

WIZUALIZACJA TRÓJWYMIAROWA W BADANIACH STREFY BRZEGOWEJ NA PRZYKŁADZIE OBLICZEŃ OBJĘTOŚCI MATERIAŁU ERODOWANEGO I AKUMULOWANEGO NA BRZEGU MORSKIM

3D VISUALIZATION IN COASTAL ZONE STUDIES ON THE EXAMPLE OF CALCULATION OF THE VOLUME OF ERODED AND ACCUMULATED MATERIAL IN COASTAL ZONE

Agnieszka Łęcka, Kazimierz Furmańczyk

Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej, Instytut Nauki o Morzu, Uniwersytet Szczeciński

Słowa kluczowe: dynamika brzegu, akumulacja/erozja brzegu, numeryczny model terenu, geowizualizacja

Keywords: coastal dynamic, coastal accumulation/erosion, Digital Elevation Model, geovisualisation

Wstęp

Wielokrotnie dowodzono, że strefa brzegowa, ze względu na swoje położenie na styku lądu i morza oraz zachodzące tu interakcje, jest obszarem bardzo specyficznym. Stąd wniosek, że także metody badań oraz prezentacje ich wyników powinny do tej specyfiki nawiązywać. Przełomowym dla badań strefy brzegowej było zastosowanie zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych, których wykorzystanie pozwoliło „zapanować” nad silnie zmiennym obszarem wody i lądu. Dzisiaj teledetekcja jest narzędziem badawczym wykorzystywanym na równi z klasycznymi badaniami geomorfologicznymi, geofizycznymi i geologicznymi strefy brzegowej. Kluczem do poznania strefy brzegowej stała się odpowiednio zgromadzona i przedstawiona informacja – stąd tak szybki rozwój technik systemów informacji geograficznych, wspomaganých oczywiście wzrastającą popularnością internetu. Jedną z technik badawczych GIS-u jest wizualizacja trójwymiarowa (3D ang. *3 dimensional*) wykorzystująca trójwymiarowe modele w postaci numerycznego modelu terenu – NMT (ang. *digital elevation model* – DEM, *digital terrain model* – DTM) (Gaździcki, 2004).

NMT jest zbiorem danych przestrzennych uporządkowanych w trzech wymiarach: x, y, z; jest on też elementem niezbędnym do stworzenia ortofotomapy. Nie mniej jednak NMT w znakomitej większości przypadków tworzony jest specjalnie do realizacji konkretnych zadań badawczych lub wizualizacji istniejących danych, niezależnie od pozostałych produktów kartograficznych.

W dobie dużej powszechności GIS-u wciąż wprowadzane są na rynek nowe oprogramowania o charakterze kartograficzno-fotogrametrycznym, tak więc samo wykonanie modelu numerycznego, w zależności od zastosowanego oprogramowania, nie jest czynnością skomplikowaną. Niezależnie od wybranego narzędzia, model taki będzie z technicznego punktu widzenia poprawny. Istotę stanowi natomiast poprawność merytoryczna modelu, która uzależniona będzie od jakości danych wejściowych, wzajemnej georeferencji danych, znajomości czasu i charakteru danych oraz posiadania wiedzy na temat obiektywnych niedoskonałości i błędów modelu, zawężających ewentualnie możliwości korzystania z niego.

Autorzy, z racji podejmowanych do tej pory problemów badawczych (Furmańczyk, 1994; Furmańczyk, Musielak, 2002), zaproponowali zastosowanie NMT do wizualizacji strefy brzegowej. Zróżnicowana geomorfologicznie strefa brzegowa stanowi, bowiem bardzo ciekawy materiał do geowizualizacji za pomocą modelu 3D biorąc pod uwagę obecność morza. Z takiego punktu widzenia, strefa brzegowa jawi się autorom, jako wielka strefa nieciągłości, czyli bardzo ciekawy i nietypowy element urozmaicający powierzchnię Ziemi – przewidywalną i powtarzalną w obrębie konkretnych form ukształtowania powierzchni. Zastosowanie wizualizacji trójwymiarowej autorzy postanowili zaprezentować na przykładzie obliczenia objętości materiału biorącego udział w procesach erozji i akumulacji brzegu morskiego.

Dla obszaru Polski istnieją dwa rodzaje numerycznych modeli terenu (NMT), zarchiwizowanych w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej. Są to: NMT dla powierzchni całego kraju opracowany przez służbę topograficzną Wojska Polskiego na podstawie map topograficznych w skali 1:50 000 oraz NMT pozyskiwany w oparciu o opracowanie fotogrametryczne przy produkcji ortofotomap, w skali 1:26 000 (obszary Polski północno-wschodniej) i 1:13 000 (obszary Polski południowo-wschodniej). Firma Geosystems Polska oferuje dwa rodzaje NMT, tj.: dla całego obszaru Polski modele opracowane na podstawie map topograficznych w skali 1:25 000 oraz pomiarów fotogrametrycznych o rozdzielczości terenowej 20 m i 50 m; modele o rozdzielczości terenowej 5 m wykonane metodami fotogrametrycznymi dla obszarów miast w ich granicach administracyjnych.

Wymienione numeryczne modele terenu, ze względu na skalę oraz zasięg opracowania, nie spełniają niestety wymogów dla szczegółowych opracowań w obrębie strefy brzegowej zachodniego wybrzeża Polski. Dlatego też autorzy podjęli decyzje o sporządzeniu NMT dla ściśle określonych obszarów strefy brzegowej i w skali pozwalającej na przeprowadzenie badań ilościowych na brzegu.

