

# Morfolitologinių anomalijų Kuršių nerijos jūros krante nustatymas

Darius Jarmalavičius,

Donatas Pupienis,

Gintautas Žilinskas,

Julija Fedorovič

*Gamtos tyrimų centras, Akademijos g. 2,  
LT-08412 Vilnius*

*El. paštas: jarmalavicius@geo.lt;  
donatas.pupienis@vu.gf.lt;  
zilinskas@geo.lt;  
julijafed@inbox.lt*

Jarmalavičius D., Pupienis D., Žilinskas G., Fedorovič J. Morfolitologinių anomalijų Kuršių nerijos jūros krante nustatymas. *Geologija. Geografija*. 2015. T. 1(1). ISSN 2351-7549.

Kuršių nerijos formavimasis pasižymi nepertraukiama morfolitologinių rodiklių kaita išilgai jūros kranto. Tačiau tam tikrose vietose ši tolydumo sąlyga erdvėje sutrinka. Šiose vietose pastebimas stiprus morfolitologinių rodiklių reikšmių nukrypimas nuo tolydžios kaitos, sąlygotas paleogeografinių, geologinių, hidrodinaminių, meteorologinių bei antropogeninių veiksnių. Remiantis smėlio dalelių dydžio bei paplūdimio ir kopagūbrio morfometrinių rodiklių kaita, išilgai Kuršių nerijos jūros kranto buvo išskirti kranto ruožai, kuriuose nagrinėjami rodikliai „išskrinta“ iš tolygiai kintančios rodiklių eilės. Nustatyti du ruožai, turintys specifinį rodiklių kompleksą, nesisiejantį su gretimais kranto ruožais: pirmas – Koptgalio ruožas, kurio formavimuisi betarpiškos įtakos turėjo Klaipėdos uosto pietinis molas, ir antras – Juodkrantės ruožas, kurio formavimąsi galėjo lemti visas kompleksas veiksnių: tiek paleogeografinių, tiek hidrodinaminių, tiek ir kitų. Tačiau dėl duomenų stokos tiksli jo genezė nėra nustatyta. Išskirti ruožai yra santykinai stabilūs laiko atžvilgiu ir jų savybės praktiškai nepakito per pastaruosius 20 metų. Nustatyti dėsningumai parodė, kad morfolitologinių rodiklių ekstremalios vertės gali būti laikomos indikatoriais, parodančiais staigų atskiros geosistemos dalies dinamikos pokytį keičiantis hidrometeorologinėms ar antropogeninėms sąlygoms.

