

Wydział Budownictwa i Architektury
Uniwersytet Szczeciński

Roman RACINOWSKI, Zbigniew MROZIŃSKI

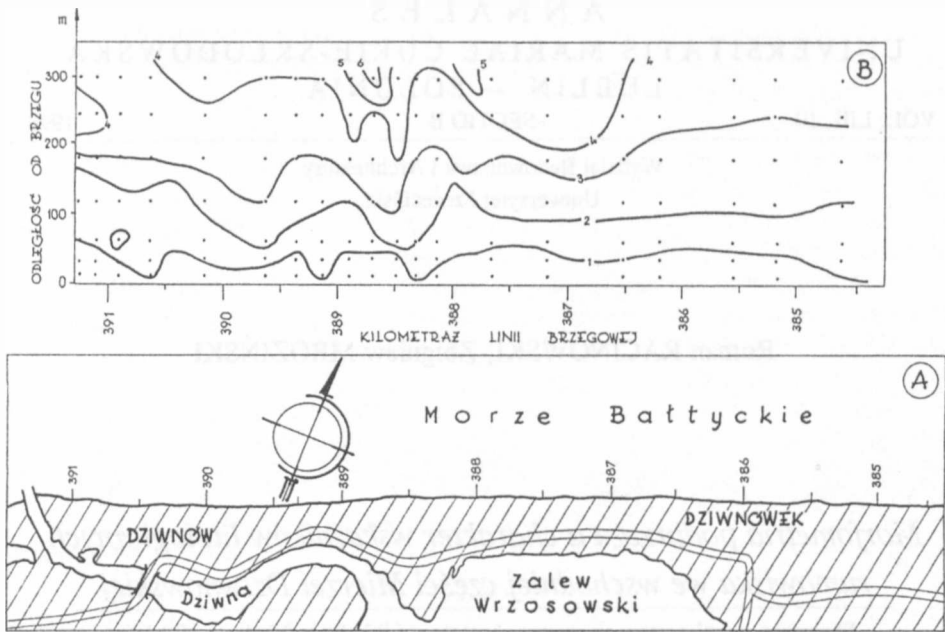
*Morfometria podbrzeża a charakter wskaźników litologicznych
rumowiska we wschodniej części Mierzei Dziwnowskiej*

Shoreface morphometry as against character of lithological indices of debris
within eastern part of Dziwnów Spit

WPROWADZENIE

Zaprezentowane w artykule wyniki oparte zostały na badaniach litologicznych płytkiego podbrzeża Mierzei Dziwnowskiej. Prace te prowadzone były przez Katedrę Geotechniki Politechniki Szczecińskiej na zlecenie Urzędu Morskiego w Szczecinie (*Program kompleksowego...* 1986–1987). Penetracją objęto pas podbrzeża o szerokości 300 m, rozciągający się między falochronem w Dziwnowie (km 391,3) a zachodnią częścią klifu w Dziwnówku (km 384,5). Lokalizację miejsc poboru próbek na tle aktualnej wtedy sytuacji batymetrycznej obrazuje ryc. 1. Natomiast na ryc. 2 przedstawiono szkic zróżnicowania w podbrzeżu rumowiska pod względem uziarnienia.

Badania próbek wykonano w Laboratorium Katedry Geotechniki Politechniki Szczecińskiej. Objęły one analizy uziarnienia rumowiska, które rozdzielono na sitach o rozstępie około 0,33 jednostek skali phi. Minerale ciężkie z frakcji 0,25–0,12 mm wydzielone zostały w bromoformie w Katedrze Geologii Podstawowej Uniwersytetu Śląskiego. Określenie składu mineralnego prowadzono w Katedrze Geotechniki PS. Wstępnie wydzielono: minerale nieprzezroczyste, minerale zwiertzałe i konkrecje, muskowitz, minerale przezroczyste (z wyłączeniem muskowitzu). Składniki przezroczyste rozdzielano szczegółowo na grupy mineralne.



Ryc. 1. Szkic terenu badań (A) oraz schematyczny obraz batymetrii podbrzeża wschodniej części Mierzei Dziwnowskiej (B). Stan z lipca 1986 r.

A sketch of investigation site (A) and a schematic presentation of shoreface bathymetry for eastern part of Dziwnów Spit (B). State in July 1986

Na podstawie wyników badań uziarnienia i składu minerałów ciężkich określone zostały standardowe cechy rumowiska, które dalej nazywa się wskaźnikami litologicznymi. Skoncentrowanie uwagi na uziarnieniu i składzie minerałów wynika z panującego poglądu, że są to główne komponenty, na podstawie których wnioskować można o charakterze litodynamicznym strefy brzegowej południowego Bałtyku (np. Bołdyriew 1991; Kotliński 1985; Nowak 1963; Pawluk 1982; Racinowski 1974, 1989, 1990, 1992; Uścińowicz 1985; Wajda 1976; Zamorski 1990).

Wskaźniki rozkładu uziarnienia rumowiska określane były według metody graficznej Folka, Warda (za: Racinowski, Szczypek 1985).

Wyliczono:

- przeciętną wielkość ziaren (M_z) wyrażoną w jednostkach skali phi,
- wysortowanie uziarnienia (σ_1),
- asymetrię rozkładów uziarnienia (Sk_1),
- spłaszczenie rozkładów uziarnienia (K_G).

Interpretację litodynamiczną poszczególnych wskaźników przyjęto na podstawie wcześniej prezentowanych w literaturze wyników (np. Baraniecki 1988; Baraniecki, Racinowski 1990; Bołdyriew 1991; Kotliński 1985; Pawluk 1982, 1990; Racinowski, Baraniecki 1990 a, b; Racinowski, Frączak 1986; Uścińowicz 1985).

Dla wyników składu minerałów ciężkich frakcji 0,25–0,12 mm przyjęto następujące wskaźniki:

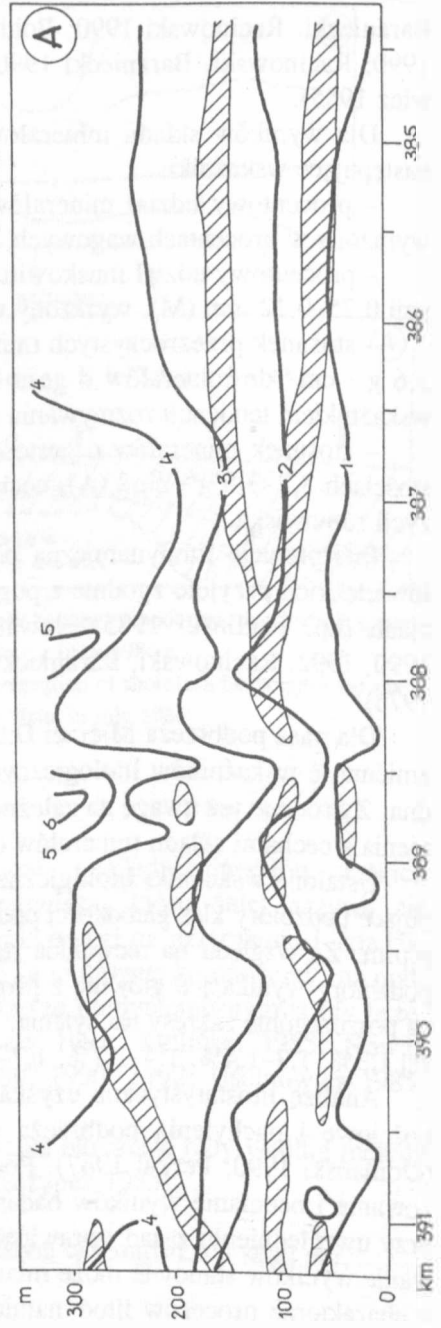
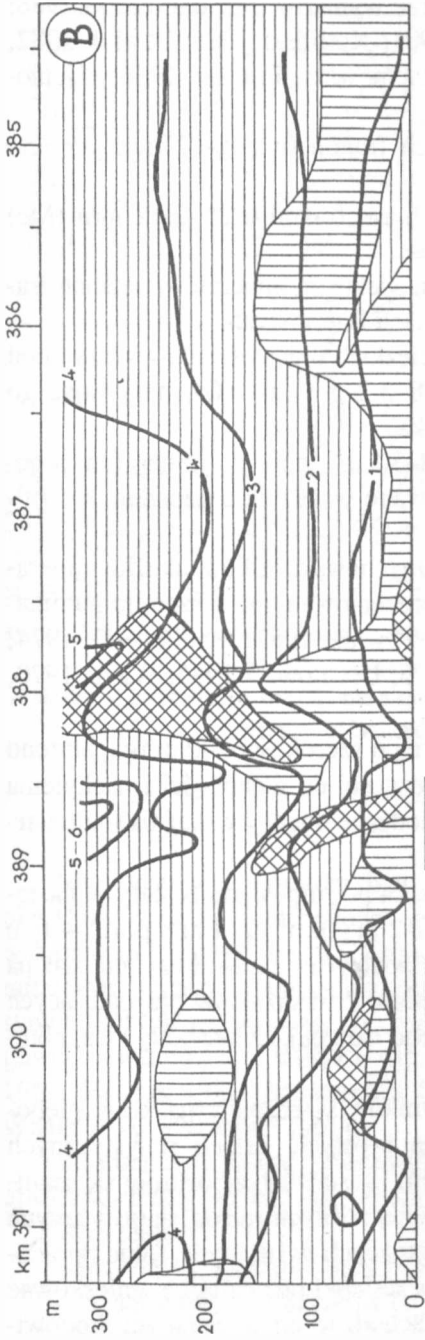
- procentowy udział minerałów ciężkich we frakcji 0,25–0,12 mm (Mc) wyrażony w procentach wagowych,
- procentowy udział muskowitu w całym spektrum minerałów ciężkich frakcji 0,25–0,12 mm (M), wyrażony w procentach ilościowych,
- stosunek przezroczystych minerałów ciężkich o gęstościach wyższych od $3,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ do minerałów o gęstościach $2,8\text{--}3,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (G), nazywając go wskaźnikiem tendencji rozmywania rumowiska,
- stosunek minerałów o gęstościach $2,8\text{--}3,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ do minerałów o gęstościach $3,2\text{--}3,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (A), cechę tą nazwano wskaźnikiem tendencji depozycji rumowiska.

Interpretację litodynamiczną poszczególnych wskaźników składu minerałów ciężkich przyjęto zgodnie z poglądami prezentowanymi w szeregu publikacjach (np. Kotliński 1985; Nowak 1963; Pawluk 1982; Racinowski 1974, 1990, 1992; Racinowski, Baraniecki 1990 a, b; Uścińowicz 1985; Wajda 1970, 1976).

Dla pasa podbrzeża Mierzei Dziwnowskiej o szerokości 300 m rozpatrzono zmienność wskaźników litologicznych w zależności od głębokości i nachylenia dna. Zwrócono też uwagę na zależności zachodzące między wskaźnikami uziarnienia a cechami składu minerałów ciężkich.

Ustalone wskaźniki litologiczne rumowiska pogrupowane zostały w następujące podzbiory klas głębokości podbrzeża: 0–2 m p.p.m., 2–4 m p.p.m., 4–6 m p.p.m. Ze względu na niewielkie nachylenie podbrzeża zastosowano podział na podzbiory wynikające głównie z proporcji udziałów wskaźników przypadających na poszczególne zakresy nachylenia. Wydzielono następujące interwały klas: poniżej 1,3%, 1,3–1,4%, 1,4–1,7%, 1,7–2,2%.

Analizę litostatystyczną uzyskanych wyników w rozbiciu na klasy głębokościowe i nachylenia podbrzeża oparto na prostych testach statystycznych (Domański 1990; Perkal 1967). Pod pojęciem litostatystyka rozumie się analizowanie i ocenianie wyników badań za pomocą różnych metod statystycznych przy uwzględnieniu zasad i prawideł obowiązujących w litologii. Takie opracowanie wyników stanowić może miarodajne przesłanki pozwalające wnioskować o charakterze procesów litodynamicznych zachodzących w badanym środowisku sedimentacyjnym (Racinowski 1992).



Do oceny podobieństwa wykorzystano test t-Studenta, w którym do porównania brane są wartości średnie i odchylenia standardowe. Jeżeli wartość obliczeniowa (t_0) dla danego wskaźnika litologicznego porównywanych dwóch podzbiorów jest większa od wartości tabelarycznej (t) przy poziomie ufności 0,05, to istnieją między nimi różnice.

Przeanalizowano też podobieństwo między rozkładami podzbiorów za pomocą testu D-Kołmogorowa-Smirnowa. Jeżeli wartość obliczeniowa (D_0) była większa od wartości teoretycznej (D) przy poziomie ufności 0,05, to między rozkładami podzbiorów istnieje różnica.

W zestawieniach tabelarycznych (tab. 1-8), dla zasygnalizowania podobieństwa między porównywanymi podzbiarami używano symbolu \equiv , jeżeli występowała różnica, przedstawiono to symbolem \sim .

ANALIZA LITOSTATYSTYCZNA WSKAŹNIKÓW UZIARNIENIA RUMOWISKA

PRZECIĘTNA WIELKOŚĆ ZIAREN (M_z) - TAB. 1

W podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej dominuje rumowisko o wskaźniku M_z zawartym w przedziale 2-3 phi, co odpowiada klasie piasków drobnoziarnistych. W miarę zwiększania głębokości rumowisko staje się bardziej drobnoziarniste. Jednak tylko za pomocą testu D wykazać można odrębności między rumowiskiem z głębokości 0-2 m p.p.m. i 2-4 m p.p.m. od materiału znajdującego się na głębokości 4-6 m p.p.m. Stwierdzane tu utwory o grubszym ziarnie ($M_z = -0,5 - 0,0$ phi) są materiałem rezidualnym zalegającym na powierzchni platformy abrazyjnej.

Za pomocą stosowanych testów trudno jest w sposób jednoznaczny określić odrębności rumowiska znajdującego się na dnie o różnym nachyleniu. Na podstawie rozkładów wskaźników M_z daje się zauważyć pewną tendencję do odrębności materiału zalegającego na bardzo płaskim dnie od pobranego z podbrzeża o nachyleniu 1,7-2,2%.

Generalnie przyjmując można, że w podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej rumowisko wprowadzane jest w ruch, gdy przydenne prędkości wód morskich są rzędu $0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Oznacza to, że w zakresie głębokości 0-2 m p.p.m., rumo-

Ryc. 2. Schematyczny układ wałów rewowych w podbrzeżu wschodniej części Mierzei Dziwnowskiej (A) oraz rodzaje uziarnienia rumowiska dennego (B). Stan z lipca 1986 r. Objaśnienia:

WR - wały rewowe; Ż, Po - żwiry i pospółki; Ps - piaski średnie, Pd - piaski drobne

A schematic arrangement of submerged bars within the shoreface of eastern part of Dziwnów Spit (A) and the types of grain-size distribution in the bottom debris (B). State in July 1986; Explanations: WR - submerged bars; Ż, Po - gravels and sandgravels; Ps - medium sands; Pd - fine sands

wisko przemieszczane jest już przy stanie morza 1–2°B, na głębokości 2–4 m p.p.m., przy 3–4°B, a na głębokości 4–6 m p.p.m. 4–6°B.