Numeryczny model terenu

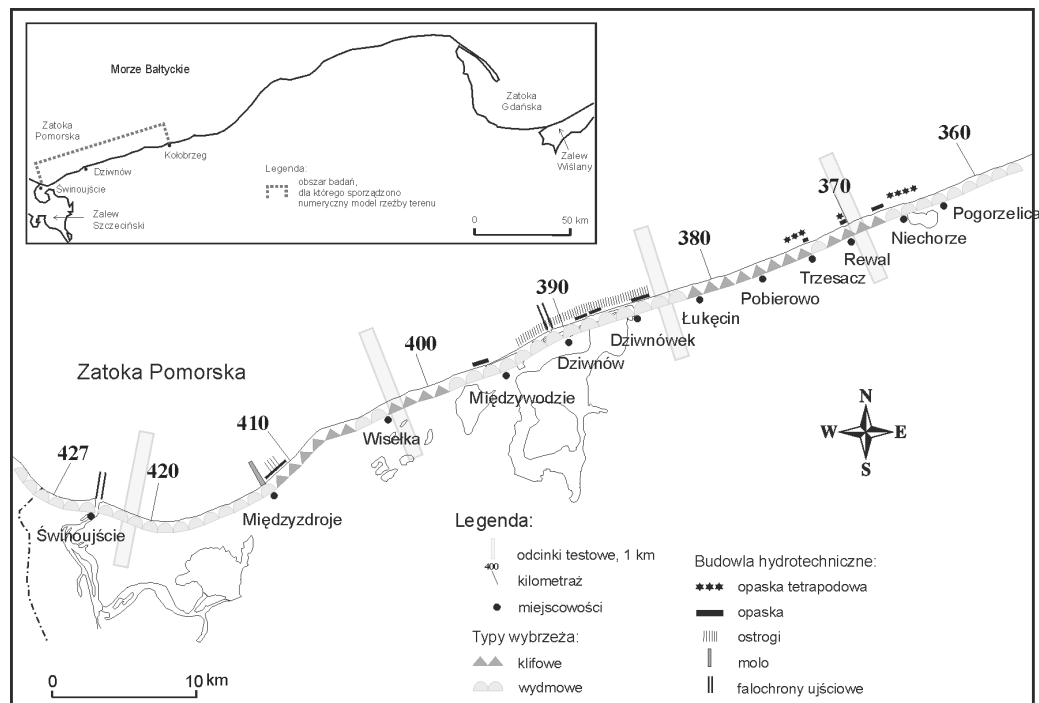
Do sporządzenia NMT wykorzystano mapy topograficzne GUGiK w skali 1:10 000 w wersji cyfrowej składające się z kilku wektorowych warstw tematycznych. Zamierzeniem autorów była wizualizacja hipsometryczna strefy brzegowej, a więc, spośród dostępnych, wykorzystano jedynie warstwę zawierającą dane wysokościowe w postaci warstwicy o cięciu warstwicy 1,25 m. Model wykonano bezpośrednio z tych warstwicy. Mapy posiadały współrzędne prostokątne w Państwowym Układzie Współrzędnych „1992”, współrzędne geograficzne w układzie EUREF-89 elipsoida GRS-80, a poziom odniesienia – Kronsztad-86. Aktualność danych na mapie: opracowanie topograficzne 2001 r., opracowanie kartograficzne 2002 r. wg. znaków umownych 1999 r., wydanie 2002 r.

Do wizualizacji wybrano obszar zachodniego wybrzeża Polski od Świnoujścia do Kołobrzegu i zasięgu w kierunku lądu do 1 km, w obrębie którego dokładnej analizie poddano cztery odcinki testowe (rys. 1). Do wykonania NMT użyto oprogramowania ArcView firmy ESRI, w wersji 3.3 z nakładką 3D w wersji 1.0.

W trakcie tworzenia modelu dokonano pewnego uogólnienia, decydując o nieuwzględnianiu w procesie jego powstawania takich elementów nieciągłości, jak: drogi, przejścia lub zejścia na plaże, budowle hydrotechniczne (falochrony, ciężkie opaski betonowe) oraz niektóre wąwozy i skarpy (znajdujące się z dala od linii brzegowej). Decyzja ta została umotywowana następującymi przesłankami:

- wymienione elementy nie mają zasadniczego wpływu na badania objętościowe modelu, a jedynie na jakość wizualizacji badanego terenu;
- brak jednoznacznych i dokładnych danych odnośnie lokalizacji i parametrów przejść na plaże; szczegółowe ujęcie tego aspektu w tworzonym modelu wymagałoby dodatkowych badań terenowych;
- brak wypracowanego, obiektywnego sposobu uwzględniania tych form w rzeźbie terenu, dobór odpowiedniej metody wymaga jeszcze badań, w celu znalezienia metody możliwie mało pracochłonnej ale i wiernie odtwarzającej daną nieciągłość; w poszczególnych przypadkach nie wyklucza się konieczności przeprowadzenia wizji fotograficzno-pomiarowej na brzegu.

Po skonfrontowaniu dostępnego materiału z problemem badawczym, stwierdzono, iż dodatkowo należy dokonać wektoryzacji linii podstawy wydmy/klifu oraz linii biegnącej po



Rys. 1. Lokalizacja obszarów badań oraz poszczególnych odcinków testowych

szczyt wydm/klifu i nadać im wartości z (wysokości n.p.m.). Wektoryzacji tej dokonywano na istniejącej warstwie poziomicowej, a nowo naniesionym liniom nadawano wartości ekstrapolując je na podstawie znanych wartości najbliższych poziomic oraz ich odległości od miejsca przebiegu linii krawędzi lub podstawy klifu/wydmy biorąc pod uwagę panujące na danym fragmencie rzeźby nachylenie terenu. Uznano, że na potrzeby prowadzonych badań i wobec planowanych dokładności, działanie takie będzie wystarczające i poprawne. Trudność przedstawiało jednak samo umiejscowienie linii podstawy klifu/wydmy, bowiem linia taka nie była skartowana na analizowanej mapie topograficznej, a zastosowany symbol kartograficzny nie zawsze pozwalał na jednoznaczne usytuowanie tej linii na mapie. W takich przypadkach również ekstrapolowano jej położenie na podstawie istniejących warstw sąsiednich wspomagając się doświadczeniem autorów odnośnie profili plaży na badanych odcinkach strefy brzegowej. Powyższe dane, dodatkowo wprowadzane do warstwy tematycznej, dotyczyły elementów rzeźby terenu, a więc posiadających pewną konsekwencję w swoim położeniu i przebiegu, co ułatwiało przeprowadzenie ekstrapolacji.

Utworzony model był modelem typu TIN ze względu na możliwości jego późniejszej edycji, jakie stwarzało zastosowane oprogramowanie ArcView. Pomimo wymienionych problemów powstały model wysokościowy terenu dobrze odzwierciedlał sytuację wysokościową i w granicach założonych dokładności może stanowić podstawę do określenia zmian objętościowych brzegu. Modele trójwymiarowe poszczególnych odcinków testowych ukazują rysunki 2, 3, 4 i 5.

Dokładność modelu wynika z materiału, jaki posłużył do jego wygenerowania. Mapy w skali 1:10 000 pozwalają osiągnąć dokładności sytuacyjne rzędu 1 m. Zaobserwowana szacunkowa dokładność przeniesienia poziomic z mapy oscyluje wokół 0,5 m. Natomiast dokładność nadania wartości z dodatkowo nanoszonym punktom i liniom z mapy, ze względu na konieczność interpolacji wysokościowej i przy, występującym na mapie, cięciu poziomicowym 1,25 m, może sięgać 0,4–0,6 m. Skala 1:10 000, pozwala z wystarczającą szczegółowością korzystać z modelu dla ilustrowania lub badania ogólnego strefy brzegowej.

