i in. (1989) oraz E. Zawadzka-Kahlau (1999). Analizy te dotyczyły okresu nieprzekraczającego ostatnich stu lat i korzystano jedynie ze źródeł kartograficznych. Zmiany linii brzegowej Zalewu Szczecińskiego określił K. Siedlik (2014). Wykazał on na podstawie XVII- i XVIII-wiecznych map obniżenie poziomu wody wynikające z retencji lodowcowej w okresie Małej Epoki Lodowej (K. Siedlik 2014). Unikalną próbę określenia zmian brzegu opartą na historycznych zapisach zniszczeń kościoła spowodowanych przez abrazję morską podjęto w przypadku Trzęsacza (B. Augustowski 1987, *vide* K. Siedlik 2014). Współcześnie od lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku prowadzone są obserwacje niszczenia brzegów klifowych przez procesy denudacyjne z użyciem precyzyjnych metod pomiarowych: zdjęć naziemnych, tachimetrii oraz naziemnego skaningu laserowego (m.in. W. Subotowicz 1982; L. Zaleszkiewicz, R. Pikies 2007; L. Rudowski, L. Łęczyński 2009; L. Łęczyński, A. Kubowicz-Grajewska 2013; R. Kramarska i in. 2010).

Autorka artykułu przedstawia badania retrospektywne zmian położenia linii brzegowej w Gdyni na podstawie pomiarów kartometrycznych na mapach dawnych i współczesnych. Podjęto również próbę aproksymacji zmian Cypla Oksywskiego na podstawie zniszczeń materialnych wywołanych przez procesy grawitacyjne i abrazję morską. Ocenę wielkości zmian oparto na dawnych źródłach kartograficznych i zapisach w geologicznej literaturze niemieckojęzycznej z pierwszej połowy XIX wieku. Celem badań była próba rekonstrukcji zmian linii brzegowej w Gdyni w ciągu ostatnich dwustu lat oraz określenie tendencji i dynamiki zaistniałych zmian. W celu zawężenia problematyki pomiarami objęto jedynie zdegradowane odcinki brzegu morskiego, pominięto natomiast procesy akumulacyjne (m.in. poszerzanie plaż wskutek refulacji oraz akumulację cypla w Babich Dołach).

Dodatkowo w artykule omówiono geozagrożenia związane z abrazją morską oraz szkody i straty w mieniu w czasach historycznych oraz współczesnych wynikające z uruchomionych procesów zbiegowych. Analiza zmian położenia odcinków klifowych wybrzeża w Gdyni z wykorzystaniem archiwalnych materiałów źródłowych ma istotne znaczenie w prognozowaniu zmian linii brzegowej oraz ilościowej ocenie ryzyka związanego z ruchami masowymi.

2. Metody badań

Na analizowanym obszarze przeprowadzono przegląd istniejącego piśmiennictwa oraz materiałów kartograficznych. Materiały wyjściowe stanowiły arkusze rękopiśmiennej mapy Prus Schröttera-Engelhardta w skali 1:50 000 opracowanej w latach 1796–1802, rękopiśmiennej pruskiej mapy topograficznej w skali 1:25 000 *Urmesstischblätter* oraz wykonanej w tej samej skali i cięciu arkuszowym mapy topograficznej *Messtischblätter*¹. Arkusze mapy w skali 1:50 000 na obecnym etapie okazały się mało dokładne do wyznaczania zmian linii brzegowej, wymagają one dalszych prac związanych z kalibracją. W analizie wykorzystano natomiast następujące źródła kartograficzne w skali 1:25 000:

- Dawne pruskie mapy topograficzne *Urmesstischblätter*:
ark. 275 (*Oxhöft* – Oksywie), 1837 r. (sygn. N 729/275),
ark. 330 (*Zoppot* – Sopot), 1837 r. (sygn. N 729/330);
- Dawne pruskie mapy topograficzne *Messtischblätter*:
ark. 275 (*Oxhöft* – Oksywie), 1909 r. (sygn. N 730/275),
ark. 330 (*Zoppot* – Sopot), 1910 r., (sygn. N 730/330).

Najnowsze dane pochodzą z aktualnych opracowań wchodzących w skład Państwowego Zasobu Geodezyjnego i Kartograficznego. W szczególności do artykułu wykorzystano arkusze mapy topograficznej w skali 1:10 000 z 2004 r., numeryczny model terenu (NMT) z 2011 r. oparty na pomiarach LIDAR oraz ortofotomapę z 2013 roku.

W celu wprowadzenia do systemów informacji geograficznej (GIS) dawne mapy zostały skalibrowane. W analizie wykorzystano program Arc GIS 10.3.1. Podstawowym założeniem kalibracji była kartometryczność map topograficznych, opartych na pomiarach terenowych, których osnowę geodezyjną stanowiła triangulacja. W badaniu wykorzystano metodę retrogresji, w której przechodzi się od stanu najbardziej współczesnego, dla którego istnieją pełne dane, charakteryzujące się najmniejszymi błędami położenia punktów do coraz dawniejszych materiałów kartograficznych i pisanych (M. Jankowska, S. Lisiewicz 1998). Jako warstwy referencyjne, czyli mapy wzorcowe wybrano mapy *Messtischblätter* w skali 1:25 000 z lat 1909 i 1910. Powstały one przed I wojną światową, a ich

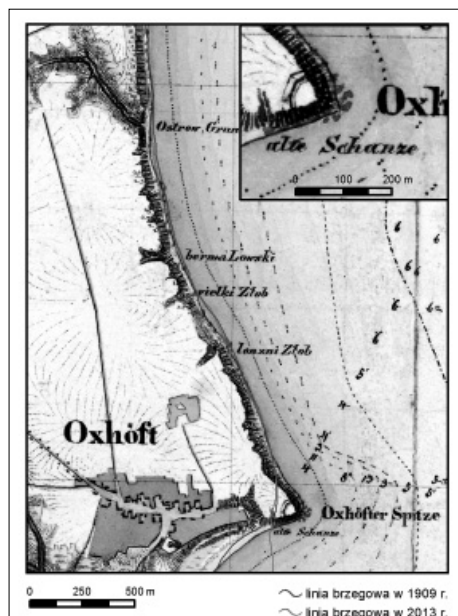
¹ Materiały kartograficzne pozyskano z Biblioteki Państwowej w Berlinie – Fundacji Pruskiego Dziedzictwa Kulturalnego (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