Tab. 1. Rozkłady częstotliwości występowania w podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej wskaźnika Mz w zależności od głębokości i nachylenia dna oraz ocena podobieństwa zbiorów testem t-Studenta oraz D-Kolmogorowa-Smirnowa

Distribution of Mz index values of Dziwnów Spit shoreface in relation to depth and bed slope with an evaluation of sets similarity using t-Student and D-Kolmogorov-Smirnov tests

Głębokość [m]	Symbol	Mz [phi]								x	s
		<-0,5	-0,5+0,0	0,0+0,5	0,5+1,0	1,0+1,5	1,5+2,0	2,0+2,5	2,5+3,0		
0+2	a	4	2	2	2	4	32	44	12	1,91	0,82
2+4	b	—	5	—	5	5	7	32	46	2,12	0,75
4+6	c	—	10	—	—	5	15	5	65	2,20	0,97

$t_0 < t$; $a \equiv b$; $D_0 < D$; $a \equiv b$
 $t_0 < t$; $a \equiv c$; $D_0 > D$; $a \sim c$
 $t_0 < t$; $b \equiv c$; $D_0 < D$; $b \sim c$

Nachylenie [w %]	Symbol	Mz [phi]								x	s
		<-0,5	-0,5+0,0	-0,0+0,5	0,5+1,0	1,0+1,5	1,5+2,0	2,0+2,5	2,5+3,0		
<1,3	d	—	3	3	3	8	15	32	36	2,16	0,61
1,3+1,4	e	2	5	2	2	2	16	31	40	2,02	0,99
1,4+1,7	f	—	—	—	5	—	20	50	25	2,21	0,48
1,7+2,2	g	—	8	—	17	17	33	8	17	1,58	0,86

$t_0 < t$; $d \equiv e$; $D_0 < D$; $d \equiv e$
 $t_0 < t$; $d \equiv f$; $D_0 < D$; $d \equiv f$
 $t_0 > t$; $d \sim g$; $D_0 < D$; $d \equiv g$
 $t_0 < t$; $e \equiv f$; $D_0 < D$; $e \equiv f$
 $t_0 < t$; $e \equiv g$; $D_0 > D$; $e \sim g$
 $t_0 > t$; $f \sim g$; $D_0 > D$; $f \sim g$

x – wartość średnia, s – odchylenie standardowe (podobieństwo \equiv i \sim różnica między zbiorami) (tab. 1–8); x – mean, s – deviation (\equiv similarity and \sim deviation, between sets)

WYSORTOWANIE (σ_1) - TAB. 2

Rumowisko podbrzeża Mierzei Dziwnowskiej cechuje się wskaźnikami wysortowania zawartymi głównie w przedziale 0,36–0,75, co odpowiada wysortowaniu dobremu i umiarkowanemu.

Zwraca uwagę fakt, że rumowisko pobrane z głębokości 0–4 m p.p.m. różni się istotnie od materiału z głębokości 4–6 m p.p.m. To ostatnie jest zasadniczo lepiej wysortowane. Sytuacja taka stanowi wynik oddziaływania na materiał denny słabszej dynamiki wody morskiej, powodującej tylko selektywny transport przydennej rumowiska. W płytszej części podbrzeża energetyka procesów litodynamicznych jest silniejsza i rumowisko w sposób masowy (w pełnym zakresie średnic) transportowane jest w zawiesinie przydennej.

Niezależnie od nachylenia dna wysortowanie rumowiska jest podobne. Niemniej za pomocą testu t-Studenta rejestruje się odrębności między materiałem pobranym z dna o nachyleniu mniejszym od 1,3% i 1,7–2,2%. Przy większym nachyleniu stwierdza się znaczne udziały rumowiska słabo wysortowanego. Stanowi to prawdopodobnie odbicie procesów morfodynamicznych związanych z tworzeniem się i ewolucją megastruktur sedymentacyjnych dna (pola rewowe).

Tab. 2. Rozkłady częstotliwości występowania w podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej wskaźnika σ_1 w zależności od głębokości i nachylenia dna oraz ocena podobieństwa zbiorów testem t-Studenta oraz D-Kolmogorowa-Smirnowa

Distribution of σ_1 index values of Dziwnów Spit shoreface in relation to depth and bed slope with an evaluation of sets similarity using t-Student and D-Kolmogorov-Smirnov tests

Głębokość [m]	Symbol	σ_1						x	s
		<0,35	0,36+0,50	0,51+0,75	0,76+1,00	1,01+1,50	1,51+2,00		
0+2	a	2	47	23	22	6	—	0,60	0,25
2+4	b	5	39	39	2	13	2	0,60	0,29
4+6	c	40	20	20	10	10	—	0,53	0,31

$t_0 < t;$ $a \equiv b;$ $D_0 < D;$ $a \equiv b$
 $t_0 < t;$ $a \equiv c;$ $D_0 > D;$ $a \sim c$
 $t_0 < t;$ $b \equiv c;$ $D_0 = D;$ $b \sim c$

Nachylenie [w %]	Symbol	σ_1						x	s
		<0,35	0,36+0,50	0,51+0,75	0,76+1,00	1,01+1,50	1,51+2,0		
<1,3	d	10	52,23	5	10	—	0,53	0,23	
1,3+1,4	e	15	32	32	9	9	3	0,58	0,33
1,4+1,7	f	5	35	40	15	5	—	0,60	0,19
1,7+2,2	g	8	17	25	25	25	—	0,75	0,27

$t_0 < t;$ $d \equiv e;$ $D_0 < D;$ $d \equiv e$
 $t_0 < t;$ $d \equiv f;$ $D_0 < D;$ $d \equiv f$
 $t_0 > t;$ $d \sim g;$ $D_0 < D;$ $d \equiv g$
 $t_0 < t;$ $e \equiv f;$ $D_0 < D;$ $e \equiv f$
 $t_0 < t;$ $e \equiv g;$ $D_0 < D;$ $e \equiv g$
 $t_0 > t;$ $f \equiv g;$ $D_0 < D;$ $f \equiv g$

x – wartość średnia, s – odchylenie standardowe (podobieństwo \equiv i \sim różnica między zbiorami); x – mean, s – deviation (\equiv similarity and \sim deviation, between sets)

WSKAŹNIK ASYMETRII ROZKŁADU UZIARNIENIA (Sk_1) - TAB. 3

Generalnie rumowisko podbrzeża cechuje się rozkładami uziarnienia o asymetrii ujemnej ($Sk_1 = -1,0 - -0,11$). W sensie interpretacji litodynamicznej oznacza to, że materiał denny znajduje się zasadniczo w fazie rozmywania.

Niezależnie od głębokości i nachylenia dna podbrzeża, za pomocą zastosowanych testów nie można wykazać istotnego zróżnicowania między wyodrębnionymi podzbiórami wskaźnika Sk_1 .