Obliczenia objętości materiału akumulowanego i erodowanego w strefie brzegowej

Analizę objętości na utworzonym modelu NMT przeprowadzono na czterech odcinkach testowych o długości 1 km każdy. Przyczyną takiej decyzji była przede wszystkim konieczność przetestowania stosowanej metody obliczeń na charakterystycznych z punktu widzenia dynamiki i typu brzegu, odcinkach strefy brzegowej. Wybrano cztery różniące się od siebie odcinki testowe, dla których wykonano NMT oraz przeprowadzono obliczenia objętości utraconego lub zakumulowanego materiału:

- rejon Rewala-Śliwina, km 369,0–370,0, brzeg klifowy erodowany,
- rejon Łukęcina i Dziwnówka, km 383,0–384,0, brzeg wydmy erodowany,
- rejon Świnoujścia, km 419,0–420,0, brzeg wydmy akumulowany,
- rejon Wisielki, km 403,0–404,0, brzeg klifowy akumulowany.

Wybór odcinków nie był przypadkowy, jak już wspomniano wcześniej opierał się głównie na różnorodności dynamiki i typu brzegu. Autorzy bazowali na przeprowadzonych przez siebie badaniach i ich wynikach przedstawiających brzeg morski w aspektach: wysokości

brzegu, istnienia budowli hydrotechnicznych, dynamiki brzegu oraz typu brzegu (Furmańczyk i inni, 2004). Dane te zostały zebrane na podstawie analizy zdjęć lotniczych z lat 1986-89 oraz obserwacji terenowych przeprowadzonych w latach 1996–1999. Odcinki dobierano tak, aby istniały dla nich dane we wszystkich wymienionych tu kryteriach. Diagramy zawierające charakterystykę wspomnianych kryteriów doboru obszarów testowych dla odcinków erozyjnych przedstawiono na rysunku 6, natomiast dla odcinków akumulacyjnych na rysunku 7.

Do obliczenia objętości przyjęto następujące upraszczające założenia (rys. 8):

- płaszczyzna przekroju akumulowanego lub erodowanego brzegu jest równoległobokiem
- brzeg cofając się lub narastając nie zmienia kąta nachylenia stoku (płaszczyzna przekroju poprzecznego pozostaje równoległobokiem)
- w przypadku akumulacji i erozji brzegu klifowego, w profilu brzegu nie wyodrębniano wydmy przedniej, pomimo, iż de facto w pierwszym etapie głównie ona ulega na brzegu klifowym akumulacji lub erozji, o ile istniała wcześniej
- ze względu na duży przedział czasowy porównywanych stanów (lata 1938 i 1996) oraz dostępne dane, jako „współczesne dane” można było przyjąć położenie linii podstawy wydmy/klifu ze zdjęć lotniczych z roku 1996, a numeryczny model terenu z mapy z roku 2001.
- w celu obliczenia objętości materiału podlegającego akumulacji lub erozji na całym jednokilometrowym odcinku testowym zastosowano wzór:

$$V = \left(\left(\frac{a_1 + a_2}{2} \times \frac{h_1 + h_2}{2} \right) \times 10 \right) + \left(\left(\frac{a_2 + a_3}{2} \times \frac{h_2 + h_3}{2} \right) \times 10 \right) + \dots + \left(\left(\frac{a_{10} + a_{11}}{2} \times \frac{h_{10} + h_{11}}{2} \right) \times 10 \right)$$

gdzie

V – objętość materiału na odcinku testowym o długości 1 km, [m³]

$a_1 \dots a_{11}$ – różnica odległości pomiędzy liniami podstawy wydmy/klifu w latach 1938–1996, na końcach 10-metrowych odcinków brzegu, [m]

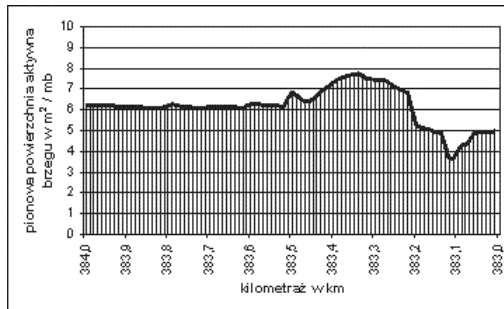
$\frac{a_1 + a_2}{2}$ – średnia różnica odległości pomiędzy liniami podstawy wydmy/klifu w latach 1938–1996 dla 10-metrowych odcinków brzegu, [m]

$h_1 \dots h_{11}$ – wysokość krawędzi wydmy/klifu na końcach 10-metrowych odcinków brzegu, [m]

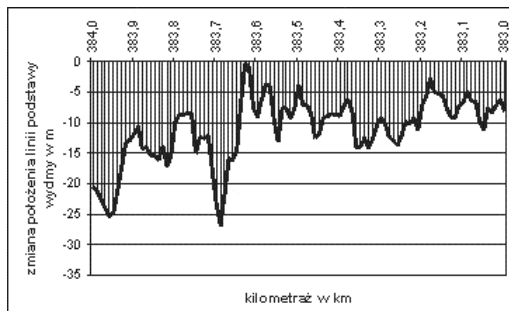
$\frac{h_1 + h_2}{2}$ – średnia wysokość krawędzi wydmy/klifu dla 10-metrowych odcinków brzegu, [m]

Zastosowana metoda jest uproszczonym modelem do obliczania objętości brzegu z wykorzystaniem jego modelu wysokościowego. Wymaga uszczegółowień oraz poszerzenia ilości i jakości danych wejściowych. Przewiduje się taką modyfikację zastosowanej metody, aby uwzględnić obecność wydmy przedniej, która nie tylko wpływa na przebieg profilu brzegu, ale także jest zasadniczym elementem procesu jego kształtowania ulegając erozji lub akumulując się u podnóża klifu.

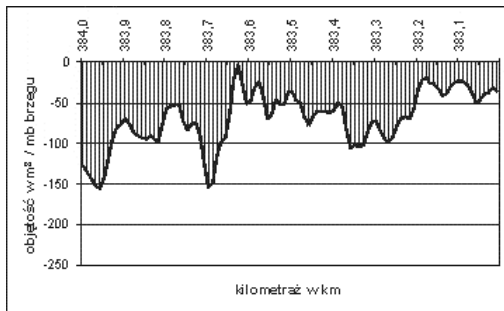
Z utworzonego NMT odczytano współrzędne z (wysokości n.p.m.) dla miejsc położonych na linii podstawy wydmy/klifu oraz na krawędzi wydmy/klifu (dane z roku 2001), a następnie obliczono różnicę tych wysokości, czyli parametr h (rys. 8). Na tej podstawie sporządzono wykresy ilustrujące pionową powierzchnię aktywną brzegu, biorącą udział w procesach erozji i akumulacji materiału w strefie brzegowej na badanych odcinkach testowych (wykres a na rysunkach 9, 10, 11 i 12).