topograficzna treść koresponduje zarówno z mapami najnowszymi, jak i z powstałymi we wcześniejszym okresie. Przedstawiają one teren przed największymi przeobrażeniami spowodowanymi antropopresją oraz istniejącą wówczas sieć dróg, która nawiązuje do układów zachowanych na mapach dziewiętnastowiecznych. Mapy te zostały skalibrowane bazując na transformacji układu odniesienia (A. Affek 2012). W tym celu odtworzono lokalny układ odniesienia – *Deutsches Hauptdreiecknetz (DHDN)* z południkiem zerowym Ferro, strefa 6. Następnie mapy *Urmessstischblätter* zostały sprowadzone do wspólnego układu odniesienia na podstawie transformacji analitycznej map starszych wykonanej przy wykorzystaniu punktów dostosowania (M. Jankowska 2004) wspólnych z mapami *Messstischblätter* z lat 1909 i 1910. W końcowym efekcie przekształcono zeskanowane obrazy rastrowe do numerycznych map rastrowych w określonych współrzędnych geograficznych we współczesnym układzie odniesienia PL-1992. Następnie dokonano transformacji afinicznej pierwszego stopnia: dla arkusza Oksywie w oparciu o 76 punktów wspólnych dla przekroju czasowego z 1837 r., całkowity błąd RMS wyniósł 21,6, a dla arkusza Sopot dla tego samego przekroju czasowego w oparciu o 55 punktów wspólnych, całkowity błąd RMS wyniósł 23,07. Należy przy tym zaznaczyć, że znacznym utrudnieniem w kalibracji obu arkuszy były wody powierzchniowe Bałtyku, które wypełniały większą część treści map (60–70%). W celu pomiaru zmian linii brzegowej w stałych, kartograficznie określonych punktach odniesienia skonstruowano polilinię – otwartą sekwencję równoległych linii w odstępach co 10 m, biegnących w kierunku równoleżnikowym, co umożliwia zobrazowanie zmian na krótkich odcinkach brzegu. Pierwsza linia (położona najdalej na N) przechodzi przez punkt o współrzędnych w układzie PL-1992: 469885,4063; 747241,9374 i jest to punkt określający 94 km brzegu. W wyniku wektoryzacji linii brzegowych w różnych przekrojach czasowych i przy wykorzystaniu polilinii, która pokrywa całą strefę brzegową Gdyni, uzyskano dane tabelaryczne obrazujące zmiany położenia linii brzegowej, rejestrowane co 10 m. Zmiany dotyczą okresów dzielących momenty przeprowadzania pomiarów geodezyjnych, na podstawie których wykonano analizowane mapy. Ponadto dokonano przeglądu dawnej literatury, odnoszącej się do ruchów masowych na brzegach klifu, co pozwoliło na uzyskanie informacji pośrednich przydatnych do analizy zmian linii brzegowej Cypla Oksywskiego.

3. Zagrożenia ruchami masowymi i straty materialne związane z krawędzią klifu

Ze zmianami linii brzegowej odcinków klifowych ściśle związane są ruchy masowe. Osuwiska klifowe mają periodyczny charakter i z tego powodu cechują się dużą dynamiką. Już w czasach historycznych miały one katastrofalny przebieg i spowodowały znaczne szkody materialne na Kępie Oksywskiej i Redłowskiej.

Na Kępie Oksywskiej osadnictwo funkcjonowało nieprzerwanie od pradziejów; zlokalizowano tam najstarszą osadę mieszczącą się na terenie dzisiejszej Gdyni. Cypl Oksywski pełnił funkcje obronne już od wczesnego średniowiecza, powstał tam wówczas silny ośrodek związany z grodziskiem (R. Hirsch i in. 2006). Z tego powodu w czasach historycznych z tym właśnie fragmentem wybrzeża klifowego związane były największe geozagrozenia i szkody. Pierwsze wzmianki w piśmiennictwie na temat strat materialnych spowodowanych przez procesy grawitacyjne na cyplu dotyczą początków XIX wieku. Według danych z dawnego rocznika geologicznego z 1839 roku (H. Berghaus 1839) w czasie wojen napoleońskich, w latach 1810–1812 na Cyplu Oksywskim w pewnym oddaleniu od krawędzi klifu wzniesiono redutę – fortyfikację o charakterze zamkniętym. Budowli sprzyjało wysunięte w morze, korzystne położenie na krawędzi Kępy Oksywskiej, która z trzech stron stromo opadała ku plaży. Dzięki takiemu usytuowaniu ostrzał artyleryjski z reduty mógł być prowadzony w różnych kierunkach. Nie przewidziano jednak degradacyjnego działania abrazyj morskiej. Już w niecałe 30 lat później fortyfikacja została w połowie zniszczona wskutek ruchów masowych inicjowanych przez procesy abrazyjne u podnóża klifu. Zbudowaną wówczas redutę przedstawia dawna pruska mapa wojskowa (*Urmessstischblätter*) w skali 1:25 000 z 1837 r. (Roeder 1837), na której fortyfikacja postawiona na Cyplu Oksywskim jest widoczna tylko w połowie (ryc. 1).



Ryc. 1. Zmiany linii brzegowej południowej części Kępy Oksywskiej w latach 1837–2013 oraz obraz zniszczonych fortyfikacji na Cyplu Oksywskim, przedstawione na mapie *Urmessstischblätter* w skali 1:25 000

Na mapie umieszczono napis – „dawna fortyfikacja” (niem. *alte Schanze*) oraz pokazano zarys umocnienia na planie wielokąta. Natomiast na kolejnym arkuszu mapy w tej samej skali z 1862 r. przedstawiono jedynie niewielki fragment reduty, która została prawie całkowicie zniszczona wskutek ruchów masowych (Völkel 1862).

Na mapie Schröttera-Engelhardta w skali 1:50 000 opracowanej w latach 1796–1802 oraz na mapach topograficznych w skali 1:25 000 *Urmesstischblätter* z 1837 i 1862 roku cypel jest określany jako „Szpic Oksywski” (niem. *Oxhöfter Spitze*), co doskonale pasuje do tej, w XIX wieku daleko wysuniętej w morze formy i uzmysławia jej strategiczne położenie pod względem militarnym². Ślady po intensywnej erozji zachowały się w strefie dna do głębokości 10 m poniżej poziomu morza wzdłuż całego Cypla Oksywskiego w postaci skupisk żwirów i głazów (P. Słomianko i in. 1968).

