Wyznaczanie głębokości położenia infrastruktury przyłączeniowej w strefie brzegowej południowego Bałtyku – propozycja wstępna

Dr inż. Piotr Szmytkiewicz¹, dr inż. Tomasz Marcinkowski², mgr Helena Boniecka², mgr Tomasz Olszewski², dr inż. Jan Schönhofer¹, dr inż. Grzegorz R. Cerkowniak¹, mgr Magdalena Stella¹ ¹Instytut Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku ²Instytut Morski w Gdańsku

W ostatnim czasie obserwuje się zwiększenie liczby planowanych do realizacji przedsięwzięć budowlanych, których wspólnym mianownikiem jest przeprowadzanie pod strefą przyboju, pod powierzchnią plaży i pod wydmą infrastruktury przyłączeniowej. Wśród planowanych inwestycji wymienić można między innymi: gazociąg *BalticPipe*, wysokoprądowe kable łączące morskie farmy wiatrowe z lądowymi stacjami dokującymi, czy na przykład rurociągi elektrowni jądrowej.

Budowa geologiczna, cechy morfologiczne oraz procesy hydro-, morfo- i litodynamiczne strefy brzegowej południowego Bałtyku powodują, że obszar od głębokości około $10 \div 15$ m p.p.m. (około $1000 \div 1500$ m od brzegu) do korony wydmy przedniej podlega ciągłej naturalnej przebudowie. Odzwierciedleniem tych procesów są długookresowe i wielkoskalowe zjawiska erozji i akumulacji brzegu morskiego. Oprócz naturalnej dynamiki zmian brzegowych, obszar przyszłych inwestycji jest szczególnie wrażliwy na wszelkie zakłócenia wywołane posadowieniem w tym obszarze konstrukcji hydrotechnicznych. Zaburzenie ustalonych przez naturę procesów prowadzi najczęściej do wystąpienia lokalnych zjawisk erozji i akumulacji. Niekontrolowane wystąpienie erozji może prowadzić do wzrostu zagrożenia powodziowego infrastruktury zlokalizowanej na zapleczu wydmy (np. budynki przepompowni, stacji dokującej), a w skrajnym przypadku do odsłonięcia elementów konstrukcyjnych infrastruktury przyłączeniowej, co z kolei może prowadzić do wystąpienia awarii i/lub katastrofy budowlanej.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wstępnej metodyki wyznaczania optymalnej głębokości posadowienia infrastruktury przyłączeniowej w strefie brzegowej morza.



Rys. 1. Potencjalne położenie wyjścia na ląd infrastruktury przyłączeniowej na wschód od Niechorza (KM 362,000)

Uwaga porządkowa: przeprowadzone analizy wykonano w nawiązaniu do brzegowego kilometrażu Urzędów Morskich, którego zerowy punkt znajduje się na wschodniej granicy państwowej, a punkt oznaczony KM 428,4 – na granicy zachodniej.

OBSZAR ANALIZY

W niniejszej pracy założono, że przekroczenie strefy brzegowej morza przez infrastrukturę przyłączeniową może mieć miejsce na wschód od Niechorza (KM 362,00) (rys. 1). Wobec tego ten obszar poddano analizie.

Ogólna charakterystyka analizowanego odcinka brzegu

Położenie obszaru

Rozważany obszar znajduje się w północno-zachodniej Polsce, około 35 km na zachód od Kołobrzegu oraz około 66 km od granicy polsko-niemieckiej. Według podziału morfologicznego wybrzeża szczecińskiego analizowana lokalizacja znajduje się w obszarze Bramy Regi, która rozciąga się na odcinku KM 345,50 ÷ 367,00. Jest to brzeg typu mierzejowo-wydmowego. Od Kołobrzegu do Niechorza (KM 367,00), za nadmorską barierą wydmową, leżą podmokłe tereny nizinne z jeziorami nadbrzeżnymi Resko Pomorskie i Liwia Łuża połączonymi z morzem przetokami. Na obszarze tym płynie rzeka Rega mająca swe ujście w Mrzeżynie.