a

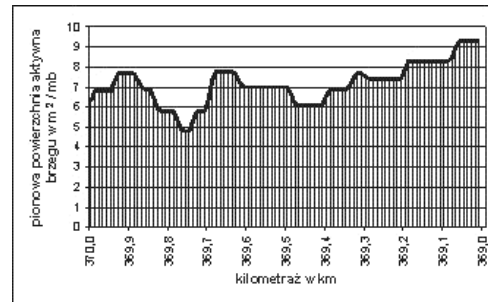


b

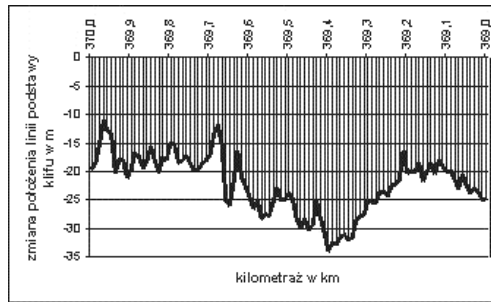


c

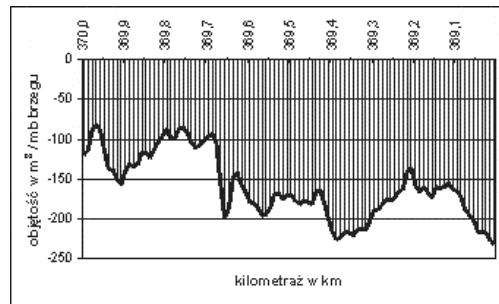
Rys. 9. Analizowane w przedziale czasowym 1938–1996 parametry na odcinku testowym w rejonie Łukęcina-Dziwnówka (km 383,0–384,0): a – wielkość pionowej powierzchni aktywnej brzegu, b – wielkość zmian położenia linii podstawy wydmy, c – objętość erodowanego materiału



a

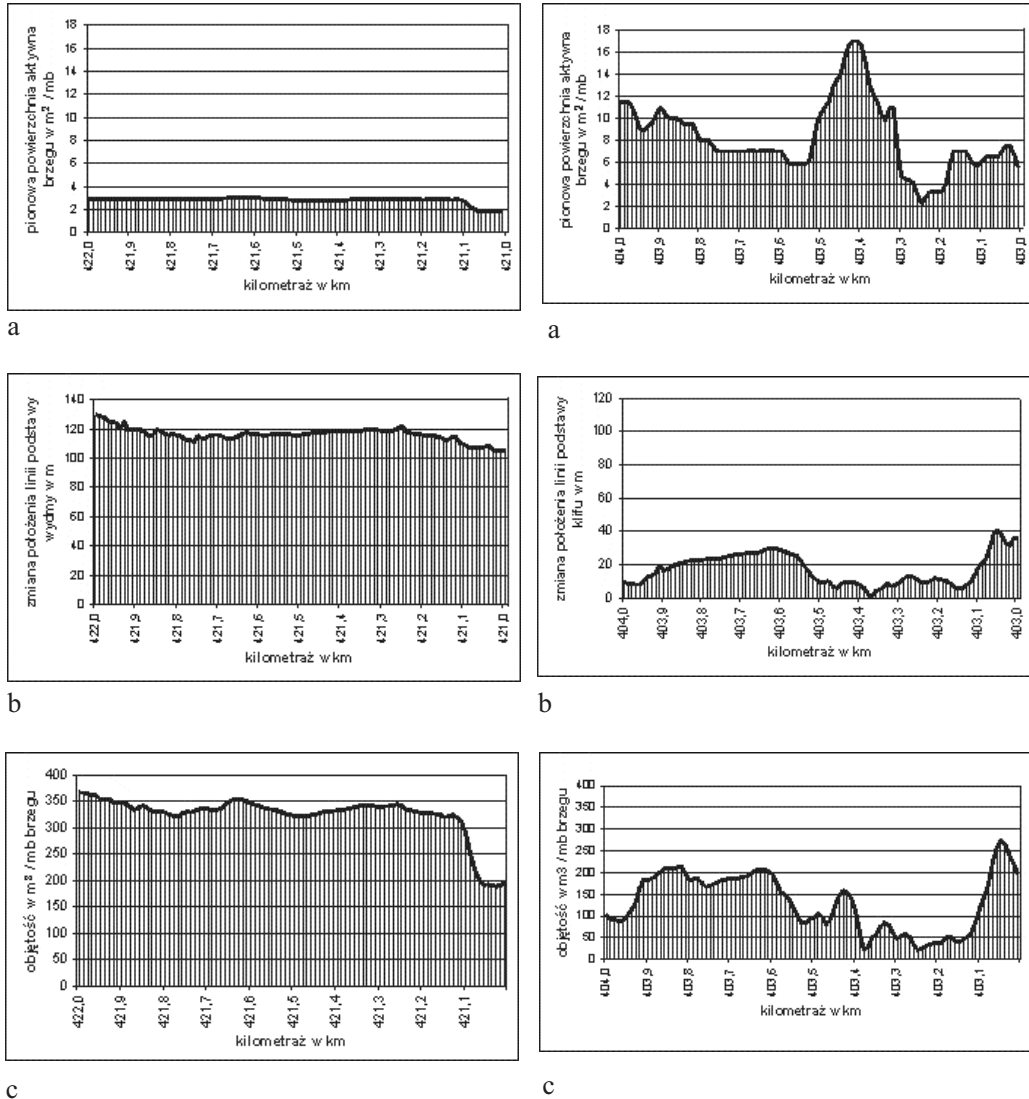


b



c

Rys. 10. Analizowane w przedziale czasowym 1938–1996 parametry na odcinku testowym w rejonie Rewala-Śliwina (km 369,0–370,0): a – wielkość pionowej powierzchni aktywnej brzegu, b – wielkość zmian położenia linii podstawy wydmy, c – objętość erodowanego materiału



Rys. 11. Analizowane w przedziale czasowym 1938–1996 parametry na odcinku testowym w rejonie Świnoujścia (km 421,0–422,0): a – wielkość pionowej powierzchni aktywnej brzegu, b – wielkość zmian położenia linii podstawy wydmy, c – objętość erodowanego materiału

Rys. 12. Analizowane w przedziale czasowym 1938–1996 parametry na odcinku testowym w rejonie Wiselki (km 403,0015–404,0): a – wielkość pionowej powierzchni aktywnej brzegu, b – wielkość zmian położenia linii podstawy wydmy, c – objętość erodowanego materiału