**Raktažodžiai:** jūros krantas, kranto dinamika, Kuršių nerija, morfolitologinė anomalija

## ĮVADAS

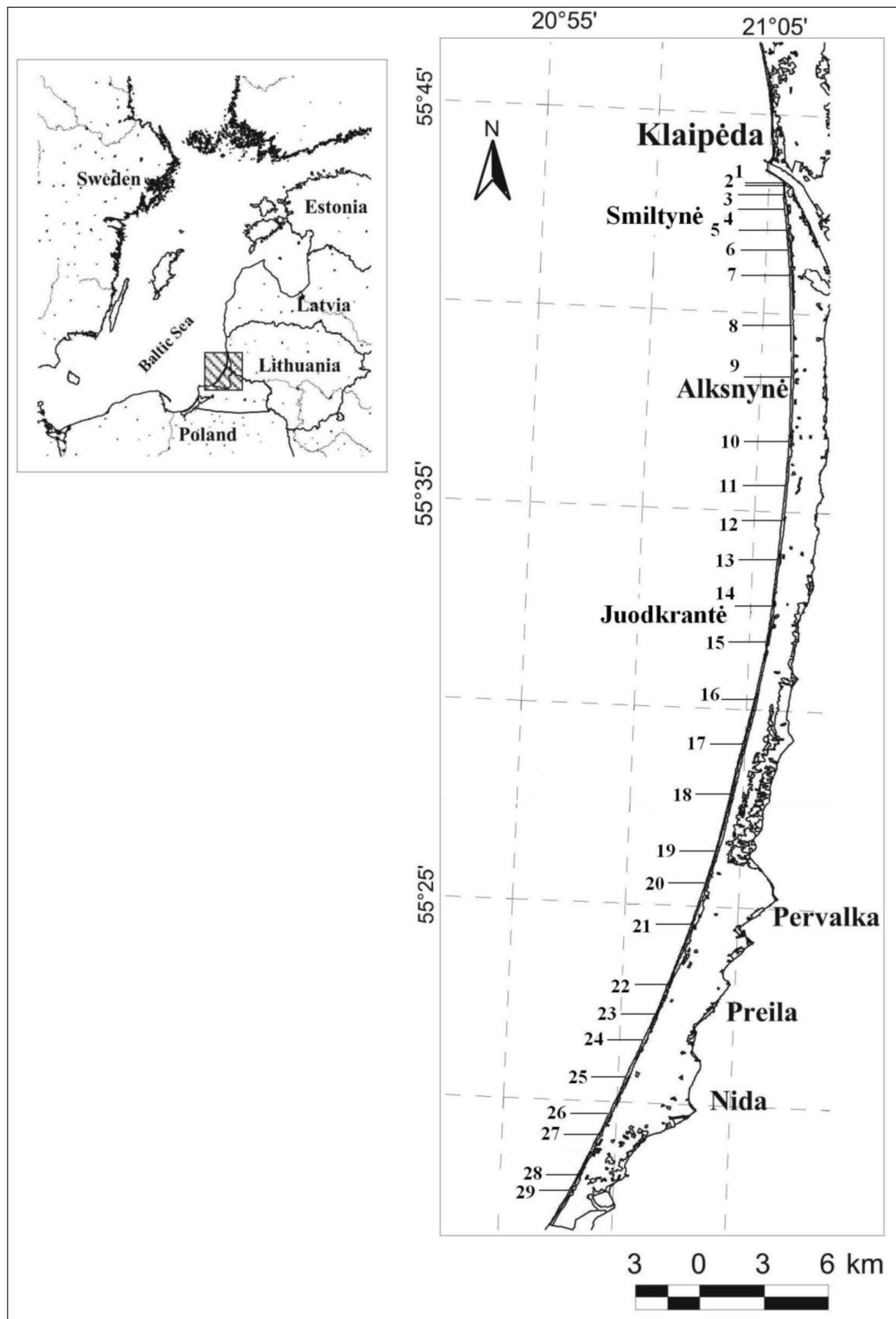
Smėlio neriją apibūdinantys morfologiniai ir litologiniai rodikliai dažniausiai kinta tolydžiai išilgai jūros kranto. Ši tolygi kaita daugiausiai nulemta išilginio nešmenų srauto, jūros priekrantėje pernešančio didelių smėlio kiekius. Neretai tokiose sistemoje atsiranda morfologinių ir litologinių anomalijų – vietų, kuriose pažeidžiama tolydumo sąlyga. Pastarosios tarnauja kaip indikatorius, atskleidžiantis sistemos trūkumus, nulemtus paleogeografinių, geologinių, hidrodinaminių, meteorologinių bei antropogeninių veiksnių.

Kuršių nerijos jūros kranto morfolitologinių rodiklių kaitos išilgai kranto tyrimai (Žilinskas, Jarmalavičius, 2007; Jarmalavičius, 2012; Pupienis ir kt., 2013) atskleidė jų tolygią kaitą išilgai kranto.

Vietomis užfiksuoti reikšmingi morfolitologinių rodiklių nukrypimai nuo tolygios kaitos buvo traktuojami kaip statistinės eilės išskirtys, nesuteikiant joms reikšmingesnio dėmesio. Gausėjant duomenų pastebėta, kad tam tikrose jūros kranto vietose specifiniai morfolitologiniai rodikliai išlieka gana stabilūs. Šio straipsnio tikslas yra identifikuoti morfolitologines anomalijas, nustatyti jų savybes, dinamiką bėgant laikui.

## METODIKA

Kuršių nerijos jūros kranto morfologiniai matavimai vykdomi nuo 1995 metų 29 profiliuose (1 pav.). Remiantis skersinės kranto niveliacijos metu gautais duomenimis, buvo nustatoma kranto linijos padėtis, paplūdimio plotis bei nuolydis