Klimat falowy, poziomy wody (spiętrzenia sztormowe)

Parametry fali głębokowodnej o okresie powtarzalności raz na pięćdziesiąt lat ($T_r = 50$ lat), wyznaczone dla analizowanego obszaru na podstawie danych pochodzących z rekonstrukcji falowania w okresie 1958-2001 [3] wynoszą $H_{s,Tr = 50 \text{ year}} = 7,2 \text{ m},$ $T_p = 10,9 \text{ s}$ [4]. Średni poziom wody na polskim wybrzeżu wynosi około 500 cm. Maksymalny poziom wody zarejestrowany na polskim wybrzeżu wynosi 722 cm (stacja Kołobrzeg), minimalny 366 cm (stacja Świnoujście) [1]. Dla portu Kołobrzeg poziomy wody o okresach powtarzalności raz na dwadzieścia i raz na sto lat wynoszą odpowiednio $W_{Tr=20 \text{ year}} = 649 \text{ cm i } W_{Tr=100 \text{ year}} = 713 \text{ cm [1]}.$

Budowa geologiczna

Miąższość osadów czwartorzędowych w rejonie Niechorza wynosi 40 \div 60 m. W profilu osadów czwartorzędowych na głębokości 8 m p.p.t. występuje poziom gliny o miąższości około 10 m. Na pokładach gliny zalega około 10 m warstwa piasków (piaski plażowe, morskie, lagunowe) i żwiry. W strefie przyboju (głębokości od około 7 m p.p.m. do linii brzegowej), około 1 \div 2 m pod dnem znajduje się około metrowej miąższości warstwa torfu [5].

Cechy morfologiczne

Podbrzeże stanowi płaskie dno z wyraźnie zaznaczonym pasmem dwóch stabilnych, ale słabo rozwiniętych rew (rys. 2). Ich powierzchnie nie przekraczają 100 m². Rewa I znajduje się w odległości około $80 \div 120$ m od linii bazowej, położenie rewy II zmienia się w obszarze od około 130 m do około 220 m. W płytkim podbrzeżu, w odległości od około 20 m do 50 m od linii bazowej¹, okresowo pojawia się niestabilna rewa (tzw. rewa efemeryczna), która tworzy się w okresie letniej akumulacji brzegu. W okresach jesienno-zimowych rewa efemeryczna zanika. W odległości około 275 ÷ 300 m od linii bazowej dno ma wyrównany, połogi charakter o średnim nachyleniu około 0,01.

W rejonie Niechorza wydmy mieszczą się w klasie wydm wyższych (6 ÷ 10 m), na KM 362,00 wydma osiąga wysokość około 8,5 m n.p.m. Rzędna stopy wydmy znajduje się na wy-

¹ Linia bazowa to przyjęte przez polską administrację morską (Urzędy Morskie) położenie punktów poprowadzonych wzdłuż polskiego brzegu. Linia bazowa wyznacza miejsca zerowe pomiarowych profili batymetryczno-tachimetrycznych.



Rys. 2. Przekrój poprzeczny strefy brzegowej w rejonie Niechorza

sokości około 2 m n.p.m. Plaże mają zróżnicowane szerokości i przy średnim poziomie morza 500 cm ich szerokość nie przekracza 35 m. Zbudowane są głównie z piasków średnioziarnistych.

Procesy erozyjno-akumulacyjne

Odcinek brzegu w rejonie wyjścia na brzeg (lądowania) infrastruktury przyłączeniowej znajduje się w obrębie 14-kilometrowej, najdłuższej na polskim wybrzeżu, zatoki abrazyjnej. Średnie tempo cofania się linii brzegowej na odcinku KM 358,0 ÷ 372,0 w okresie 1875-1979 wynosiło około 0,5 m/rok, w latach 1973-1989 brzeg w rejonie Niechorza cofał się średnio z prędkością około 3 m/rok [6].

 Tabl. 1. Wartości powierzchni S przekroju profili brzegowych zmierzonych na profilu KM 362,00 w latach 2004, 2006, 2008, 2012.