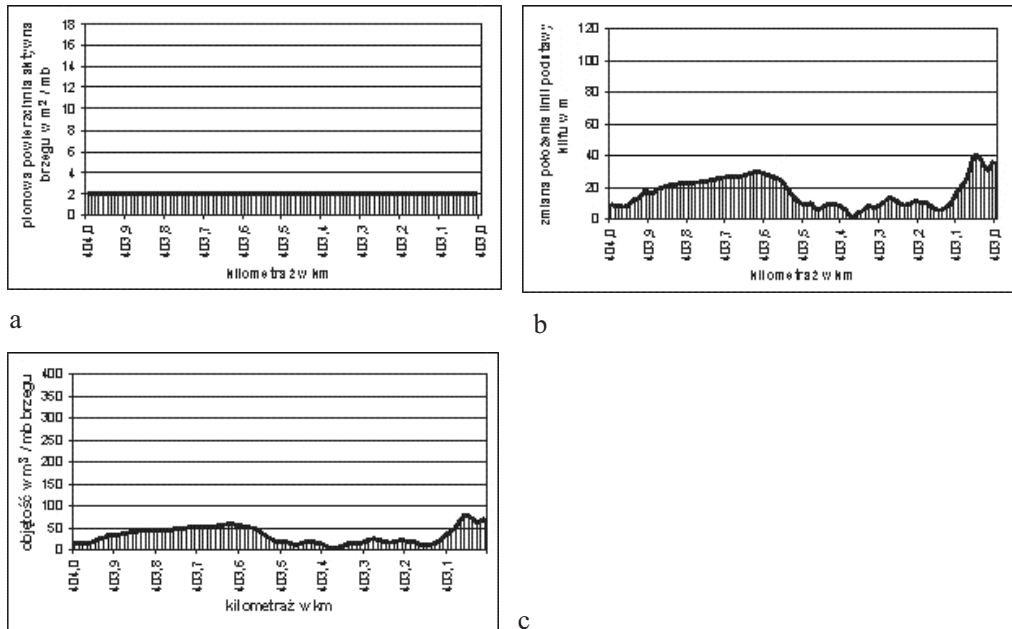
Na podstawie materiału zdjęciowego w postaci ortofotomap wybrzeża polskiego z roku 1996 oraz zrektyfikowanych na ortofotomapę z 1996 roku fotomap z 1938 roku zwektoryzowano linie podstawy wydmy/klifu (dane z roku 1996), a następnie przy użyciu oprogramowania ArcView v.3.3, obliczono różnicę położenia tych linii w stosunku do siebie, czyli parametr $\pm a$ (rys.8.). Wielkości i znak parametru a posłużyły do sporządzenia wykresu obrazującego zmianę położenia linii brzegowej dla wybranych fragmentów zachodniego wybrzeża, co zostało przedstawione na wykresach b (rys.9, 10, 11 i 12).

Ostatnim etapem było obliczenie objętości materiału akumulowanego (+) lub erodowanego (-) w obrębie odcinków testowych. W tym celu pomnożono dane z wykresu a przez dane z wykresu b , a wyniki sprowadzono do wielkości objętości na 1 metr bieżący wybrzeża (wykres c na rysunkach 9, 10, 11 i 12).

Uzyskane wyniki

Testowe odcinki erozyjne, to: rejon Rewala-Śliwina (km 369,0–370,0), gdzie występuje brzeg klifowy oraz rejon Łukęcina i Dziwnówka (km 383,0–384,0), gdzie rozciąga się brzeg wydmy. Objętość materiału wyerodowanego w stosunku do roku 1938 na odcinku w rejonie Śliwina wyniosła 159 tys. m³ (średnio 159 m³/mb brzegu), natomiast w rejonie Łukęcina – 70 tys. m³ (średnio 70 m³/mb brzegu). Ponad dwukrotna różnica w wielkości erozji wynika z nieco większej w przypadku Śliwina powierzchni aktywnej (wyższy brzeg) oraz dużo większej dynamiki brzegu. Jest to jeden z najbardziej zagrożonych erozją fragmentów zachodniego wybrzeża, podlegający intensywnej ochronie hydrotechnicznej (Dudzińska-Nowak, Furmańczyk, Łęcka, 2005).

Objętość materiału zakumulowanego w tym samym czasie na dwóch pozostałych odcinkach testowych wyniosła dla kilometrowego odcinka wydmy w rejonie Świnoujścia (km 421,0–422,0) 325 tys. m³ (325 m³/mb brzegu), natomiast dla odcinka klifowego w rejonie Wiselki (km 403,0–404,0) 34 tys. m³ (34 m³/mb brzegu). Tak duża różnica w ilości akumulowanego materiału pomiędzy tymi odcinkami wynika przede wszystkim z dużej dynamiki brzegu wydmy w rejonie Świnoujścia oraz niewielkiej dynamiki brzegu w rejonie Wiselki, który ponadto położony jest pomiędzy obszarami erozyjnymi. Niewielka wartość akumulacji na odcinku w okolicach Wiselki wynika z faktu, że na tym klifowym odcinku akumulacja przebiega poprzez tworzenie niskiej wydmy przedniej, a nie przez odtwarzanie wysokiego brzegu klifowego. W tym celu wzięto pod uwagę tworzącą się u podnóża klifu wydmy przednią, która niemal przez cały okres badanego przedziału czasowego występowała na tym obszarze. Dopiero bardzo silny sztorm w drugiej połowie lat 90. pozbawił wspomniany fragment brzegu klifowego osłony w postaci wydmy przedniej, erodując ją całkowicie. Wysokość względną wydmy oszacowano na 2 m, co jest pewnego rodzaju uproszczeniem, a zasięg jej występowania obejmował cały przykładowy odcinek. Uwzględnienie wydmy przedniej spowodowało zmniejszenie obliczonej objętości zakumulowanego materiału ze 131 tys. m³ (131 m³/mb brzegu), obliczonych bez uwzględnienia obecności wydmy przedniej (rys.12) do 59 tys. m³ (59 m³/mb brzegu), z uwzględnieniem wydmy przedniej, co zdecydowanie bardziej odpowiada sytuacji na brzegu. Analizowane w przedziale czasowym 1938–1996 parametry na odcinku testowym w rejonie Wiselki z uwzględnieniem obecności wydmy przedniej przedstawiono na rysunku 13.



Rys. 13. Analizowane w przedziale czasowym 1938–1996 parametry na odcinku testowym w rejonie Wiselki (km 403,0–404,0) z uwzględnieniem wydmy przedniej: a – wielkość pionowej powierzchni aktywnej brzegu, b – wielkość zmian położenia linii podstawy wydmy, c – objętość erodowanego materiału

Podsumowanie

Poza pewnymi cechami charakterystycznymi i ograniczeniami wspólnymi dla wszystkich modeli terenu, model trójwymiarowej strefy brzegowej posiada dodatkowy aspekt, jakim jest specyfika samej strefy brzegowej. Elementy rzeźby aktywnego brzegu są trudne do oznaczenia na mapie i dodatkowo zmienne w czasie. NMT jest w stanie owe istotne ograniczenia pokonać.

Zaproponowana przez autorów metoda stanowi pierwszą uproszczoną wersję modelu obliczania zmian objętościowych brzegu i ich lokalizację przestrzenną. Ułatwia to sporządzenie bilansu rumowiska w strefie brzegowej, lepsze rozpoznanie ilościowe jego przemieszczania, poznanie dróg jego migracji.