**1 pav.** Tyrimų rajonas. Brūkšneliais nurodytos tyrimų profilių vietos

**Fig. 1.** Location map. Lines with numbers are sites of investigation profiles

ir jame esančio smėlio kiekis, kopagūbrio santykis ir absoliutus aukščiau, vakarinio šlaito nuolydis bei kopagūbrio smėlio kiekis. Taip pat buvo nustatomi šių rodiklių pokyčiai laiko atžvilgiu. Atskirai buvo analizuoti smėlio granulometrinės sudėties

rodikliai. Pastarieji vertinti remiantis 1993, 2011 ir 2014 m. kas 500 m paplūdimio viduryje, kopagūbrio papėdėje ir kopagūbrio vakariniame šlaite surinktų smėlio pavyzdžių duomenimis. Smėlio pavyzdžių analizei buvo naudojamas 11 sietų

komplektas. Mechanškai išsijojus smėlį buvo nustatomas dalelių dydžio pasiskirstymas, apskaičiuojamas vidutinis dalelių skersmuo, rūšiuotumas, asimetrija ir ekscesas. Tolesnei analizei pasirinkti tik tie rodikliai, kurie geriausiai apibūdina skirtingų kranto ruožų savybes. Iš morfologinių rodiklių panaudoti: paplūdimio plotis, paplūdimio nuolydis, santykinis kopagūbrio aukštis ir jame esančio smėlio kiekis. Kadangi visi šie rodikliai yra kaitūs laiko atžvilgiu, vertinant jų kaitą išilgai kranto buvo naudotos pastarųjų 11-os metų vidutinės reikšmės (2004–2014). Vertinant smėlio granulimetrinės sudėties kaitos dėsningumą buvo naudotas vidutinis smėlio dalelių skersmuo. Taip pat, kaip ir morfologinių rodiklių atveju, išryškinant bendriausius kaitos išilgai kranto bruožus buvo suvidurkintos 1993, 2011 ir 2014 m. paplūdimio vidurio, kopagūbrio papėdės bei šlaito gautų smėlio granulimetrinės sudėties rodiklių reikšmės. Kad būtų patogiau, visų nagrinėjamų rodiklių statistinės eilės standartizuotos (Čekanavičius, Murauskas, 2000).

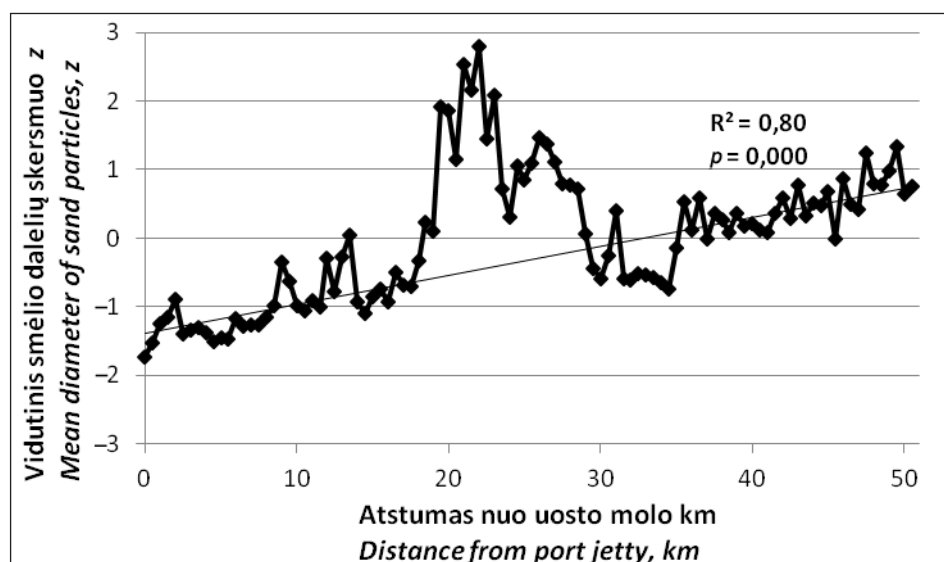
Statistinės eilės buvo standartizuojamos dėl dviejų priežasčių. Visų pirma taip patogiau lyginti labai skirtingas rodiklių reikšmes, tarkime, paplūdimio nuolydis išreiškiamas smailaus kampo tangentu kinta nuo 0,03 iki 0,13, o kopagūbrio aukštis vietomis siekia daugiau nei 10 m. Antra statistinių eilių standartizavimo priežastis – siekis identifikuoti atsirandančias išskirtis, o tuo

pačiu ir anomalius ruožus. Darbe naudojamos standartinės išskirčių ribos, t. y. duomuo, kurio  $z$  reikšmė patenka į intervalą tarp 2 ir 3, laikomas *sąlygine išskirtimi*, reikšmė, didesnė už 3, – laikoma *išskirtimi* (Čekanavičius, Murauskas, 2000).