Tab. 3. Rozkłady częstotliwości występowania w podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej wskaźnika Sk_1 w zależności od głębokości i nachylenia dna oraz ocena podobieństwa zbiorów testem t-Studenta oraz D-Kolmogorowa-Smirnowa
Distribution of Sk_1 index values of Dziwnów Spit shoreface in relation to depth and bed slope with an evaluation of sets similarity using t-Student and D-Kolmogorov-Smirnov tests

Głębokość [m]	Symbol	Sk_1					x	s
		-1,0+ -0,30	-0,30+ -0,11	-0,11+ +0,11	+0,11+ +0,30	+0,30+ +1,00		
0+2	a	22	34	34	8	2	-0,14	0,18
2+4	b	43	36	14	5	2	-0,24	0,20
4+6	c	30	50	20	—	—	-0,20	0,17

$t_0 > t$; $a \sim b$; $D_0 < D$; $a \equiv b$
 $t_0 < t$; $a \equiv c$; $D_0 < D$; $a \equiv c$
 $t_0 < t$; $b \equiv c$; $D_0 < D$; $b \equiv c$

Nachylenie [w %]	Symbol	Sk_1					x	s
		-1,0+ -0,30	-0,30+ -0,11	-0,11+ +0,11	+0,11+ +0,30	+0,30+ +1,00		
<1,3	d	32	35	18	10	5	-0,17	0,21
1,3+1,4	e	35	35	25	5	—	-0,21	0,19
1,4+1,7	f	25	45	30	—	—	-0,21	0,16
1,7≐2,2	g	42	25	33	—	—	-0,22	0,20

$t_0 < t$; $d \equiv e$; $D_0 < D$; $d \equiv e$
 $t_0 < t$; $d \equiv f$; $D_0 < D$; $d \equiv f$
 $t_0 < t$; $d \equiv g$; $D_0 < D$; $d \equiv g$
 $t_0 < t$; $e \equiv f$; $D_0 < D$; $e \equiv f$
 $t_0 < t$; $e \equiv g$; $D_0 < D$; $e \equiv g$
 $t_0 < t$; $f \equiv g$; $D_0 < D$; $f \equiv g$

WSKAŹNIK SPŁASZCZENIA ROZKŁADÓW UZIARNIENIA (K_G) - TAB. 4

Przyjmuje się, że wskaźnik K_G pomocny może być do określania stopnia nasycenia rumowiskiem środowiska prądowego. Wskaźniki niższe od 0,90 informują, że przy przeciętnym stanie morza podbrzeże nasycone jest rumowiskiem. Istnieje tendencja do depozycji tego materiału. Wskaźniki K_G mieszczące się w przedziale 0,9–1,1 sugerują, że w podbrzeżu znajduje się rumowisko w fazie równowagi litodynamicznej. Zaznacza się równowaga między „dostawą” a „rozmywaniem” danego materiału mineralnego. Rumowisko jest w fazie masowego tranzytu przydennego. Materiał cechujący się wskaźnikami spłaszczenia wyższymi od 1,1 wskazuje na deficyt rumowiska w podbrzeżu. Rumowisko znajduje się w fazie selektywnego rozmywania.

Tab. 4. Rozkłady częstotliwości występowania w podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej wskaźnika K_G w zależności od głębokości i nachylenia dna oraz ocena podobieństwa zbiorów testem t-Studenta oraz D-Kolmogorowa-Smirnowa

Distribution of K_G index values of Dziwnów Spit shoreface in relation to depth and bed slope with an evaluation of sets similarity using t-Student and D-Kolmogorov-Smirnov tests

Głębokość [m]	Symbol	K_G						x	s
		<0,67	0,67+0,90	0,91+1,10	1,11+1,50	1,51+3,00	>3,00		
0+2	a	2	14	28	36	20	—	1,22	0,36
2+4	b,4	13	40	23	16	4	1,25	0,59	
4+6	c	5	5	15	25	45	5	1,75	1,33

$$t_0 < t; a \equiv b; D_0 < D; a \equiv b$$

$$t_0 > t; a \sim c; D_0 < D; a \equiv c$$

$$t_0 > t; b \sim c; D_0 < D; b \equiv c$$

Nachylenie [w %]	Symbol	K_G						x	s
		<0,67	0,67+0,90	0,91+1,10	1,11+1,50	1,51+3,00	>3,00		
<1,3	d	—	20	33	33	14	—	1,15	0,29
1,3+1,4	e	5	9	31	27	24	4	1,30	0,55
1,4+1,7	f	—	15	30	15	30	10	1,64	1,42
1,7+2,2	g	—	—	25	42	33	—	1,41	0,40

$$t_0 < t;$$

$$t_0 > t;$$

$$t_0 > t;$$

$$t_0 < t;$$

$$t_0 < t;$$

$$t_0 < t;$$

$$d \equiv e;$$

$$d \sim f;$$

$$d \sim g;$$

$$e \equiv f;$$

$$e \equiv g;$$

$$f \equiv g;$$

$$D_0 < D;$$

$$D_0 < D;$$

$$D_0 < D;$$

$$D_0 < D;$$

$$D_0 < D;$$

$$D_0 < D;$$

$$d \equiv e$$

$$d \equiv f$$

$$d \equiv g$$

$$e \equiv f$$

$$e \equiv g$$

$$f \equiv g$$

W podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej większość próbek ma wartości K_G wyższe od 1,1. Oznacza to, że w badanym środowisku występuje deficyt rumowiska. Generalnie redepozycja przeważa nad depozycją materiału mineralnego.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej obserwuje się, że istnieje tendencja do odrębności między materiałem pobranym z głębokości 4–6 m p.p.m. a rumowiskiem pobranym z płytszych partii podbrzeża. W głębszych częściach rumowisko cechuje się wyższymi wartościami wskaźnika spłaszczenia rozkładów uziarnienia. Wskazuje to na znaczny niedobór rumowiska w dnie przy przeciętnych stanach morza.

Za pomocą testu t-Studenta stwierdza się pewne odrębności między rumowiskiem zalegającym na dnie o nachyleniu mniejszym od 1,3% a materiałem znajdującym się w podbrzeżu 1,4–2,2%. Zgodnie z oczekiwaniem stwierdza się, że im mniejsze nachylenie dna, tym podbrzeże bardziej jest nasycone rumowiskiem.

ANALIZA LITOSTATYSTYCZNA WSKAŹNIKÓW MINERAŁÓW CIĘŻKICH FRAKCJI 0,25 MM RUMOWISKA

PROCENTOWA ZAWARTOŚĆ MINERAŁÓW CIĘŻKICH WE FRAKCJI 0,25–0,12 MM
(Mc) – TAB. 5

Zawartość minerałów ciężkich w rumowisku podbrzeża Mierzei Dziwnowskiej jest stosunkowo niewielka. Około 67% próbek cechuje się obecnością składników ciężkich mniejszą od 0,5%. Wskazuje to, że w podbrzeżu nie występują procesy litodynamiczne sprzyjające wzbogaceniu rumowiska o minerały o dużych gęstościach. Sytuacja taka jest właściwa dla środowiska, w którym rumowisko znajduje się głównie w fazie przydennego tranzytu masowego wzdłuż i w poprzek brzegu. Występujące lokalnie w płytszej i bardziej płaskiej części podbrzeża próbki o podwyższonej koncentracji minerałów ciężkich stanowią efekt oddziaływania na dno szybkiego spływu wód przyboju ku otwartemu morzu. Sytuacja ta w małym stopniu znajduje odbicie w porównaniach testowych.