Do zastosowań dla modelu 3D strefy brzegowej można, obok przykładu omówionego powyżej, zaliczyć:

- wizualizację rzeźby terenu dla późniejszych działań urbanistyczno-administracyjnych,
- wizualizację rzeźby terenu dla potrzeb ochrony przyrody, krajobrazowych i turystycznych,
- stworzenie podkładu dla badań nad pokryciem terenu,
- w przypadku dwóch modeli – porównanie przebiegu linii podstawy wydmy/klifu na przestrzeni lat (oszacowanie wielkości procesów erozji/akumulacji).

Rzeźba terenu przedstawiona na mapie topograficznej w skali 1:10 000 daje zbyt generalny obraz brzegu, aby NMT wygenerowany na jej podstawie mógł posłużyć do badań objętościowych zmian brzegu. Natomiast zastosowanie nowoczesnego skanowania Lidar umożliwia tworzenie NMT na moment pomiaru, nie rozwiąże zatem problemu utworzenia NMT na okresy minione. W związku z tym autorzy zaproponowali metodę postępowania przy tworzeniu NMT i wykorzystaniu go do określania objętościowych zmian w strefie brzegowej. Podejście prezentowane przez autorów ma na celu połączenie danych o różnych dokładnościach (najnowsze mapy i historyczny materiał zdjęciowy) w celu wykorzystania niezwykle cennych danych ze zdjęć lotniczych do badań nad dynamiką strefy brzegowej.

Literatura

- Dudzińska-Nowak J., Furmańczyk K., Łęcka A., 2005: Ochrona brzegu na odcinku Międzyzdroje – Niechorze. ZZOP w Polsce – stan obecny i perspektywy. Oficyna In Plus, Szczecin, ISBN 83-89402-22-X.
- Furmańczyk K., 1994: Współczesny rozwój strefy brzegowej morza bezpływowego w świetle badań teledetekcyjnych południowych wybrzeży Bałtyku. Wyd. Uniwersytetu Szczecińskiego, *Rozprawy i Studia*, T.161.
- Furmańczyk K., Musielak S., 2002: Brzeg morski i strategia jego ochrony. *Czas Morza* 1(10) maj.
- Furmańczyk K., Musielak S., Dudzińska J., Łęcka A., 2004: Coastal erosion management at the West Polish Coast – raport końcowy projektu EUROSION (506-25-1000-0876).
- Gaździcki J., 2004: Leksykon geomatyczny – Lexicon of Geomatics, Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej, wersja elektroniczna wydawnictwa książkowego, <http://www.ptip.org.pl>
- Musielak S., Furmańczyk K., 1999: Baltic coast types. Sustainable Water Management in the Baltic Sea Basin. Book I. Water in Nature. Ed. L-C. Lundin. Uppsala: 30-33.
- Ormsby T., Alvi J., 1999: Extending ArcView GIS – Teach yourself to use ArcView GIS extensions. ESRI Press, California (USA), ISBN 1-879102-05-6.

Summary

In the paper applications for DTM use are presented. The authors treat the 3D model as a good tool for coastal zone studies. They used DTM for connection of two kinds of data: historical aerial photographs and current topographic maps. The first data are very accurate and, what is most important, have historical character. The second data are current, but within the coastal zone they are not so accurate to be useful in coastal zone studies.

The authors tried to elaborate the “model” of procedure to size up the volume changes in coastal zone. They assumed some simplifications, which allowed to make measurements of the quantity of eroded or accumulated sandy materials.

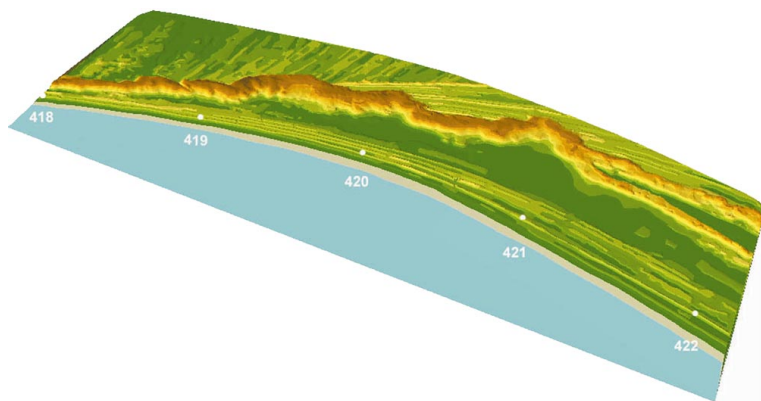
The measurements were made in four 1 km long test sections: two concerned accumulation and two erosion of sandy materials.

The way of proceeding proposed by the authors may be useful for preparing the material balance in the coastal zone, for better recognition of quantitative changes and for studies of migration ways.

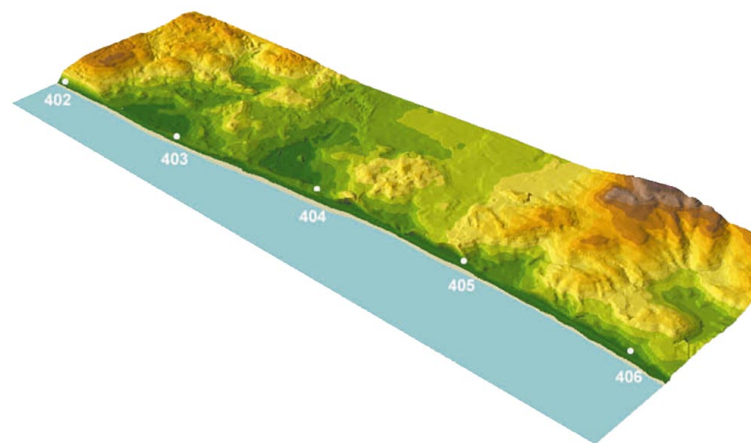
mgr inż. Agnieszka Łęcka
agabetka@univ.szczecin.pl

dr hab. Kazimierz Furmańczyk, prof. US
kaz@sus.univ.szczecin.pl

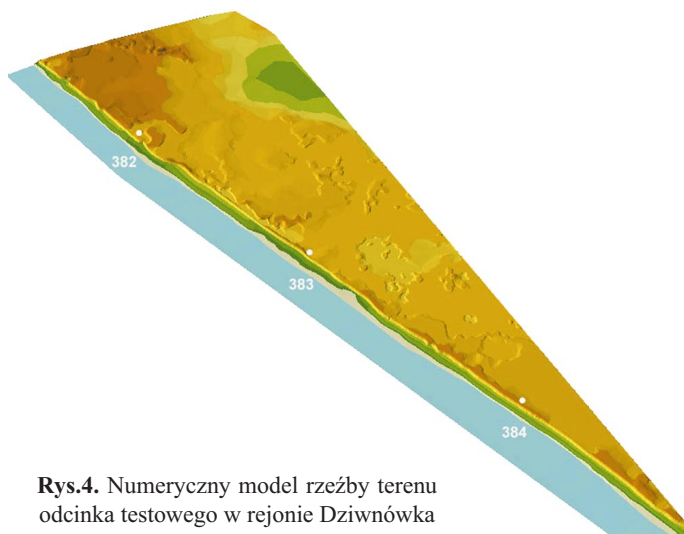
<http://sus.univ.szczecin.pl/WNP/ZTIKM/index.htm>
tel/fax (091) 444 16 00