Pod koniec XIX wieku w północnej części cypla zbudowano latarnię morską (ryc. 2). Intensywna abrazja morska powodująca inicjację ruchów masowych niszczących brzeg klifowy i zagrażających budowli, została powstrzymana przez budowlę hydrotechniczną postawioną przez władze pruskie. Była to zara-

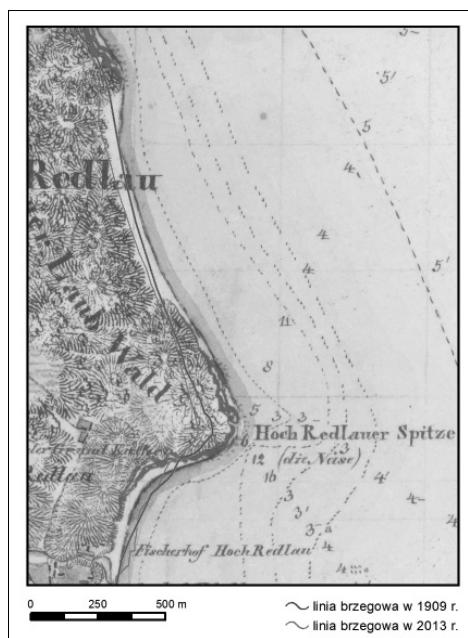


Ryc. 2. Latarnia morska Gdynia Oksywie, działająca w latach 1887–1933 i zniszczona w 1939 roku

zem pierwsza na tym obszarze stabilizacja brzegu morskiego. Opaskę kamienno-betonową o długości 530 metrów oraz 13 podwójnych ostróg wypełnionych kamieniami na jej przedpolu zbudowano w 1905 roku (W. Subotowicz 1982). W przypadku Kępy Oksywskiej przeważający ruch rumowiska ma kierunek z południa na północ (R. Racinowski, J. Baraniecki 1989), tak więc zbudowanie ostróg spowodowało zatamowanie rumowiska, dlatego już w 1908 r. doszło

² Tradycje militarne na Kępie Oksywskiej były kontynuowane w późniejszym okresie. Po odzyskaniu niepodległości, w latach międzywojennych wybudowano na kępie zespół Dowództwa Floty, a w obliczu II wojny światowej na Cyplu Oksywskim wykonano okopy i rowy strzeleckie oraz postawiono stanowiska artyleryjskie obrony wybrzeża (R. Hirsch i in. 2006, <http://www.gdynia.pl/>). Współcześnie ta część miasta znajduje się na obszarze wojskowym Rejonowego Zarządu Infrastruktury w Gdyni.

do silnej abrazji klifu w pobliżu północnego końca umocnienia. Postępujące procesy abrazji spowodowały, że prace zabezpieczające prowadzono także w późniejszych okresach: w 1953 r. (przedłużenie opaski betonowej ku północy) i w 1966 r. (rozbudowa palisady drewnianej). Każdorazowo po zbudowaniu nowego odcinka umocnienia, w pobliżu jego północnego zakończenia obserwowano cofanie się brzegu (P. Słomianko i in. 1968). Postawiona budowla hydrotechniczna skutecznie zatrzymała abrazję morską na Cyplu Oksywskim; obecnie występują tam jedynie ruchy masowe w postaci powolnego splezywania. Od 2015 roku południowy fragment brzegu Kępy Oksywskiej jest objęty ochroną przed oddziaływaniem abrazji, ze względu na przeprowadzoną odbudowę i rozbudowę umocnień brzegu morskiego na odcinku o długości 1700 m.



Ryc. 3. Zmiany linii brzegowej Kępy Redłowskiej w latach 1837–2013 pokazane na mapie *Urmessstischblätter* w skali 1:25 000

Najdalej wysuniętą w morze formą na Kępie Redłowskiej jest Cypel Redłowski (Klif Orłowski). Na mapie topograficznej *Urmessstischblätter* z 1837 r. jest on określony jako „Szczyt Redłowski” (niem. *Hoch Redlauer Spitze*); poniżej umieszczono w nawiasie napis „nos” (niem. *die Nase*), który doskonale oddaje ówczesny kształt cypla (ryc. 3; Falckenstein 1837). Strefa krawędziowa i zaplecze klifu Kępy Redłowskiej na początku XIX wieku za wyjątkiem Kamiennej Góry nie były zabudowane. W czasach napoleońskich w rejonie Kamiennej Góry, podobnie jak na Cyplu Oksywskim, wybudowano fortyfikacje w pobliżu strefy

krawędziowej klifu. Świadczą o tym napisy i elementy rysunku mapy *Urmesstischblätter* z 1837 r.: „dawna fortyfikacja” (niem. „*alte Schanze*”) oraz „dawne stanowisko artyleryjskie z dwoma działami” (niem. *alte Batterie für 2 Geschütze*) (Roeder 1837). Nie wiadomo, co się z nimi stało. Prawdopodobnie uległy one degradacji w wyniku działania abrazji morskiej, ponieważ nie są widoczne na kolejnej, wykonanej w niewielkim odstępnie czasowym mapie *Urmesstischblätter* z 1862 roku (Völkel 1862). Na początku XX wieku najbardziej północna część Kępy Redłowskiej została zabudowana, natomiast obszar na południe od Kamiennej Góry od ponad dwustu lat porastają lasy bukowe. W 1938 roku w celu zachowania naturalnych walorów przyrodniczo-krajobrazowych Kępy Redłowskiej utworzono tam jeden z najstarszych w Polsce rezerwatów przyrody. Pod koniec lat 40-tych ubiegłego wieku rozpoczęto w pobliżu strefy krawędziowej kępy budowę obiektów 11 Baterii Artylerii Stałej³. Obecnie obiekty te stanowią atrakcję turystyczną na ścieżce dydaktyczno-historycznej. Niektóre z nich zostały zlokalizowane niebezpiecznie blisko krawędzi klifu, co spowodowało w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku osunięcie i zniszczenie stanowiska armaty nr 2 (R. Hirsch, A. Woźniakowski 2008). W 2012 r. zrzucono w sposób kontrolowany do morza betonowy schron obserwacyjny, który niebezpiecznie blisko znalazł się w pobliżu krawędzi klifu.

Przedstawiona analiza geozagrożeń klifu gdyńskiego ewidentnie wskazuje na wielokrotne zniszczenia historycznych obiektów militarnych wskutek abrazji morskiej i procesów masowych.

4. Dokładność map topograficznych w skali 1:25 000 – *Urmesstischblätter* oraz *Messtischblätter*

Dokładność mapy może być określona na podstawie porównania z mapą nowszą uważaną za idealnie dokładną (H. Merczyng 1913). Porównanie może być wykonane na podstawie tych elementów mapy, co do której jesteśmy całkowicie pewni. Obecnie możemy wykorzystać do tych celów również wysokorozdzielcze dane teledetekcyjne (w tym LIDAR-owe). Wartość średniego błędu położenia punktu na mapie w skali 1:25 000 współczesnych map topograficznych jest różnie podawana. Przykładowo M. Jankowska (2008) średni błąd szacuje na ± 5 m, W. Kłopotyński (1965) na $\pm 8,75$ m ($\pm 0,35$ mm w skali mapy), natomiast według danych Wojewódzkiego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Katowicach wartość ta mieści się w zakresie nawet ± 15 m (www.wodgik.katowice.pl).