Tab. 5. Rozkłady częstotliwości występowania w podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej wskaźnika Mc w zależności od głębokości i nachylenia dna oraz ocena podobieństwa zbiorów testem t-Studenta oraz D-Kołmogorowa-Smirnowa

Distribution of Mc index values of Dziwnów Spit shoreface in relation to depth and bed slope with an evaluation of sets similarity using t-Student and D-Kolmogorov-Smirnov tests

Głębokość [m]	Symbol	Mc [%%]				x	s
		<0,25	0,26+0,50	0,51+1,00	1,01+2,00		
0+2	a	36	36	24	4	0,38	0,27
2+4	b	54	25	16	5	0,36	0,44
4+6	c	65	15	20	—	0,23	0,21

$t_0 < t;$ $a \equiv b;$ $D_0 < D;$ $a \equiv b$
 $t_0 > t;$ $a \sim c;$ $D_0 < D;$ $a \equiv c$
 $t_0 < t;$ $b \equiv c;$ $D_0 < D;$ $b \equiv c$

Nachylenie [w %]	Symbol	Mc [%%]				x	s
		<0,25	0,26+0,50	0,51+1,00	1,01+2,00		
<1,3	d	45	30	15	10	0,41	0,49
1,3+1,4	e	48	24	24	4	0,33	0,29
1,4+1,7	f	50	30	20	—	0,28	0,20
1,7+2,2	g	42	42	16	—	0,30	0,22

$t_0 < t;$ $d \equiv e;$ $D_0 < D;$ $d \equiv e$
 $t_0 < t;$ $d \equiv f;$ $D_0 < D;$ $d \equiv f$
 $t_0 < t;$ $d \equiv g;$ $D_0 < D;$ $d \equiv g$
 $t_0 < t;$ $e \equiv f;$ $D_0 < D;$ $e \equiv f$
 $t_0 < t;$ $e \equiv g;$ $D_0 < D;$ $e \equiv g$
 $t_0 < t;$ $f \equiv g;$ $D_0 < D;$ $f \equiv g$

PROCENTOWA ZAWARTOŚĆ MUSKOWITU (M) – TAB. 6

Wśród minerałów ciężkich frakcji 0,25–0,12 mm w rumowisku występuje znaczna ilość muskowitu. Przeważają próbki, w których udział tego minerału mieści się w granicach 20–60%. W prezentowanych w tab. 6 rozkładach zaznacza się pewna tendencja do wzrostu ilości muskowitu wraz z głębokością podbrzeża. Nie znajduje to jednak odbicia w porównaniach testowych. Trudne do wytłumaczenia litodynamiczne są stwierdzone testami różnice w zawartości muskowitu w zależności od nachylenia podbrzeża. Obserwuje się bowiem, że największa koncentracja muskowitu występuje w przedziale nachylenia dna 1,4–1,7%.

Ze względu na fakt, że muskowitz cechuje się niskim ekwiwalentem hydraulicznym, a więc jest łatwo transportowany i trudno deponowany, sądzi się, że w podbrzeżu występuje rumowisko znajdujące się w fazie masowego przydennego tranzytu.

Tab. 6. Rozkłady częstotliwości występowania w podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej wskaźnika M w zależności od głębokości i nachylenia dna oraz ocena podobieństwa zbiorów testem t-Studenta oraz D-Kolmogorowa-Smirnowa

Distribution of M index values of Dziwnów Spit shoreface in relation to depth and bed slope with an evaluation of sets similarity using t-Student and D-Kolmogorov-Smirnov tests

Głębokość [m]	Symbol	M [% %]				x	s
		< 20	20+40	41+60	> 60	x	s
0+2	a	28	34	24	14	34,2	21,3
2+4	b	18	36	23	23	40,9	22,0
4+6	c	25	25	10	40	44,6	24,9

$t_0 < t;$ $a \equiv b;$ $D_0 < D;$ $a \equiv b$
 $t_0 < t;$ $a \equiv c;$ $D_0 < D;$ $a \equiv c$
 $t_0 < t;$ $b \equiv c;$ $D_0 < D;$ $b \equiv c$

Nachylenie [w %]	Symbol	M [% %]				x	s
		< 20	20+40	41+60	> 60	x	s
< 1,3	d	30	35	25	10	32,4	19,2
1,3+1,4	e	22	35	18	25	40,2	24,2
1,4+1,7	f	5	20	30	45	51,9	20,6
1,7+2,2	g	33	33	26	8	31,6	16,0

$t_0 < t;$ $d \equiv e;$ $D_0 < D;$ $d \equiv e$
 $t_0 > t;$ $d \sim f;$ $D_0 > D;$ $d \sim f$
 $t_0 < t;$ $d \equiv g;$ $D_0 < D;$ $d \equiv g$
 $t_0 < t;$ $e \equiv f;$ $D_0 < D;$ $e \equiv f$
 $t_0 < t;$ $e \equiv g;$ $D_0 < D;$ $e \equiv g$
 $t_0 > t;$ $f \sim g;$ $D_0 < D;$ $f \equiv g$

WSKAŹNIK TENDENCJI ROZMYWANIA RUMOWISKA (G) - TAB. 7

Rumowisko Mierzei Dziwnowskiej cechuje się wskaźnikami G zawartymi głównie w przedziale 0,5-0,2. W rozkładach podzbiorów zaznacza się pewna tendencja do obniżania wartości tego wskaźnika wraz z głębokością. Nie jest to jednak potwierdzone za pomocą testu t i D. Występują natomiast nieznaczne

różnice między podzbiorami w zależności od nachylenia dna. Dotyczy to materiału znajdującego się na dnie o nachyleniu mniejszym od 1,4% w stosunku do rumowiska z podbrzeża o nachyleniu 1,4–1,7%. Odrębności między tymi podzbiorami są trudne do wyjaśnienia na obecnym etapie badań tego obszaru.

Relatywnie zbliżone udziały minerałów ciężkich, o gęstościach powyżej $3,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ do $2,8\text{--}3,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, w sposób wyraźny podbudowują wcześniej przedstawioną interpretację litodynamiczną. Wskazują bowiem, że w badanym podbrzeżu następuje głównie masowe, przydenne przemieszczanie rumowiska, w czasie którego nie ma sprzyjających warunków do dyferencjacji minerałów ciężkich pod względem ich gęstości.

Tab. 7. Rozkłady częstotliwości występowania w podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej wskaźnika G w zależności od głębokości i nachylenia dna oraz ocena podobieństwa zbiorów testem t-Studenta oraz D-Kolmogorowa-Smirnowa

Distribution of G index values of Dziwnów Spit shoreface in relation to depth and bed slope with an evaluation of sets similarity using t-Student and D-Kolmogorov-Smirnov tests

Głębokość [m]	Symbol	G [%%]					x	s
		<0,50	0,50+1,00	1,01+2,00	2,01+3,00	>3,00		
0+2	a	—	38	32	22	8	1,87	1,95
2+4	b	7	35	33	10	13	1,55	1,25
4+6	c	30	35	25	10	—	0,97	0,70

$t_0 < t;$ $a \equiv b;$ $D_0 < D;$ $a \equiv b$
 $t_0 < t;$ $a \equiv c;$ $D_0 < D;$ $a \equiv c$
 $t_0 < t;$ $b \equiv c;$ $D_0 < D;$ $b \equiv c$

Nachylenie [%]	Symbol	G [%%]					x	s
		<0,50	0,50+1,00	1,01+2,00	2,01+3,00	>3,00		
<1,3	d	3	56	23	8	10	1,34	0,96
1,3 \equiv 1,4	e	13	31	38	13	15	1,37	0,90
1,4 \equiv 1,7	f	—	20	40	25	15	2,70	2,98
1,7 \equiv 2,2	g	16	25	25	34	—	1,53	0,90

$t_0 < t;$ $d \equiv e;$ $D_0 < D;$ $d \equiv e$
 $t_0 > t;$ $d \sim f;$ $D_0 > D;$ $d \sim f$
 $t_0 < t;$ $d \equiv g;$ $D_0 < D;$ $d \equiv g$
 $t_0 > t;$ $e \sim f;$ $D_0 < D;$ $e \equiv f$
 $t_0 < t;$ $e \equiv g;$ $D_0 < D;$ $e \equiv g$
 $t_0 < t;$ $f \equiv g;$ $D_0 < D;$ $f \equiv g$

WSKAŹNIK TENDENCJI DEPOZYCJI RUMOWISKA (A) - TAB. 8

W rumowisku istnieje przewaga składników o gęstościach $2,8-3,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ nad minerałami o gęstościach $3,2-3,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Wraz z głębokością rośnie wielkość wskaźnika A. Tendencja ta jednak jest bardzo słabo potwierdzona za pomocą zastosowanych testów.