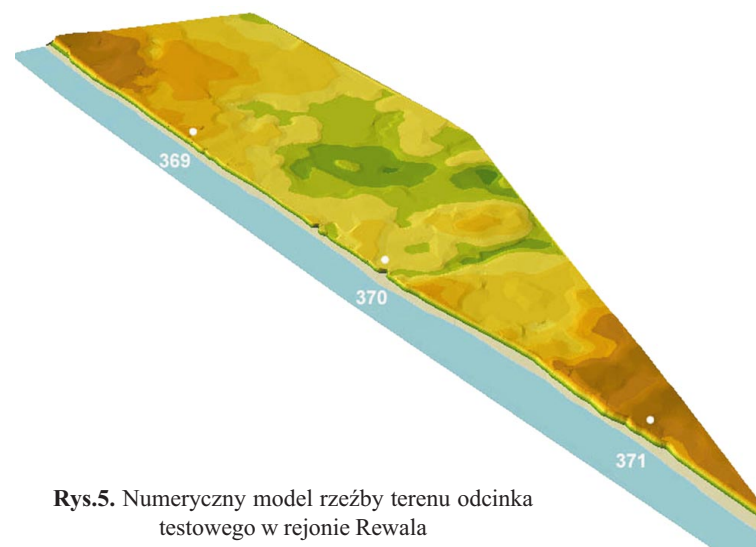
Rys.2. Numeryczny model rzeźby terenu odcinka testowego w rejonie Świnoujścia



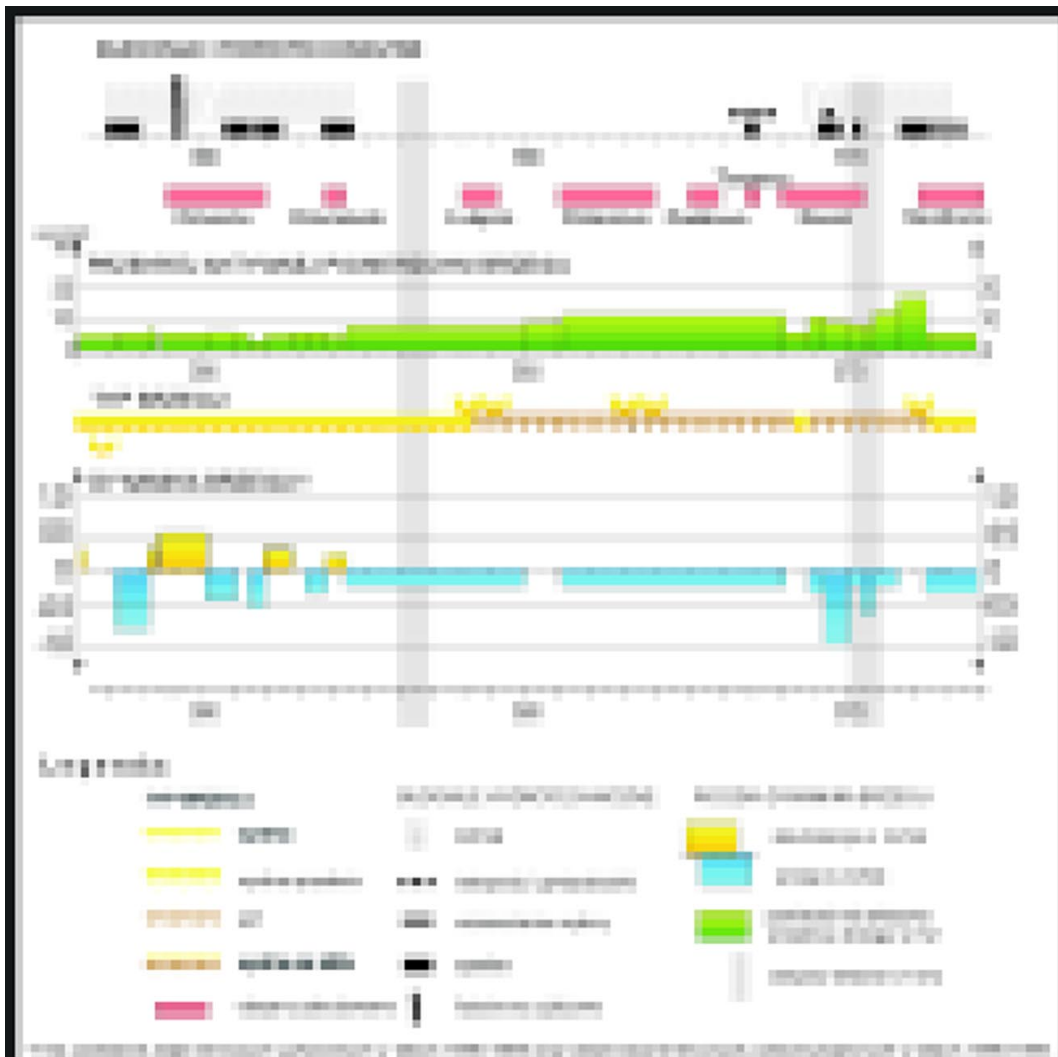
Rys.3. Numeryczny model rzeźby terenu odcinka testowego w rejonie Wiselki