Data pomiaru	09.2004	09.2006	08.2008	09.2012
Powierzchnia S [m ²]	1656	1663	1597	1673

W ramach wstępnej analizy służącej określeniu odporności brzegu w rejonie Niechorza na działania czynników hydrodynamicznych obliczono powierzchnię przekroju *S* profili batymetryczno-tachimetrycznych z lat 2004, 2006, 2008 i 2012. Obliczana powierzchnia *S* to pole ograniczone profilami batymetryczno-tachimetrycznymi i rzędnymi 2 m n.p.m. oraz 6 m p.p.m. W tabl. 1 zamieszczono otrzymane wyniki. Uzyskane wartości (około 1650 m²) wskazują, że kształt profilu brzegowego w latach 2004-2012 był stabilny.

Środki ochrony brzegów stosowane w analizowanym miejscu

Zgodnie ustawą o ustanowieniu programu wieloletniego "Program ochrony brzegów morskich" [7] w rejonie Niechorza prowadzono prace hydrotechniczne, a mianowicie odbudowano i wybudowano tam nowe ostrogi brzegowe. Ponadto w latach 2007-2017 trzykrotnie przeprowadzono w tym rejonie sztuczne zasilanie brzegu (tabl. 2, rys. 3). Odległość prowadzonych prac związanych z zasileniem brzegu od analizowanego w niniejszej pracy miejsca przeprowadzenia infrastruktury przyłączeniowej przez strefę brzegową jest na tyle duża (najmniejsza z odległości

Tabl. 2. Sztuczne zasilanie brzegu w rejonie Niechorza w latach 2007-2017

Okres zasilania	Kilometraż zasilan	ego odcinka brzegu	Długość zasilanego	Odległość od	Objętość	Średnia objętość zasi- lania na m.b. brzegu [m ³ /m]	
m-m rok	Początek [KM]	Koniec [KM]	odcinka [m]	gazociągu [m]	zasilania [m ³]		
11-12.2007	365,20	367,20	2000	3250	185 000	92,50	
09.2014	368,15	368,78	630	6200	93 000	147,60	
05-06.2017	366,00	367,00	1000	4050	90 000	90,00	



Rys. 3. Lokalizacja profili tachimetryczno-batymetrycznych w sąsiedztwie potencjalnego wyjścia na brzeg infrastruktury przyłączeniowej oraz miejsca realizacji sztucznego zasilania brzegu w rejonie Niechorza



Rys. 4. Zmienność profilu KM 361,50 (wschodni) w latach 2004-2012



Rys. 5. Zmienność profilu KM 362,00 (centralny) w latach 2004-2012



Rys. 6. Zmienność profilu KM 362,50 (zachodni) w latach 2004-2012

przekracza 3 km), że wpływ prac hydrotechnicznych na analizowany odcinek brzegu jest pomijalny.

METODYKA

Analiza zmienności profili batymetryczno-tachimetrycznych powinna być wykonana w oparciu o możliwie najszerszą bazę danych zmian brzegowych. W Polsce, zgodnie z ustawą o ustanowieniu programu wieloletniego "Program ochrony brzegów morskich" [7], od 2004 roku realizowany jest program monitorowania strefy brzegowej morza. Monitoring obejmuje wykonywanie między innymi pomiarów laserem typu LIDAR, zdjęć lotniczych, sondaży echosondą wielowiązkową i jednowiązkową oraz pomiarów geodezyjnych. Zgodnie z ustawą odstępy czasowe pomiędzy kolejnymi pomiarami nie mogą być dłuższe niż 5 lat.

Na potrzeby analizy zmienności profili, z dostępnych danych, wybrano profile tachimetryczno-batymetryczne rozmieszczone w odstępach co 500 m wzdłuż kilometrażu brzegu. W analizowanym rejonie pomiary tachimetryczno-batymetryczne wykonano w sezonach letnich w latach 2004, 2006, 2008 i 2012.