Zaznaczają się też różnice między podzbiorami rumowiska w zależności od nachylenia dna. Dotyczy to materiału znajdującego się w podbrzeżu o nachyleniu $1,4-1,7\%$, które w świetle testu t-Studenta różni się istotnie od pozostałych podzbiorów. Wyjaśnienie tego faktu na obecnym etapie badań jest trudne.

Znaczna obecność w spektrum przezroczystych minerałów ciężkich składników o gęstości $2,8-3,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ dodatkowo potwierdza wcześniejsze uwagi, że w podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej rumowisko znajduje się w fazie masowego przydennego tranzytu. Sądzić też można, że w głębszej części podbrzeża zdają się istnieć warunki do chwilowego deponowania materiału dennego.

Tab. 8. Rozkłady częstotliwości występowania w podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej wskaźnika A w zależności od głębokości i nachylenia dna oraz ocena podobieństwa zbiorów testem t-Studenta oraz D-Kolmogorowa-Smirnowa

Distribution of A index values of Dziwnów Spit shoreface in relation to depth and bed slope with an evaluation of sets similarity using t-Student and D-Kolmogorov-Smirnov tests

Głębokość [m]	Symbol	A					x	s
		<1,0	1,01+2,00	2,01+3,00	3,01+4,00	>4,00		
0+2	a	6	54	30	4	6	2,06	0,98
2+4	b	13	43	29	13	2	1,97	0,89
4+6	c	5	45	15	10	25	2,06	1,53

$$t_0 < t; a \equiv b; D_0 < D; a \equiv b$$

$$t_0 < t; a \equiv c; D_0 = D; a \sim c$$

$$t_0 < t; b \equiv c; D_0 < D; b \equiv c$$

Nachylenie [w %]	Symbol	A					x	s
		<1,0	1,01+2,00	2,01+3,00	3,01+4,00	>4,00		
<1,3	d	2	48	38	10	2	2,08	0,91
1,3+1,4	e	9	47	20	11	13	2,25	1,22
1,4+1,7	f	20	60	15	5	—	1,56	0,71
1,7+2,2	g	—	42	42	8	8	2,41	1,01

$$t_0 < t;$$

$$d \equiv e;$$

$$D_0 < D;$$

$$d \equiv e$$

$$t_0 > t;$$

$$d \sim f;$$

$$D_0 < D;$$

$$d \equiv f$$

$$t_0 < t;$$

$$d \equiv g;$$

$$D_0 < D;$$

$$d \equiv g$$

$$t_0 > t;$$

$$e \sim f;$$

$$D_0 < D;$$

$$e \equiv f$$

$$t_0 < t;$$

$$e \equiv g;$$

$$D_0 < D;$$

$$e \equiv g$$

$$t_0 > t;$$

$$f \sim g;$$

$$D_0 < D;$$

$$f \equiv g$$

ZALEŻNOŚCI MIĘDZY WSKAŹNIKAMI UZIARNIENIA A CECHAMI SKŁADU MINERAŁÓW CIĘŻKICH

Określenie zależności między wskaźnikami uziarnienia a cechami składu mineralów ciężkich przeprowadzono metodą graficzną. Chmurę punktów projekcyjnych dla porównywanych wskaźników litologicznych wrysowanych w układ osi współrzędnych dzielono osiami medianowymi na cztery części (ćwiartki medianowe). Na podstawie dokonanego podziału zbioru punktów projekcyjnych ustalono korelację między analizowanymi wskaźnikami. Określenie to wprowadzono za pomocą nieparametrycznego testu korelacji medianowej r_m (Perkal 1967):

$$r_m = \frac{n - 10}{5 n_0}$$

gdzie: n – liczebność wszystkich punktów w zbiorze, n_0 – najmniejsza liczebność punktów w ćwiartce medianowej. W przypadku gdy wartość r_m jest większa od 1,0, korelacja między badanymi cechami jest istotna.

Dla całych zbiorów wskaźników litologicznych rumowiska podbrzeża Mierzei Dziwnowskiej wartości linii medianowych określonych metodą graficzną wynoszą:

Mz = 2,26 phi	Mc = 0,25
$\delta = 0,51$	M = 34%
Sk ₁ = -0,20	G = 1,25
KG = 1,17	A = 1,82

Ponieważ graficzna prezentacja zbiorów porównywanych wskaźników w układzie osi współrzędnych nie wnosi istotnych treści poznawczych, zrezygnowano z prezentowania rysunków. W pracy ograniczono się wyłącznie do przedstawienia wyników analizy statystycznej.

ZALEŻNOŚCI MIĘDZY PRZECIĘTNĄ WIELKOŚCIĄ ZIAREN (Mz) A CECHAMI MINERAŁÓW CIĘŻKICH

Zasadniczo w układzie osi współrzędnych jest równomierny rozrzut punktów projekcyjnych w poszczególnych ćwiartkach medianowych. Wartości korelacji medianowej r_m między Mz a cechami składu materiałów ciężkich są następujące:

Mz/Mc	$r_m = 0,76$	Mz/G	$r_m = 0,81$
Mz/M	$r_m = 0,78$	Mz/A	$r_m = 0,76$

Z przeprowadzonego porównania wynika, że brak jest zależności między przeciętną wielkością ziaren a cechami składu mineralnego.

ZALEŻNOŚCI MIĘDZY WYSORTOWANIEM (σ_1) A CECHAMI SKŁADU MINERALÓW
CIEŻKICH

Chmura punktów w układzie osi współrzędnych jest mniej więcej równomiernie rozproszona. Wielkość korelacji medianowej r_m przedstawia się następująco:

σ_1/Mc	$r_m = 0,83$	σ_1/G	$r_m = 0,98$
σ_1/M	$r_m = 0,82$	σ_1/A	$r_m = 0,79$

Również i w tym przypadku brak jest korelacji między wysortowaniem uziarnienia rumowiska a cechami składu mineralów ciężkich. Można tylko mówić o słabej zależności między wysortowaniem a wskaźnikiem tendencji do rozmywania (G). Obserwuje się, że w miarę pogarszania się wysortowania (wzrost wskaźnika σ_1) następuje podwyższenie wartości wskaźnika G.

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY ASYMETRIĄ ROZKŁADÓW UZIARNIENIA (Sk_1) A CECHAMI
SKŁADU MINERALÓW CIEŻKICH

Udział punktów projekcyjnych w poszczególnych ćwiartkach medianowych jest zbliżony. Znajduje to odbicie w wielkościach korelacji r_m :

Sk_1/Mc	$r_m = 0,81$	Sk_1/G	$r_m = 0,76$
Sk_1/M	$r_m = 0,84$	Sk_1/A	$r_m = 0,82$

Między analizowanymi parametrami litologicznymi brak jest zależności.

ZALEŻNOŚCI MIĘDZY SPŁASZCZENIEM ROZKŁADÓW UZIARNIENIA A CECHAMI
SKŁADU MINERALÓW CIEŻKICH

Rozrzut punktów projekcyjnych w układzie osi współrzędnych jest podobny w poszczególnych ćwiartkach medianowych. Korelacja między wskaźnikami litologicznymi przyjmuje następujące wartości:

K_G/Mc	$r_m = 0,75$	K_G/G	$r_m = 0,75$
K_G/M	$r_m = 0,80$	K_G/A	$r_m = 0,82$

Powyższe rezultaty świadczą, że między wskaźnikiem spłaszczenia a cechami mineralów ciężkich brak jest zależności.