## SMĖLIO GRANULIOMETRINĖS SUDĖTIES KAITA

Pagrindiniai veiksniai, formuojantys jūros kranto kraštovaizdį, yra paveldėti geomorfologiniai ypatumai (Riggs ir kt. 1995; Honeycutt ir kt., 2003), priekrantės hidrodinaminis režimas (Short, Hesp, 1982; Short, 1988; Guillén ir kt., 1999; Cooper, Navas, 2004) ir smėlio sudėtis bei kiekis (Thom, 1984; Carter ir kt., 1987; Healy, 1996; Storms ir kt., 2002). Priklausomai nuo šių veiksnių formuojasi būdingi atskiro kranto tipo morfologiniai elementai. Kadangi pagrindiniai Kuršių nerijos jūros krantą formuojančio kraštovaizdžio elementai yra smėlėti paplūdimiai su prie jų prisišliejusiu kopagūbriu, akivaizdu, kad vienas iš pagrindinių veiksnių, lemiančių morfologinę įvairovę (paplūdimio ir kopagūbrio plotį, aukštį, formą), skirtinguose kranto ruožuose bus smėlio granulimetrinė sudėtis bei jo kiekis. Todėl pirmiausia reikėtų apžvelgti smėlio granulimetrinės sudėties išilgai Kuršių nerijos jūros kranto kaitą.

Analizuojant vidutinio smėlio dalelių skersmens standartizuotų reikšmių kaitą (2 pav.) matome,



2 pav. Vidutinio smėlio dalelių skersmens standartizuotų reikšmių kaita. Trendas pateiktas išeliminavus kranto atkarpos tarp 20 ir 28 km duomenis

Fig. 2. Mean grain size  $z$  value distribution along the coast. Trend line drawn for the data excluding coastal sectors between 20 and 28 km

kad smėlio dalelės nuosekliai stambėja tolstant nuo Klaipėdos uosto molo. Iš analizuojamos eilės išeliminavus kranto atkarpos tarp 20 ir 28 km duomenis (2 pav.), gaunamas labai tolygus ir patikimas ( $p = 0,000$ ) didėjimo trendas. Šių nuoseklią kaitą „suardo“ Juodkrantės kranto ruožo smėlio granulimetrinės sudėties ypatumai. Reikia pastebėti, kad kranto atkarpos tarp 20 ir 23 km smėlis pagal savo sudėtį patenka į sąlyginės išskirties ribas, t. y. šio ruožo krantą formuojantys smėliai nėra būdingi visai likusiai Lietuvai priklausančiai Kuršių nerijos jūros kranto atkarpai (2 pav.). Šis stambesnis smėlis ties Juodkrante užfiksuotas tiek paplūdimyje, tiek ir kopagūbryje. Be to, jis buvo stebimas visų smėlio pavyzdžių paėmimo metu, t. y. 1993, 2011 ir 2014 metais. Taigi, šis smėlio granulimetrinės sudėties nukrypimas nuo bendros jo kaitos išilgai kranto išlieka pakankamai stabilus laiko atžvilgiu. Analizuojant smėlio dalelių pasiskirstymą skirtingose frakcijose nustatyta, kad ties Juodkrantės gyvenvietėje smėlio sudėtyje išryškėja bimodalinis smėlio dalelių pasiskirstymas. Maždaug 35–60 % smėlio masės sudaro 0,2–0,315 mm frakcijos – tai vyraujanti smėlio frakcija visame Kuršių nerijos krante, o ties Juodkrante atsiranda antra 0,4–0,63 mm frakcijos moda, sudaranti maždaug 20 % smėlio masės (3 pav.). Tik tarpinės 0,315–0,4 mm frakcijos čia aptinkama mažiau.