ANALIZA ZMIENNOŚCI PROFILI

Analiza zmienności profili – okolice Niechorza (KM 361,50 ÷ 362,50)

Zgodnie z poczynionym na wstępie założeniem, miejsce przejścia infrastruktury przyłączeniowej przez strefę brzegową znajduje się w okolicy Niechorza (KM 362,00). Punkt bazowy tego profilu (naliczanie odciętych) we współrzędnych WGS84 – UTM34 wynosi N 5996123,96 i E 509751,82, zaś profil skierowany jest pod kątem 336,78° do kierunku N. Dodatkowo analizowanymi profilami są profile KM 361,50 (profil wschodni) i KM 362,50 (profil zachodni) (rys. 3). Na rys. 4 \div 6 przedstawiono wyniki wszystkich dostępnych pomiarów batymetryczno-tachimetrycznych wykonanych w profilach KM 361,50; 362,00 i 362,50.

Analizowany odcinek brzegu charakteryzuje się dużą dynamiką zmian głębokości w rejonie skłonu brzegowego oraz w strefie rew. Jednak obszar podlegający intensywnym zmianom dennym jest stosunkowo wąski i praktycznie należy przyjąć, że w odległości większej niż 400 m od punktów bazowych, zarówno na profilu centralnym, jak i sąsiadujących, wszystkie zmiany denne zanikają i profil ma ujednolicony przebieg na przestrzeni kilku lat. W odległości 400 \div 500 m od punktu bazowego głębokości wody mieszczą się w granicach 4,5 \div 6 m.

Należy jednak zwrócić uwagę, że zakres posiadanych danych (zaledwie cztery pomiary wykonane w ciągu ośmiu lat) oraz okres, w którym wykonywano pomiary (lato), powoduje, że bezrefleksyjne wnioskowanie na temat charakterystycznych zmian brzegowych w danym odcinku brzegu może być obarczone błędem. Analiza oparta na zbyt małej liczbie danych pomiarowych prowadzić może do niedoszacowania zmian głębokościowych w badanym obszarze. Dlatego na potrzeby niniejszej pracy przeprowadzono dodatkową analizę odcinka brzegu, który w warunkach polskiego wybrzeża jest poddany najpełniejszym badaniom hydro-, lito- i morfodynamicznym. Jest to odcinek brzegu położony w Morskim Laboratorium Brzegowym w Lubiatowie (KM 163,50 ÷ 166,00).

Analiza zmienności profili – Morskie Laboratorium Brzegowe IBW PAN w Lubiatowie (KM 163,50 ÷ 166,00)

Na rys. 7 przedstawiono położenie profili pomiarowych w MLB, w których od lat 80-tych XX wieku wykonywane są pomiary batymetryczno-tachimetryczne. Wzdłużbrzegowa odległość pomiędzy profilami wynosi 100 m. Pomiary batymetryczno-tachimetryczne wykonuje się od korony wydmy do głębokości $6 \div 15$ m p.p.m. Na rys. 8 przedstawiono zmienność



Rys. 7. Położenie profili pomiarowych w MLB w Lubiatowie, w których od lat 80-tych XX wieku wykonywane są pomiary batymetryczno-tachimetryczne



Rys. 8. Pionowa zmienność położenia profilu nr 7 w MLB w Lubiatowie w okresie od 1981 do 2016 roku

kształtu profili batymetryczno-tachimetrycznych zmierzonych w przykładowym profilu nr 7 (por. rys. 7).

W celu określenia pionowego zasięgu zmian położenia profili poprzecznych do brzegu w MLB dla wszystkich dostępnych danych (rys. 8) wykonano następujące analizy:

- 1. Zidentyfikowano położenie wierzchołków rew.
- Wyznaczono współczynnik kierunkowy A zmodyfikowanej krzywej Deana

$$y = A \cdot \left\{ \left[x + \frac{8}{27} \left(\frac{A}{\mathrm{tg}\,\alpha} \right)^3 \right]^{2/3} - \left(\frac{2A}{3\mathrm{tg}\,\alpha} \right)^2 \right\}$$

(gdzie y – głębokość, x – odległość od brzegu, tg α –nachylenie dna) [2] dla wszystkich pomierzonych profili pomiarowych.

- Wyznaczono powierzchnie zawarte pomiędzy chwilowym położeniem linii wody, izobatą -6 m i pomierzonym profilem.
- 4. Określono położenie dolnej obwiedni wszystkich pomierzonych profili pomiarowych.
- Określono położenie dolnej obwiedni profili pomiarowych pomierzonych w okresach letnich w 2007, 2008, 2010 i 2013 roku.