UWAGI DODATKOWE

Mimo braku korelacji między wskaźnikami uziarnienia a cechami składu minerałów ciężkich zauważyć można pewne prawidłowości, które ze względu na szczupłość materiału nie mogą być w sposób statystyczny „istotnie” uzasadnione.

W materiale pobranym z głębokości 0–2 m p.p.m. odnotowuje się słabe zależności między następującymi wskaźnikami litologicznymi:

1) M_z/A – w miarę jak rumowisko staje się bardziej drobnoziarniste maleje w nim udział przezroczystych minerałów ciężkich o niskich ekwiwalentach hydraulicznych,

2) σ_1/G – w miarę pogarszania się wysortowania uziarnienia w rumowisku wzrasta udział przezroczystych minerałów ciężkich o wysokich ekwiwalentach hydraulicznych,

3) Sk_1/M – w miarę jak rozkłady uziarnienia stają się bardziej symetryczne lub przyjmują skośność dodatnią, wśród minerałów ciężkich zmniejsza się udział muskowitu,

4) Sk_1/A – w miarę jak rozkłady uziarnienia stają się bardziej symetryczne lub przyjmują skośność dodatnią, wśród przezroczystych minerałów ciężkich wzrasta udział składników o niskich ekwiwalentach hydraulicznych,

5) K_G/M – w miarę jak rozkłady uziarnienia stają się bardziej szczytowe (leptokurtyczne) wśród minerałów ciężkich zmniejsza się zawartość muskowitu.

W materiale pobranym z dna o głębokości 2–4 m p.p.m. obserwuje się następujące słabe prawidłowości:

6) σ_1/G – w miarę pogarszania się wysortowania w rumowisku wzrasta udział przezroczystych minerałów ciężkich o wysokich ekwiwalentach hydraulicznych,

7) Sk_1/Mc – w miarę jak rozkłady uziarnienia rumowiska przyjmują asymetrię dodatnią, następuje w nich pewien wzrost udziałów minerałów ciężkich,

8) K_G/M – w miarę jak rozkłady uziarnienia są bardziej szczytowe (leptokurtyczne) w rumowisku zmniejsza się wśród minerałów ciężkich udział muskowitu.

Nie można się dopatrzeć nawet bardzo słabych zależności między wskaźnikami uziarnienia a cechami składu minerałów ciężkich, które byłyby uwarunkowane zmianą nachylenia dna podbrzeża.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej analizy litostatystycznej wskaźników uziarnienia i składu minerałów ciężkich rumowiska z płytkiego podbrzeża Mierzei Dziwnowskiej sformułować można szereg uwag.

1. W podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej znajduje się głównie rumowisko drobnopiaszczyste o dobrym lub umiarkowanym wysortowaniu. Rozkłady uziarnienia zazwyczaj mają asymetrię ujemną oraz są bardziej smukłe od rozkładu normalnego (rozkłady leptokurtyczne).

2. Skład minerałów ciężkich we frakcji 0,25–0,12 mm pod względem jakościowym nawiązuje do wyjściowego materiału plejstoceniowego (Racinowski 1974, 1992). Zwraca jednak uwagę silne wzbogacenie tego spektrum w muskowit.

3. W badanym pasie podbrzeża, niezależnie od głębokości znajduje się rumowisko o zbliżonych wskaźnikach uziarnienia i cechach składu minerałów ciężkich. Zauważyć się jednak daje, że występują pewne odrębności między rumowiskiem znajdującym się w najpłytszym podbrzeżu (0–2 m p.p.m.) a zalegającym na głębokości 4–6 m p.p.m. Ten ostatni materiał cechuje się bardziej drobnym ziarnem, lepszym wysortowaniem, dużą smukłością rozkładów uziarnienia (rozkłady leptokurtyczne). Mniejsze odrębności zaznaczają się w pozostałych wskaźnikach litologicznych.

4. W zasadzie brak jest zróżnicowania podzbiorów wskaźników litologicznych w zależności od nachylenia dna. Wiąże się to z faktem, że cały analizowany materiał pochodzi z podbrzeża o bardzo małym nachyleniu dna. Niemniej zauważa się, że rumowisko na dnie o nachyleniu mniejszym od 1,3% posiada zazwyczaj wskaźniki M_z niższe od wartości medialnej dla całego zbioru wyników, natomiast poniżej wielkości medianowej są wskaźniki Sk_1 i Mc . Odwrotna sytuacja jest w przypadku rumowiska znajdującego się na dnie o nachyleniu większym od 1,3%.

5. W badanym rumowisku z podbrzeża Mierzei Dziwnowskiej brak jest korelacji między wskaźnikami uziarnienia a parametrami składu minerałów ciężkich. Dla całego zbioru wyników zaznacza się to szczególnie przy porównaniu wskaźnika M_z i K_G z cechami składu minerałów ciężkich. Wydaje się, że brak powiązania między uziarnieniem a składem minerałów ciężkich w sposób pośredni świadczy, że w podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej rumowisko jest w końcowym stadium dyferencjacji cech litologicznych dla przeciętnego dla tego obszaru reżimu hydrodynamicznego oraz lokalnych właściwości morfologiczno-geologicznych terenu.

6. Na podstawie przeprowadzonej analizy litostatystycznej wyprowadzić można orientacyjne wnioski o charakterze procesów litodynamicznych rozwijających się w płytkim podbrzeżu Mierzei Dziwnowskiej.

W podbrzeżu o głębokości 0–2 m p.p.m. rumowisko znajduje się w fazie masowego ruchu przydenne. Rumowisko przemieszczane jest wahadłowo

w stronę lądu i w kierunku otwartego morza. Nie ma tu sprzyjających warunków do depozycji materiału mineralnego. Zaznacza się pewna tendencja do przemieszczania się minerałów o większych gęstościach ku lądowi, natomiast składniki o niskich ekwiwalentach hydraulicznych transportowane są w stronę głębszego podbrzeża.

W podbrzeżu o głębokości 2–4 m p.p.m. (do 6 m p.p.m.), przydenna dynamika wody i jej zmienność w czasie jest relatywnie słaba. Rumowisko w formie cienkiej warstewki przydennej jest w fazie selektywnego tranzytu wzdłuż brzegu lub przemieszczane jest w stronę otwartego morza. Zaznacza się tu zjawisko „wtórnej” dyferencjacji rumowiska zarówno pod względem uziarnienia (materiał staje się bardziej drobnoziarnisty i lepiej wysortowany), jak i składu minerałów ciężkich (następuje względne wzbogacenie w minerały ciężkie frakcji 0,25–0,12 mm, wzrasta wśród nich udział przezroczystych składników o małych i pośrednich ekwiwalentach hydraulicznych).