W przypadku dawnych pruskich map topograficznych *Urmesstischblätter* na dokładność duży wpływ ma stopień zagospodarowania terenu. Z reguły większym stopniem dokładności charakteryzują się obszary zabudowane, które

³ Pomimo tego, że istniał tam rezerwat przyrodniczy.

były staranniej mierzone geodezyjnie (M. Jankowska 1993). Szczegółowość zdjęcia map topograficznych *Urmesstischblätter*, zdaniem Jankowskiej (1993), odpowiada mapie w skali 1:100 000. Współcześnie średni błąd mapy w skali 1:100 000 można określić na 35 m (W. Kłopotciński 1965). W przypadku analizowanych arkuszy mapy *Urmesstischblätter*, szczególnie w terenach pokrytych zabudową osiągnięto dokładność wyznaczenia punktów ± 25 m, a nawet wyższą na co wskazuje porównanie danych ze współczesną mapą topograficzną w skali 1:10 000, ortofotomapą i numerycznym modelem terenu. Przykładowo osie dawnych głównych dróg na Kępie Oksywskiej położonych w pobliżu terenów zabudowanych niemal idealnie pokrywają się z osiami obecnych ulic Żółkiewskiego i Dickmanna. W porównaniu ze współczesną mapą topograficzną w skali 1:10 000 różnica położenia na mapie *Urmesstischblätter* osi ulicy Żółkiewskiego zwykle nie przekracza 5 m, a ulicy Dickmanna 12 m. W artykule przyjęto dokładność mapy *Urmesstischblätter* na ± 25 m, zakładając że linia brzegowa została pomierzona z mniejszą dokładnością niż sieć głównych dróg.

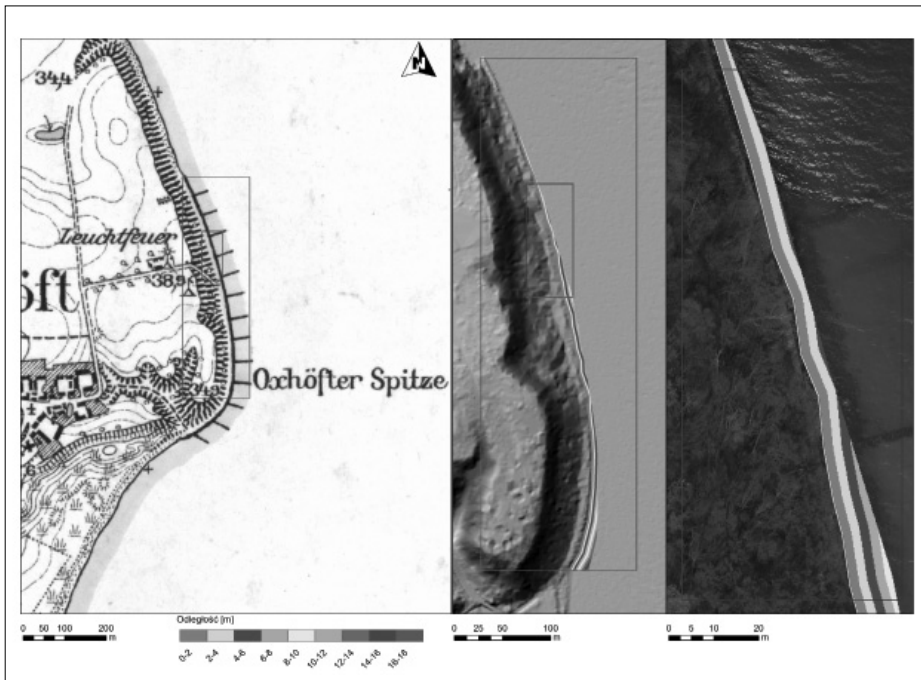
Dokładność arkuszy *Messtischblätter* z końca XIX w. badał M. Pehnack (1937), który porównał pomiary triangulacyjne z 1879 r. z pomiarami z 1933 roku. Kontrolne pomiary geodezyjne wykonane z wykorzystaniem teodolitów obejmowały 1660 punktów na obszarze 6 km kwadratowych. Skalę mapy powiększono do skali 1:5000. Średnie błędy położenia i wysokości punktów na arkuszach mapy *Messtischblätter* z lat 1932–1934 zostały określone na $< \pm 6$ m (M. Pehnack 1937). Dokładność map *Messtischblätter* wykonanych pod koniec XIX wieku badał również W. Jankowski (1961). Analizie dokładności podlegała długość, szerokość geograficzna i wysokość 38 punktów trygonometrycznych i topograficznych na arkuszach *Pielburg* z 1875 i *Tütz* z 1876 roku w porównaniu z analogicznymi pomiarami wykonanymi na arkuszach z lat 1932 i 1933/34. W tabeli 1 przedstawiono uzyskane przez W. Jankowskiego wartości błędów arkuszy *Messtischblätter*, w tym średni błąd długości i szerokości geograficznej⁴.

Tab. 1. Średnie błędy arkuszy mapy topograficznej *Messtischblätter* w skali 1:25 000 wg. W. Jankowskiego (1961)

Dla wszystkich 38 punktów	Błąd arkuszy <i>Messtischblätter</i> przed wyeliminowaniem błędu stałego	Błąd arkuszy <i>Messtischblätter</i> po wyeliminowaniu błędu stałego
Średni błąd długości geograficznej [m]	21	15
Średni błąd szerokości geograficznej [m]	8	7,7
Średni błąd wysokości [m]	0,48	0,37

⁴ W literaturze (A. Konias 2010) cytowana jest nieprawidłowo wartość błędu średniego map uzyskana przez W. Jankowskiego na 20,1 m, ale wartość ta dotyczy jedynie dokładności szerokości geograficznej punktów trygonometrycznych (26 punktów) przed wyeliminowaniem błędu stałego.