Rys. 9. Położenie wierzchołków rew na profilu nr 7 w MLB w Lubiatowie w okresie od 1981 do 2016 roku

Wyniki analizy dla MLB Lubiatowo

Na rys. 9 przedstawiono położenie wierzchołków kolejnych rew w przykładowym profilu nr 7 (rys. 7) w latach 1981-2016. Na rys. 10 przedstawiono wartości współczynnika kierunkowego *A* krzywej Deana [2]. Na rys. 11 przedstawiono powierzchnię pod krzywymi utworzonymi przez kolejne profile batymetryczne i granice określone poprzez położenie linii wody i izobaty – 6 m. Na rys. 12 przedstawiono cztery profile pomiarowe pomierzone w profilu 7 w sezonach letnich w latach 2007, 2008, 2010, 2013 na tle wszystkich pomiarów batymetryczno-tachimetrycznych (kolor szary) wykonanych w profilu nr 7 w okresie od 1981 do 2016 roku.

Strefa brzegowa w okolicy MLB Lubiatowo od lat 80-tych XX wieku do początku drugiej dekady XXI wieku była raczej stabilna. Zmiany położeń wierzchołków rew, wartości współczynnika Deana i wartości pól powierzchni wskazują, że wielkość erozji odnotowywana po okresie jesienno-zimowych sztormów była uzupełniania okresami akumulacji w czasie wiosenno-letnich cyklów spokoju na morzu. W 2013 roku w wyniku niesprzyjającego splotu okoliczności pogodowych, huragan Ksawery spowodował znaczące zniszczenia brzegu morskiego. Najbliżej brzegu leżące rewy zostały zniszczone. Średnie nachylenie brzegu nie uległo zmianie, ale doszło do znaczącego ubytku ilości piasku w podbrzeżu. Naturalne procesy akumulacyjne nie zdażyły jeszcze (do roku 2018) odtworzyć stanu brzegu sprzed 2013 roku. Dzięki temu zdarzeniu możliwe jest pośrednie potwierdzenie teorii Brunna, mówiącej o tym, że profil piaszczystych, dyssypacyjnych brzegów morskich ulega okresowym i quasi-losowym oscylacjom, a jego średni kat nachylenia oraz liczba rew nie ulega zmianie. Dzięki temu możliwe jest wyznaczenie średnich wartości, wokół których oscyluje profil brzegowy w MLB na przestrzeni kilku dekad. I tak, można stwierdzić, że różnice w położeniu dna w strefie przyboju w MLB dochodzą do około 4 m. Najbardziej dynamiczny odcinek rozciąga się od linii wody do głębokości około 6 m (odległość od brzegu około 700 m). Jest to obszar, w którym migrują rewy. Poniżej głębokości około 6 m dno wciąż ulega ciągłej przebudowie, ale zmiany sa w mniejszej skali, a od głębokości około 10 ÷ 12 m dno ma charakter połogi i raczej stabilny.



Rys. 10. Wartości współczynnika kierunkowego A krzywej Deana dla profilu nr 7 w MLB w Lubiatowie w okresie od 1981 do 2016 roku



Rys. 11. Powierzchnia pod krzywą ograniczoną przez profil poprzeczny do brzegu oraz izobatę -6 m dla profilu nr 7 w MLB w Lubiatowie w okresie od 1981 do 2016 roku

Analizując zgromadzone dane pomiarowe oraz biorąc pod uwagę informacje na temat dynamiki przebudowy profili poprzecznych do brzegu określono odległość pomiędzy dolną obwiednią wszystkich pomiarów i dolną obwiednią czterech pomiarów (dla profilu nr 7) – tabl. 3.