Rys.4. Numeryczny model rzeźby terenu odcinka testowego w rejonie Dziwnówka



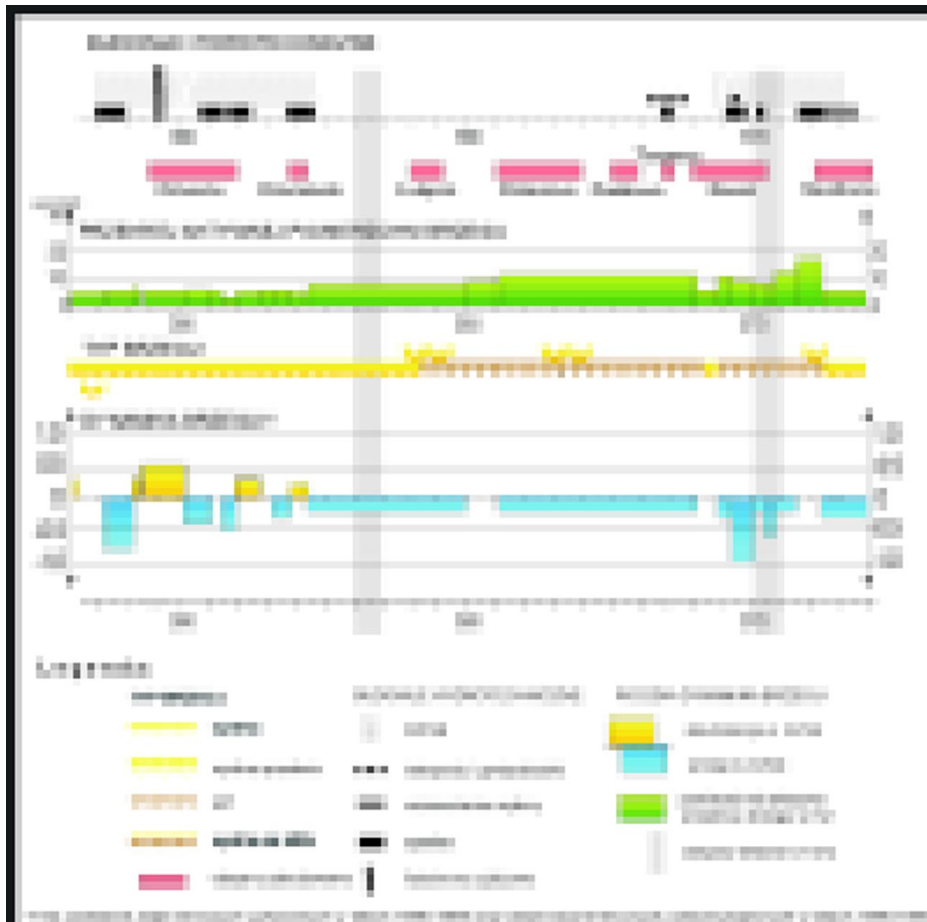
Rys.5. Numeryczny model rzeźby terenu odcinka testowego w rejonie Rewala



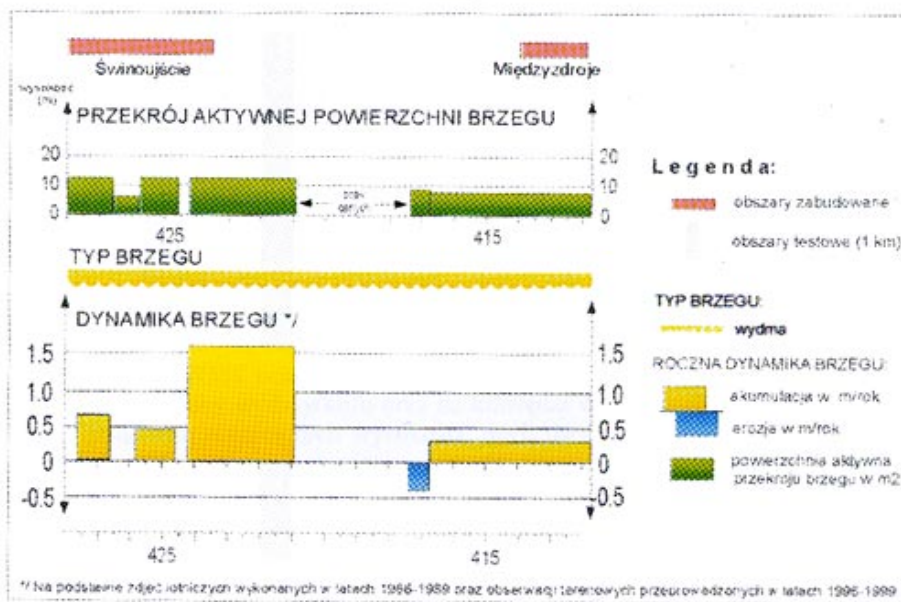
Rys. 6. Diagram elementów aktywności brzegu wraz z zaznaczonymi „erozyjnymi” odcinkami testowymi

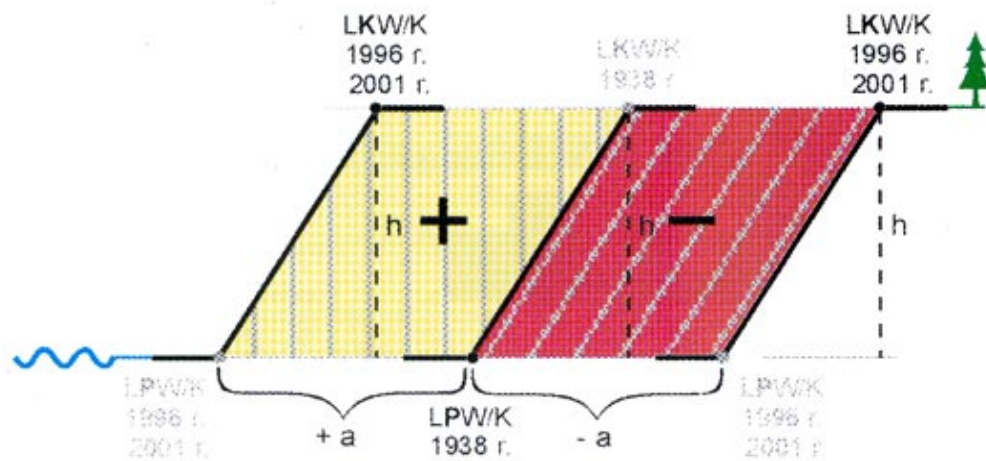
Rys. 7. Diagram elementów aktywności brzegu wraz z zaznaczonymi „akumulacyjnymi” odcinkami testowymi:
 a – Rejon Wisielki (km 403,0 – 404,0);
 b – Rejon Świnoujścia (km 421,0 – 422,0)

a



b





Legenda:

LKW/K linia krawędzi wydmy/klifu

LPW/K linia podstawy wydmy/klifu

a różnica położenia linii podstawy wydmy/klifu w latach 1938-96
($a = \text{LPW/K } 1996 \text{ r.} - \text{LPW/K } 1938 \text{ r.}$)

h wysokość krawędzi wydmy/klifu
($h = \text{LKW/K } 2001 \text{ r.} - \text{LPW/K } 2001 \text{ r.}$)



akumulacja brzegu - przesunięcie w stronę morza
LPW/K z 1996 r. w stosunku do LPW/K z 1938 r.



erozja brzegu - cofnięcie się LPW/K z 1996 r. w stosunku do LPW/K z 1938 r.

napisy
czarne
czarne
szare

wartości znane, wykorzystane do obliczeń objętościowych

wartości nieznane, brak danych

Rys. 8. Schemat cofania się i akumulacji profilu brzegu (wydmowego i klifowego) z uwzględnieniem płaszczyzny przekroju poprzecznego brzegu