Zbliżone do W. Jankowskiego rezultaty uzyskali również inni autorzy. Średnie błędy położenia punktów na mapach *Messtischblätter* z lat 1888 i 1889 przedstawiających Poznań i jego strefę podmiejską M. Jankowska (2008) określiła na $\pm 16\text{--}17$ m. Badaniem dokładności starszych arkuszy mapy *Messtischblätter* zajmował się również A. Konias (2010), który określił błędy odległości na mapie *Messtischblätter* z 1886 r. w porównaniu ze współczesną mapą topograficzną dla dziesięciu odcinków między różnymi miejscowościami. Uzyskane przez niego wyniki wskazują na błąd przeciętny wyższy od wcześniej przedstawionych rezultatów, oszacowany na ± 41 m. Duża rozbieżność wyników uzyskanych przez A. Koniasa (2010) w porównaniu z wynikami W. Jankowskiego (1961) i M. Jankowskiej (2008) wynika zapewne z odmiennych metod szacowania błędów i liczby punktów pomiarowych. Dodatkowo, współcześnie określanie dokładności map *Messtischblätter* jest utrudnione i obciążone niepewnością ze względu na zniszczenia wojenne, zmianę zagospodarowania terenu, zmianę położenia niektórych budowli oraz układu sieci dróg i cieków. Z tego powodu szacowanie błędów map *Messtischblätter* będzie obciążone niepewnością. W przypadku analizowanych arkuszy mapy *Messtischblätter* z lat 1909 i 1910, szczególnie w terenach pokrytych zabudową od ponad stu lat osiągnęto dokładność ± 15 m, a nawet wyższą, na co wskazuje porównanie danych ze współczesną mapą topograficzną w skali 1:10 000, ortofotomapą



Ryc. 4. Błąd położenia opaski kamienno-betonowej na Cyplu Oksyńskim

i numerycznym modelem terenu. W kalibracji mapy szczególnie istotne są elementy infrastruktury, których położenie nie uległo zmianie. Błąd położenia wybranych, charakterystycznych punktów terenowych (kościół, przepusty, skrzyżowania dawnych dróg) na mapie *Messtischblätter* dla arkusza Oksywie z 1909 r. nie przekraczał 10 m, a dla arkusza Zoppot z 1916 r. nie przekraczał 8 m. Na arkuszu mapy *Messtischblätter* z 1909 r. przedstawiona została opaska brzegowa wybudowana w 1905 r., której położenie nie uległo zmianie. Analiza położenia opaski na mapie oraz porównanie z numerycznym modelem terenu pozyskanym z danych LIDAR umożliwiła pokazanie błędu położenia opaski w formie przedziałów odległości (ryc. 4). Największą dokładnością (0–2 m) charakteryzuje się północny fragment opaski, najmniejszą (16–18 m) południowy, czyli w okresie późniejszym najsilniej antropogenicznie przekształcony fragment brzegu, w pobliżu portu w Gdyni. Błąd położenia w pobliżu miejsca, gdzie zlokalizowana była dawna latarnia morska⁵ nie przekraczał 6 m. W przypadku analizowanego fragmentu mapy *Messtischblätter* wartość błędu położenia opaski brzegowej waha się od 0 do 18 m. Uzyskana na tej podstawie wartość błędu mapy jest porównywalna z wynikami W. Jankowskiego (1961) i M. Jankowskiej (2008). W artykule przyjęto dokładność mapy *Messtischblätter* na ± 15 m.

5. Analiza GIS zmienności linii brzegowej Gdyni

Kalibracja dawnych arkuszy map topograficznych w skali 1:25 000 oraz wektoryzacja przebiegu linii brzegowej (współczesnej i dawnych) umożliwiły określenie zmienności linii brzegowej w różnych przedziałach czasowych. Poniżej przedstawiono wyniki badań zmian linii brzegowej Gdyni, z podziałem na arkusze mapy *Urmesstischblätter* oraz mapy *Messtischblätter*.

5.1. Arkusze mapy topograficznej *Urmesstischblätter*

Zmiany brzegowe zwizualizowane na mapie *Urmesstischblätter* z 1837 r. poniżej błędu położenia punktów nie mieszczą się w granicach graficznej dokładności mapy i nie są możliwe do wykazania. Ze względu na dużą wartość błędu jedynie znaczne zmiany linii brzegowej (przekraczające 25 m) można uchwycić za pomocą arkuszy *Urmesstischblätter*. Z powodu dużej wartości błędu położenia punktów na mapie, obliczone wartości zmian brzegowych mają charakter przybliżony, niemniej jednak wskazują na miejsca, które uległy największej abrazji w omawianym okresie. W przypadku Gdyni przede wszystkim dwa miejsca spełniają ten warunek: Cypel Oksywski i Cypel Redłowski, co wskazuje na największe ubytki łądu w tych dwóch najbardziej wysuniętych w morze fragmentach klifu.

⁵ Na mapie topograficznej z 1909 r. zaznaczono sygnaturę wieży latarni morskiej na cyplu i opisano ją jako „światło nawigacyjne” (niem. *Leuchfeuer*), zob. ryc. 4.

Tab. 2. Zmiany linii brzegowej Cypla Oksywskiego w latach 1837–1909 w kolejnych oddalonych od siebie o 10 m ciągach pomiarowych

Numer linii	Współrzędne Y linii w układzie PL-1992	Zmiany linii brzegowej w latach 1837–1909 [m]
457	742671,9374	53,92
456	742681,9374	51,17
455	742691,9374	62,83
454	742701,9374	83,04
453	742711,9374	101,15
452	742721,9374	119,26
451	742731,9374	134,03
450	742741,9374	149,05
449	742751,9374	160,33
448	742761,9374	150,82
447	742771,9374	138,75
446	742781,9374	134,95
445	742791,9374	131,30
444	742801,9374	128,32
443	742811,9374	125,34
442	742821,9374	120,37
441	742831,9374	113,90
440	742841,9374	108,31
439	742851,9374	102,72
438	742861,9374	93,17
437	742871,9374	83,17
436	742881,9374	73,17
435	742891,9374	64,50
434	742901,9374	57,10
433	742911,9374	50,92
432	742921,9374	45,08
431	742931,9374	39,24
430	742941,9374	34,14
429	742951,9374	31,65
428	742961,9374	29,15

Z Cyplem Oksywskim związane były aktywne procesy grawitacyjne oraz duże zmiany przebiegu linii brzegowej, aż do momentu jego stabilizacji na początku XX wieku. Według danych w literaturze straty łądu na Cyplu Oksywskim w latach 1810–1839 wyniosły ok. 7,6 ha⁶ (H. Berghaus 1839). W okresie 1810–1837 linia brzegowa cypla cofnęła się o ok. 75 ± 25 m, w najbardziej wysuniętym punkcie⁷. Roczne straty łądu w tym okresie w najbardziej wysuniętym punkcie cypla wyniosły od 1,8 m/rok do 3,7 m/rok. W latach 1837–1909 linia brzegowa cypla cofnęła się średnio o 92 m (czyli o 1,2 m/rok). W najbardziej wysuniętym punkcie ubytek łądu wyniósł 160 ± 25 m, czyli ok. 2,2 m/rok, przy uwzględnieniu błędu wartość ta może się wahać od 1,8 m/rok do 2,5 m/rok (ryc. 1). Straty łądu w tym okresie wyniosły ok. 3,4 ha. W tabeli 2 pokazano ubytki łądu dla poszczególnych linii pomiarowych, oddalonych od siebie o 10 m. Największe zmiany zaszły na odcinku 150 m w środkowej części cypla i przekroczyły 100 ± 25 m. Od 1905 r. Cyfel Oksywski chroni opaska kamienno-betonowa (W. Subotowicz 1982).