Położenia dolnej obwiedni zmian profili brzegowych

W kolejnym kroku analizy określa się wartość, o którą, ze względu na ograniczoną liczbę posiadanych pomiarów, należy dodatkowo obniżyć dolną obwiednię zmian profili brzegowych w analizowanej lokalizacji. Średnia wartość dystansu pomiędzy obwiedniami wyznaczonymi dla wszystkich pomiarów i dla czterech pomiarów w MLB wynosi 1,1 m. Ze względu na nieco inną niż w MLB budowę geologiczną, ekspozycje brzegu i klimat falowy w rejonie Niechorza zaleca się, aby wyznaczone dla czterech profili obwiednie obniżyć o 0,7 m. Wartość ta pozwoli określić minimalną rzędną terenu, poza którą dno morskie w tym obszarze nie powinno się w sposób naturalny obniżyć w ciągu najbliższych kilkunastu lat.

Na rys. 13 i tabl. 4 przedstawiono położenie dolnej obwiedni pionowych zmian położenia dna w rozważanej lokalizacji. Podczas wyznaczania dolnej obwiedni zmian uwzględniono wszystkie posiadane dane batymetryczno-tachimetryczne oraz współczynnik korekcyjny przyjęty na podstawie analiz własnych 0,7 m.



Rys. 12. Cztery profile pomiarowe pomierzone w latach 2007, 2008, 2010 i 2013 na tle wszystkich pomiarów batymetryczno-tachimetrycznych (kolor szary) wykonanych w profilu nr 7 w okresie od 1981 do 2016 roku

Tabl. 3. Odleglość pomiędzy dolną obwiednią wszystkich pomiarów wykonanych w MLB w profilu nr 7 na przestrzeni lat 1981-2016i dolną obwiednią czterech pomiarów wykonanych w latach 2004, 2007, 2008 i 2013

Odległość od linii wody	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	600 m	700 m	800 m
Dystans pomiędzy obwiedniami	1,5 m	1,7 m	1,2 m	1,7 m	1,2 m	0,7 m	0,5 m	0,3 m

Odległość od linii wody [m]	0	50	100	150	200	250	300	400	450 >
Rzędna dolnej obwiedni [m]	-0,8	-2,2	-3,6	-4,4	-4,8	-4,9	-4,9	-5,0	Brak znaczących zmian w profilu



Rys. 13. Dolna obwiednia pionowych zmian położenia profili brzegowych

DYSKUSJA I WNIOSKI

W najbliższych latach pod wybranymi odcinkami strefy brzegowej południowego Bałtyku umieszczane będą obiekty infrastruktury przyłączeniowej. Będą to gazociągi, rurociągi i kable energetyczne. W zależności od rodzaju obiektów będą one umieszczane głębiej lub płycej pod dnem. Niezależnie jednak od rodzaju infrastruktury przyłączeniowej i głębokości posadowienia każdorazowo będzie należało wyznaczać położenie rzędnej dolnej granicy obwiedni pionowych zmian położenia profili brzegowych. Ze względu na raczej ubogi zakres państwowych danych pomiarowych (zwykle dla każdego kilometraża brzegowego istnieją od 3 do 5 pomiarów wykonanych od 2004 roku), odmienną budowę geologiczną i różny klimat falowo-prądowy poszczególnych odcinków polskiego wybrzeża, w celu wyznaczenia obszarów aktywnych morfodynamicznie wymagane będzie przeprowadzenie pogłębionej analizy.

Poniżej zamieszczono propozycję sposobu wyznaczania dolnej granicy obwiedni pionowych zmian położenia profili brzegowych dla południowego Bałtyku. Metody tej nie należy jednak stosować bezrefleksyjnie. Należy pamiętać, że każdy odcinek brzegu morskiego różni się od siebie, a właściwe wnioskowanie na temat charakteru zmian brzegowych w danym miejscu powinno być prowadzone przez osoby mające wieloletnie i udokumentowane doświadczenie z zakresu mechaniki i inżynierii brzegów morskich.

W celu określenia optymalnej głębokości posadowienia infrastruktury przyłączeniowej w strefie brzegowej południowego Bałtyku zaleca się stosowanie następujących kroków:

 Przegląd literatury przedmiotu. Zalecany zakres rozpoznania literaturowego obejmuje scharakteryzowanie budowy geologicznej, cech morfologicznych, warunków hydrodynamicznych, procesów erozyjno-akumulacyjnych występujących w otoczeniu analizowanego miejsca oraz przeprowadzenie inwentaryzacji stosowanych w danym miejscu środków ochrony brzegu morskiego. Uwzględnienie innych działań antropogenicznych, które mogą mieć wpływ na dynamikę zmian pomierzonych profili batymetryczno-tachimetrycznych.