LITERATURA

- Baraniecki J. 1988; Wybrane zagadnienia ochrony brzegu morskiego w świetle badań litodynamicznych. *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 378, Szczecin: 83–91.
- Baraniecki J., Racinowski R. 1990; Wykorzystanie parametrów uziarnienia rumowiska z dolnej części splywu strefy potoku przyboju do określania tendencji rozwojowych brzegu morskiego Wyspy Wolin (The application of graining parameters of the rubble from lower part of the back-swash of the surf stream zone to the determination of evolution tendencies of the Wolin Island coast). *PAN KBM, Studia i Materiały Oceanologiczne*, 55, Wrocław–Warszawa: 107–127.
- Bołdyriew W. L. 1991; Morfologiczne i litologiczne wskaźniki rejonów rozwoju wzdłuż-brzegowych potoków osadów piaszczystych. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, 12, 2, Gdańsk: 50–53.
- Domański C. 1990; Testy statystyczne. PWE, Warszawa.
- Kotliński R. 1985; Osady Ławicy Słupskiej (Bottom deposits of Słupsk Bank). *Biuletyn Inst. Geol.*, 352, Warszawa: 5–56.
- Nowak B. 1963; Hydrodynamiczne zróżnicowanie składu minerałów ciężkich w osadach dennych strefy przybrzeżnej południowego Bałtyku na odcinku jez. Bukowo – jez. Jamno. *Materiały do monografii polskiego brzegu morskiego*, 5, Gdańsk: 89–119.
- Pawluk K. 1982; Czasowa i przestrzenna zmienność litodynamiczna cech powierzchniowych osadów dennych w płytkiej strefie brzegowej morza. *IBW PAN, Gdańsk (mps pracy doktorskiej)*.
- Pawluk K. 1990; Segregacja materiału piaszczystego w płytkiej strefie brzegowej (Sandy-sediment differentiation in the shallow coastal zone). *PAN KBM, Studia i Materiały Oceanologiczne*, 55, Wrocław–Warszawa: 129–146.
- Perkal J. 1967; *Matematyka dla przyrodników i rolników*. T. I–III, PWN, Warszawa.

- Program kompleksowego zabezpieczenia brzegów Mierzei Dziwnowskiej w aspekcie długofalowej działalności Urzędu Morskiego w Szczecinie 1986–1987. Archiwum Katedry Geotechniki Politechniki Szczecińskiej, Szczecin (mps).
- Rac i n o w s k i R. 1974; Dynamika środowiska sedimentacyjnego strefy brzegowej Pomorza Zachodniego w świetle badań mineralów ciężkich i uziarnienia osadów (Dynamics of sedimentary environment of West Pomerania coastal zone in the light of heavy minerals and grain size distribution research). *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 4, Szczecin: 1–156.
- Rac i n o w s k i R. 1989; Próba interpretacji dynamicznej badań litologicznych osadów podbrzeża między Niechorzem a Trzęszaczem (Tentative dynamic interpretation of lithological study of nearshore deposits between Niechorze and Trzęszacz). *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, s. A, 38, Poznań: 77–103.
- Rac i n o w s k i R. 1990; Próba wykorzystania badań mineralów ciężkich do uszczegółowienia charakterystyki litologicznej płytkiego podbrzeża w rejonie Dziwnowa (Zur intersug-hungsprobe der ausnutzung von schweren mineralien um die lithodynamische ufer-charakteristik in der region bei Dziwnowo zu detaillieren). *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 418, Szczecin: 5–21.
- Rac i n o w s k i R. 1992; Charakterystyka standardowych cech litologicznych rumowiska strefy brzegowej morza Północnego (Zur charakteristik der lithologischen standard-eigenschaften von bettgesschiebe der meeresunterkustenzone von Szczecin). *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 459, Szczecin: 1–93.
- Rac i n o w s k i R., Bara n i e c k i J. 1990a; Przydatność litologicznych wskaźników dla charak-teryzowania wzdłużbrzegowego potoku rumowiska na polskim wybrzeżu Bałtyku (Usability of lithological indices in describing sediment flow along Polish Baltic coast). *PAN IBW, Rozprawy Hydrotechniczne*, 51, Gdańsk: 159–210.
- Rac i n o w s k i R., Bara n i e c k i J. 1990b; Wyniki badań uziarnienia rumowiska brzegu morskiego Mierzei Dziwnowskiej. *Inżynieria Morska*, 11, 1, Gdańsk: 12–15, 31.
- Rac i n o w s k i R., Frą c z a k A. 1986; Charakterystyka uziarnienia rumowiska z dolnej części strefy potoku przyboju między Niechorzem a Trzęszaczem (Zur charakteristik der ge-schiebegrenulation von unteren teil der brandungszone zwischen Niechorze und Trzę-sacz). *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej*, 322, Szczecin: 77–140.
- Rac i n o w s k i R., Szc z y p e k T. 1985; Prezentacja i interpretacja wyników badań uziarnie-nia osadów czwartorzędowych. Uniwersytet Śląski, Katowice.
- U ś c i n o w i c z S. 1985; Litodynamika podwodnego skłonu brzegowego na odcinku Mrzeżyno–Rowy (The lithodynamics of subaqueous slope of the Baltic shore in Mrzeżyno–Rowy section). *Przegląd Geologiczny*, 33, 12, Warszawa: 683–688.
- W a j d a W. 1970; Minerale ciężkie piasków dennych polskiego wybrzeża Bałtyku (Heavy minerals of the bottom sand Polish coast of the Baltic). *Roczniki Pol. Tow. Geol.*, 40, 1, Kraków: 131–149.
- W a j d a W. 1976; Współzależność między składem granulometrycznym a składem mineralnym osadów piaszczystych południowego Bałtyku (Correlation between grain-size and mineral composition of sandy bottom deposits in the Southern Baltic Sea). *Biuletyn Inst. Geol.*, 285, Warszawa: 129–152.
- Z a m o r s k i J. 1990; Struktury sedimentacyjne osadów powierzchniowych strefy brzegowej i płytkowodnej Bałtyku Południowego. *PIG, Sopot (mps pracy doktorskiej)*.

SUMMARY

The paper deals with lithostatistic evaluation of lithological indices of the debris within the Dziwnów sandbar shoreface (West Pomerania). A study was conducted on the graphical grain-size distribution indices, determined according to the Folk-Ward's method (M_z – average grain size, σ_1 – grain sorting, Sk_1 – grain-size distribution asymmetry, K_G – flattening of grain-size distributions), and on the features of heavy minerals composition in the 0.25–0.12 mm fraction (Mc – heavy mineral percentage, M – muscovite percentage, G – the ratio of transparent minerals with density greater than 3.6 g cm^{-3} to minerals with density from 2.8 to 3.2 g cm^{-3} , A – the ratio of components with density from 2.8 to 3.2 g cm^{-3} to components with density from 3.2 to 3.6 g cm^{-3} which occurs among transparent heavy minerals). The diversification of the indices with respect to the shoreface depth and slope was evaluated making use of the Student's t-test and the Kolmogorov-Smirnov's D-test (Tables 1 to 8). The relationships between the grain-size distribution indices and the heavy mineral composition features were determined based on the Perkal's test of nonparametric median correlation r_m . It has been found that all of the debris situated within the shoreface investigated is similar in terms of magnitude of lithological parameters. Notwithstanding, there are some signs of a difference between the material occurring at a depth of 0 to 2 m below sea level and that occurring somewhat deeper (mainly within the belt from 4 to 6 m below sea level). Within the more shallow zone the debris is coarser (lower M_z), less sorted (higher σ_1), with more flattened distributions (lower K_G). There is no diversification in the heavy mineral composition.

In general, no correlation is found between the grain-size distribution and the heavy mineral composition. However, some minor relationships can be seen between σ_1/G (as the grain-size distribution sorting in the debris becomes worse the percentage of transparent heavy minerals with high hydraulic equivalents increases) and between K_G/M (as the distributions become more steep the muscovite fraction decreases).

On the basis of qualitative (rank-based) lithodynamic evaluation of lithological indices it is assumed that the debris is in the phase of mass near-bottom movements. The material is in a swinging motion, moving towards land and reversely, towards open sea. In the shoreface belt with a depth of 2 to 4 (6) m below sea level the debris, which is here in the form of a thin near-bottom layer, is in the phase of selective transit along the shoreline or is displaced towards the open sea.