Kolejnym miejscem na Kępie Oksywskiej, gdzie zmiany linii brzegowej w latach 1837–1909 mogą być uchwycone pomiarem kartometrycznym, jest obszar w rejonie Kolonii Rybackiej na północ od ulicy Rybaków. Są to jednak zmiany małe, wynoszące 26–28,5 m, a więc w niewielkim stopniu przekraczające granicę przyjętego błędu.

W przypadku Kępy Redłowskiej zmiany linii brzegowej w okresie 1837–1910 odnotowano na odcinku ciągnącym się od Plaży Redłowskiej (północna część kępy) do Cypla Orłowskiego. Największe zmiany dotyczą północnej części kępy (odcinek o długości 0,7 km), gdzie ubytki łądu wynoszą od 27,2 do $77,8 \pm 25$ m (średnio 45 m, czyli 0,6 m/rok) oraz Cypla Redłowskiego, gdzie zmiany wynoszą od 27,08 do $132,01 \pm 25$ m (średnio 87,7 m, czyli 1,2 m/rok). W najbardziej wysuniętym punkcie cypla ubytek łądu wyniósł 132 ± 25 m, czyli ok. 1,8 m/rok, przy uwzględnieniu błędu wartość ta może się wahać od 1,4 m/rok do 2,1 m/rok. Straty łądu w rejonie Cypla Redłowskiego w tym okresie wyniosły ok. 7 ha. W tabeli 3 przedstawiono największe ubytki łądu na cyplu w latach 1837–1909 dla poszczególnych linii pomiarowych.

5.2. Arkusze mapy topograficznej *Messtischblätter* w skali 1:25 000

Podobnie jak w przypadku map topograficznych *Urmesstischblätter*, również dla określania zmian brzegowych na podstawie map *Messtischblätter* niezwykle istotna jest dokładność i błąd mapy. Zmiany brzegowe poniżej błędu położenia punktów (± 15 m) nie mieszczą się w granicach graficznej dokładności mapy i nie są możliwe do wykazania.

⁶ Prawdopodobnie wartość podana w literaturze jest jednak zawyżona i straty nie przekroczyły 2 ha.

⁷ Przy założeniu, że fortyfikacja przedstawiona na mapie z 1837 r. jest reductą i została przedstawiona w sposób kartometryczny.

Analiza kartometryczna map współczesnych oraz arkusza Oksywie mapy *Messtischblätter* z 1909 r. wskazuje na brak zmian linii brzegowej Cypla Oksywskiego po wykonaniu zabezpieczenia. Przeprowadzone na tym obszarze prace terenowe wskazują również na brak aktywnych ruchów masowych. Zabezpieczony fragment zbocza i jego podnóża obecnie jest porośnięty drzewami. W przypadku Kępy Oksywskiej zmiany związane z abrazją klifu w latach 1909–2013 zanotowano przede wszystkim na północnym skraju umocnień opaski brzegowej Cypla Oksywskiego (od 18,8 do 22,6 m \pm 15 m), w rejonie Wąwozu Ostrowskiego (od 17,7 do 24,7 m \pm 15 m) oraz w pobliżu osiedla na Babich Dołach (od 16,5 do 27,2 \pm 15 m). W tym ostatnim przypadku, który dotyczy klifu położonego w pobliżu

Tab. 3. Zmiany linii brzegowej Cypla Redłowskiego w latach 1837–1910 i latach 1910–2013 w kolejnych oddalonych od siebie o 10 m ciągach pomiarowych

Numer linii	Współrzędne Y linii w układzie PL-1992	Zmiany linii brzegowej w latach 1837–1909 [m]	Zmiany linii brzegowej w latach 1909–2013 [m]
1125	735991,9374	126,88	21,88
1126	735981,9374	127,24	23,19
1127	735971,9374	127,60	24,72
1128	735961,9374	127,93	26,78
1129	735951,9374	128,22	28,88
1130	735941,9374	128,52	30,97
1131	735931,9374	128,72	33,15
1132	735921,9374	128,72	35,40
1133	735911,9374	129,40	36,91
1134	735901,9374	131,36	37,14
1135	735891,9374	131,77	37,38
1136	735881,9374	132,01	37,72
1137	735871,9374	130,58	39,74
1138	735861,9374	124,51	46,40
1139	735851,9374	120,43	51,31
1140	735841,9374	119,10	53,69
1141	735831,9374	119,70	54,14
1142	735821,9374	119,15	53,15
1143	735811,9374	115,66	53,98
1144	735801,9374	111,89	55,21
1145	735791,9374	110,11	56,49

osiedla bloków mieszkalnych przy ulicach Dedala i Ikara, w najbardziej wysuniętym punkcie ubytek łądu wyniósł $27,2 \pm 15$ m, czyli ok. 0,26 m/rok; przy uwzględnieniu błędu wartość ta może się wahać od 0,1 m/rok do 0,4 m/rok.

W przypadku Kępy Redłowskiej zmiany linii brzegowej w okresie 1910–2013 odnotowano na odcinku ciągnącym się od Plaży Redłowskiej do Cypla Orłowskiego. Największe zmiany dotyczą północnej części kępy, gdzie ubytki łądu wynoszą od 16,1 do 60 ± 15 m (średnio 25,4 m, czyli 0,25 m/rok) oraz Cypla Redłowskiego, gdzie zmiany wynoszą od 17,28 do $56,49 \pm 15$ m (średnio 37,6 m, czyli 0,36 m/rok). W najbardziej wysuniętym punkcie cypla ubytek łądu wyniósł $56,49 \pm 15$ m, ok. 0,55 m/rok, przy uwzględnieniu błędu wartość ta może się wahać od 0,4 m/rok do 0,69 m/rok. Straty łądu w rejonie cypla w tym okresie wyniosły ok. 1,5 ha. W tabeli 3 przedstawiono największe ubytki łądu na cyplu w latach 1910–2013 dla poszczególnych linii pomiarowych.

6. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza retrospektywna dawnych map w skali 1:25 000 (*Urmesstischblätter* oraz *Messtischblätter*) wskazuje, że największe zmiany linii brzegowej odcinków klifowych w Gdyni związane są z wysuniętymi w morze cyplami. Tempo abrazji w poszczególnych odcinkach klifu było niejednolite i zmienne w czasie. W XIX wieku Cypel Oksywski charakteryzował się analogicznym tempem abrazji jak Cypel Redłowski. W latach 1810–1837 linia brzegowa cypla cofnęła się o ok. 75 ± 25 m w najdalej wysuniętym punkcie. Maksymalne roczne straty łądu w tym czasie wyniosły 1,8–3,7 m/rok. W latach 1837–1909 linia brzegowa Cypla Oksywskiego cofnęła się średnio o 92 m (czyli o 1,2 m/rok). W najbardziej wysuniętym punkcie ubytek łądu wyniósł 160 ± 25 m, czyli 1,8–2,5 m/rok. W późniejszym okresie zmian nie obserwowano, ponieważ od momentu stabilizacji w 1905 r. Cypel Oksywski jest skutecznie zabezpieczony przed abrazją morską.

W przypadku Kępy Redłowskiej zmiany linii brzegowej w latach 1837–1910 odnotowano na odcinku ciągnącym od Plaży Redłowskiej (północna część kępy) do Klifu Orłowskiego. Największe zmiany dotyczą północnego odcinka klifu, gdzie ubytki łądu wynoszą $27,2–77,8 \pm 25$ m (średnio 45 m; 0,6 m/rok) oraz Cypla Redłowskiego, gdzie zmiany wynoszą $27,08–132,01 \pm 25$ m (średnio 87,7 m; 1,2 m/rok). Maksymalny ubytek łądu cypla oszacowano na 132 ± 25 m, czyli 1,4–2,1 m/rok. W przypadku Kępy Redłowskiej zmiany linii brzegowej w okresie 1910–2013 odnotowano na analogicznym jak wcześniej odcinku. Największe przemieszczenia zaszły w północnej części klifu, gdzie odnotowano ubytki $16,1–60 \pm 15$ m (średnio 25,4 m; 0,25 m/rok) oraz Cypla Redłowskiego, gdzie zmiany oszacowano na $17,28–56,49 \pm 15$ m (średnio 37,6 m; 0,36 m/rok). W najbardziej wysuniętym punkcie na cyplu łąd cofnął się o $56,49 \pm 15$ m (czyli 0,4–0,69 m/rok.) Należy przy tym zaznaczyć, że miejsca maksymalnych

ubytków łądu na Klifie Orłowskim w latach 1837–1910 oraz 1910–2013 nie pokrywają się ze sobą i są oddalone od siebie o 90 m.

W przypadku dawnych map topograficznych przy określaniu zmian linii brzegowych niezwykle istotna jest dokładność i błąd mapy. W artykule przyjęto średni błąd położenia dla mapy *Urmesstischblätter* ± 25 m, a dla mapy *Messtischblätter* ± 15 m. Maksymalny błąd map i błąd wyznaczenia zmian brzegowych może być jednak większy. A. Mielczarski (1970, *vide* Pelczar i in. 1990) szacuje maksymalny błąd obliczenia zmiany brzegowej na podstawie mapy *Urmesstischblätter* na 95% poziomie ufności na około 60–78 m, a Pelczar i in. (1990) maksymalny błąd wyznaczenia zmian brzegowych na podstawie mapy *Messtischblätter* na około 25,2 m. Przyjęcie nawet tak wysokich wartości błędów nie neguje podstawowych wniosków zawartych w artykule.

Literatura

- Afeek A., 2012, *Kalibracja map historycznych z zastosowaniem GIS*, „Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego”, nr 16, Sosnowiec.
- Berghaus H., 1839, *Historische Veränderungen Ostsee-Küste*, „Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde”, Hrsg. K.C. Leonhard und H.G. Bronn, Stuttgart.
- Formela K., Marsz A., 2011, *Zmienność liczby dni ze sztormem nad Bałtykiem (1971–2009)*, „Prace i Studia Geograficzne”, t. 47, s. 189–196.
- Hirsch R., Małszycki D., Markowska M., Mikołajczuk B., Płaza-Opacka D., Rembalski T., Rudnicka D., 2006, *Przewodnik po zabytkach Oksywia*, Gdynia.
- Hirsch R., Woźniakowski A., 2008, *Bateria artyleryjska w Redłowie. Krótka wędrówka po zabytkach Gdyni*, Gdynia.
- Jakusik E., Wójcik R., Biernacik D., Miętus M., 2010, *Wpływ zmian pola barycznego nad Europą i Północnym Atlantykiem na zmiany średniego poziomu Morza Bałtyckiego w strefie polskiego wybrzeża*, w: *Woda w badaniach geograficznych*, red. T. Ciupa, R. Suligowski, Kielce, s. 59–73.
- Jankowska M., 1993, *Okoliczności powstania i sposób opracowania pruskiej mapy topograficznej z I połowy XIX wieku w skali 1:25 000*, „Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu”, t. CCXL, s. 37–53.
- Jankowska M., 2004, *Układy i pola odniesień przestrzennych w kartograficznych badaniach zmian środowiska Poznania i jego strefy podmiejskiej*, w: *Kartografia tematyczna w kształtowaniu środowiska geograficznego*, „Materiały XXX Ogólnopolskiej Konferencji Kartograficznej”, t. 25, s. 329–338, Poznań.
- Jankowska M., 2008, *Zastosowanie kartograficznej metody badań do oceny zmian przestrzennych wsi w Wielkopolsce w XX w.*, „Rocznik Muzeum Narodowego Rolnictwa i Przemysłu Rolno-Spożywczego w Szreniawie”, t. 25, s. 428–453.