- 2. Analiza dostępnych, historycznych profili batymetryczno-tachimetrycznych.
 - 2.1. Z bazy państwowego monitoringu brzegowego (zasoby Urzędów Morskich) wybór conajmniej trzech profili tachimetryczno-batymetrycznych (według KM) położonych najbliżej rozważanych lokalizacji (na przykład profil centralny najbliższy lokalizacji gazociągu, profil zachodni 500 m na zachód od profilu centralnego, profil wschodni profil 500 m na wschód od profilu centralnego).
 - 2.2. Obliczenie historycznych wartości pól powierzchni S dla profili: centralnych, wschodnich i zachodnich (przez powierzchnie S rozumie się pole ograniczone profilem tachimetryczno-batymetrycznym oraz rzędnymi wysokościowymi 2 m n.p.m. oraz 6 m p.p.m.).
 - 2.3. Na podstawie oglądu dostępnych pomiarów batymetryczno-tachimetrycznych dla profili centralnego, wschodniego i zachodniego – określenie dynamiki przebudowy dna w analizowanym profilu.
 - 2.4. Wyznaczenie położenia dolnej obwiedni zasięgu pionowych zmian głębokości w profilach tachimetryczno-batymetrycznych.
 - 2.5. W przypadku ograniczonej liczby dostępnych danych batymetryczno-tachimetrycznych, na podstawie innych dostępnych danych historycznych (z innych miejsc polskiego wybrzeża) wyznaczenie współczynnika korekcyjnego dynamiki podbrzeża.
- Wyznaczenie położenia dolnej obwiedni zasięgu pionowych zmian głębokości w profilu tachimetryczno-batymetrycznym z uwzględnieniem współczynnika korekcyjnego.

LITERATURA

 Boniecka H., Gajda A., Gawlik W., Marcinkowski T. Olszewski T., Szmytkiewicz M., Skaja M., Szmytkiewicz P., Chrząstowska N., Piotrowska D.: Monitoring i badania dotyczące aktualnego stanu brzegu morskiego – ocena skuteczności systemów ochrony brzegu morskiego zrealizowanych w okresie obowiązywania wieloletniego "Programu ochrony brzegów morskich", WY-DAWNICTWA WEWNĘTRZNE INSTYTUTU MORSKIEGO NR 6793, 2013

2. Cerkowniak G., Ostrowski R., Pruszak Z.: Application of Dean's curve to investigation of a long-term evolution of the southern Baltic multi-bar shore profile. Oceanologia, Vol. 59, No. 1, 2017, http://dx.doi.org/10.1016/j. oceano.2016.06.001, 19-27.

3. Cieślikiewicz W, Paplińska-Swerpel B.: A 44-year hind cast of wind wave fields over the Baltic Sea. Coastal Engineering; 55:894-905, 2004.

4. Marcinkowski T., Szmytkiewicz P.: Morskie formy wiatrowe: określenie parametrów środowiskowych oddziaływujących na planowane elektrownie wiatrowe w obszarze Polskiej Wyłącznej Strefy Ekonomicznej. Inżynieria Morska i Geotechnika, R. 37, nr 5, 2016, 272-278.

5. Uścinowicz Sz., Zachowicz J.: Objaśnienia do mapy geodynamicznej polskiej strefy brzegowej Bałtyku południowego w skali 1:10 000. Arkusz Lubiatowo i Białogóra (Explanatory notes for geodynamic map of Polish South Baltic Sea coastal zone. scale 1:10 000. Sheet Lubiatowo and Białogóra). PIG. Gdańsk, 2007.

6. Zawadzka-Kahlau E.: Tendencje rozwojowe polskich brzegów Bałtyku południowego. Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdańsk:147, 1999.

7. Ustawa o ustanowieniu programu wieloletniego "Program ochrony brzegów morskich" z dnia 28 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 67, poz. 621).