- Jankowska M., Lisiewicz S., 1998, *Kartograficzne i geodezyjne metody badania zmian środowiska*, Poznań.
- Jankowski W., 1961, *Niemiecka mapa w skali 1:25 000 na terenach polskich na wschód od Odry i Nysy*, „Przegląd Geodezyjny”, r. 33, nr 11, s. 417–422, nr 12, s. 458–462.
- Kłopotociński W., 1965, *Tachimetria*, Warszawa.
- Kondracki J., 1998, *Geografia regionalna Polski*, Warszawa.
- Konias A., 2010, *Kartografia topograficzna państwa i zaboru pruskiego od II połowy XVIII wieku do połowy XX wieku*, Słupsk.
- Kramarska R., Frydel J., Jegliński W., 2011, *Zastosowanie metody naziemnego skaningu laserowego do oceny geodynamiki wybrzeża na przykładzie klifu Jastrzębiej Góry*, „Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego”, z. 446, s. 101–108.
- Łęczyński L., Kubowicz-Grajewska A., 2013, *Studium przypadku. Klif Orłowski, w: Sposoby ochrony brzegów morskich i ich wpływ na środowisko przyrodnicze polskiego wybrzeża Bałtyku – Raport*, red. T. Łabuz, Warszawa, Fundacja WWF Polska, s.152–161.
- Merczyng H., 1913, *Mapa Litwy z 1613 r. Ks. Radziwiłła Sierotki, pod względem matematycznym i kartograficznym*, „Sprawozdania z posiedzeń Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, Wydział Nauk Matematycznych i Przyrodniczych”, r. 6, z. 6, s. 414–440.
- Pehnack M., 1937, *Prüfung neuerer Messtischaufnahmen 1:25 000 auf ihre Genauigkeit*, Berlin.
- Pelczar M., Nejczew P., Mielczarski A., 1989, *Kartometryczna analiza zmienności linii brzegowej we wschodniej części polskiego wybrzeża Bałtyku w okresie ostatniego stulecia*, „Rozprawy Hydrotechniczne”, t. 51, s. 69–113.
- Racinowski R., Baraniecki J., 1990, *Przydatność litologicznych wskaźników dla charakteryzowania wzdłużbrzegowego potoku rumowiska na polskim wybrzeżu Bałtyku*, „Rozprawy Hydrotechniczne”, t. 51, s. 159–209.
- Rudowski L., Łęczyński L., 2009, *Surveys of the shore and seafloor of the Kępa Redłowska area conducted by the Division of Marine Geology between 1997 and 2007*, „Oceanological and Hydrobiological Studies”, vol. 38, s. 135–146.
- Siedlik K., 2014, *Zmiany linii brzegowej Zalewu Szczecińskiego na podstawie wybranych map z XVII i XVIII wieku*, w: *Kartografia morska i krain nadmorskich*, red. R. Skrycki, Szczecin, s. 67–90.
- Słomianko P., Jednorął T., Semrau I., Pieścik G., Kowalski T., Nowakowski, Gruszczyński B., Niespodzińska L., Michałowski A., Cieślak A., 1968, *Ochrona brzegów Klifu Oksywińskiego*, „Prace Instytutu Morskiego”, maszynopis.
- Subotowicz W., 1982, *Litodynamika brzegów klifowych wybrzeża Polski*, Gdańskie Towarzystwo Naukowe WNoZ, Ossolineum, Wrocław.
- Szeliga J., 1968, *Analiza dokładności wybranych map wybrzeża polskiego z XVII i XVIII wieku*, „Zeszyty Geograficzne Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Gdańsku”, r. 10, s. 37–83.

- Szeliga J., 2014, *Wielkoskalowe mapy morskie rejonu ujścia Wisły i redy portu gdańskiego XVI–XVIII wieku*, w: *Kartografia morska i krain nadmorskich*, red. R. Skrycki, Szczecin, s. 91–116.
- Zaleszkiewicz L., Pikies R., 2007, *Klif Orłowski – historia geologiczna*, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Gdańsk.
- Zawadzka-Kahlau E., 1999, *Tendencje rozwojowe polskich brzegów Bałtyku południowego*, Gdańsk.

Źródła kartograficzne

- Falckenstein, *Topografische Karte im Maßstab 1:25 000 Urmesstischblätter, Blatt 330 – Zoppot*, Königlich Preussische Generalstab, Berlin 1837. Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz.
- Roeder, *Topografische Karte im Maßstab 1:25 000 Urmesstischblätter, Blatt 275 – Oxhöft*, Königlich Preussische Generalstab, Berlin 1837. Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz.
- Völkel, *Topografische Karte im Maßstab 1:25 000 Urmesstischblätter, Blatt 275 – Oxhöft*, Königlich Preussische Generalstab, Berlin 1862. Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz.
- Schrötter-Engelhardt, *Topografische Karte im Maßstab 1:50.000*, Berlin 1796–1802. Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz.
- Topografische Karte im Maßstab 1:25 000 Messtischblätter, Blatt 330 – Zoppot*, Preussische Generalstab, Berlin 1910. Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz.
- Topografische Karte im Maßstab 1:25 000 Messtischblätter, Blatt 275 – Oxhöft*, Preussische Generalstab, Berlin 1909. Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz.

Źródła internetowe

www.wodgik.katowice.pl (dostęp 12.04.2017)

Gdynia cliff coastline changes in the last 200 years and the resulting geo-threats

Anna Małka

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytutu Badawczy

Oddział Geologii Morza w Gdańsku

E-mail: Anna.Malka@pgi.gov.pl

Summary: The retrospective analysis of the 1:25,000 old maps (*Urmesstischblätter* and *Messtischblätter*) shows that the greatest changes of the coastline in Gdynia are related to the sea-springs. The rate of abrasion in individual sections of the cliff fluctuated over time. In the 19th century the Cypel Oksywski was characterized by the same rate of abrasion as the Cypel Redłowski. From 1810 to 1837 at its most advanced point the shoreline of the headland retreated about 75 ± 25 m. Between 1837 and 1909 the maximum loss of land was 160 ± 25 m, i.e. 1.8–2.5 m/year, which means that the coastline retreated 92 m on average (i.e. 1.2 m/year). In the later period, since the stabilization in 1905 no changes have been observed.

In the case of Kępa Redłowska between 1837 and 1909 the retreat of cliffs was observed on the section stretching from Plaża Redłowska to Cypel Orłowski. The largest changes are in the northern part of the clump, where the losses of the mainland are 27.2–77, 8 ± 25 m (on average 0.6 m/year) and Cypel Redłowski, where the changes are 27.08–132.01 ± 25 m (on average 1.2 m/year). At the most advanced point, the loss of land was 132 ± 25 m, or 1.4–2.1 m/year. The greatest changes in the period of 1910–2013 are in the northern part of the clump where they amount to 16.1–60 m ± 15 m (average 0.25 m/year) and in Cypel Redłowski, where they amount 17.28–56.49 m ± 15 m, (average 0.36 m/year). At the most advanced point of the headland the loss of land was 56.49 m ± 15 m, or about 0.4–0.69 m/year.

Keywords: cliff coastline changes, Gdynia, *Urmesstischblätter*, *Messtischblätter*, map analysis, HGIS