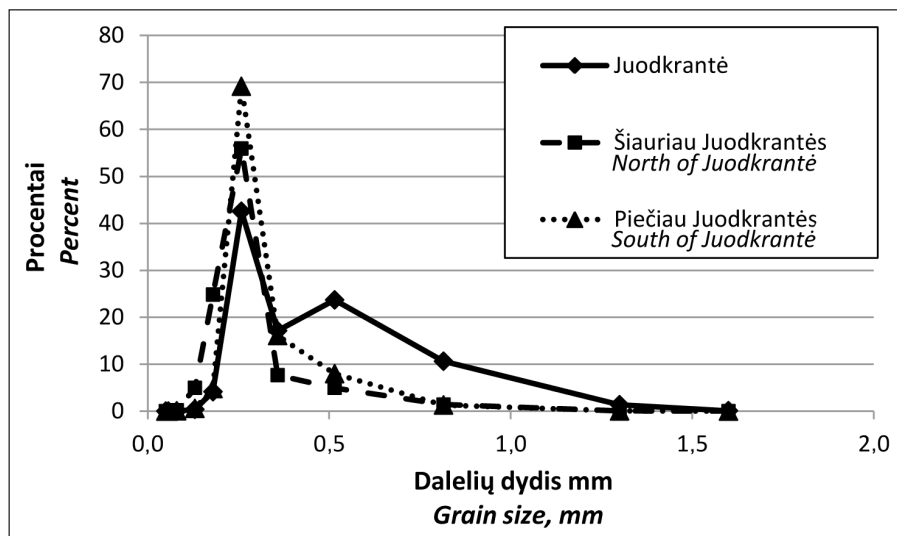
### MORFOLOGINIŲ RODIKLIŲ KAITA

Kad smėlio granulimetrinė sudėtis turi lemiamos įtakos formuojant bendrus kranto kraštovaizdžio

bruožus, buvo jau pastebėta ankstesniuose darbuose (Bascom, 1951; Jarmalavičius, Žilinskas, 1997). Tik tiriant atskirų morfometrinių rodiklių kaitos ypatumus nustatytų sąsajų nepakanka. Būtinai atskirai nagrinėti skirtingus morfologinių rodiklių kaitos ypatumus, kadangi jų kaitą gali lemti ne tik smėlio dalelių granulimetriniai ypatumai, bet ir kiti veiksniai. Iš visos eilės morfologinių rodiklių buvo pasirinkti tie, kurie kinta gana plačiuose intervaluose ir geriausiai apibūdina kranto geomorfologinius ypatumus: paplūdimio plotis, paplūdimio nuolydis, kopagūbrio santykinis aukštis ir jame esančio smėlio kiekis.

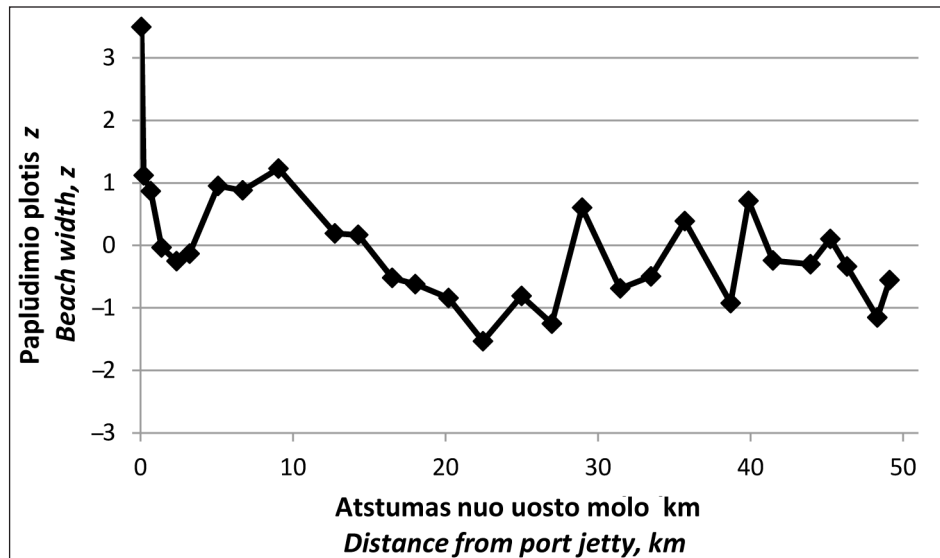
Analizuojant paplūdimio pločio kaitą išilgai Kuršių nerijos jūros kranto ryškiausi nukrypimai nuo vidutinio Kuršių nerijos jūros kranto paplūdimio pločio užfiksuoti ties Kopgaliu. Šioje trumpoje (maždaug 200 m) kranto atkarpoje, betarpiškai susijusioje su Klaipėdos uosto molu, nustatyti plačiausi paplūdimiai. Jų pločių standartizuotos reikšmės patenka į išskirties ribas. Ties Juodkrante stebimas gana ženklus paplūdimių susiaurėjimas. Nors paplūdimių pločio rodiklių reikšmės ir nesiekia išskirčių dydžio (mažiausia vertė –  $-1,5$ ), tačiau šiame ruože susiformavę patys siauriausi paplūdimiai visoje Kuršių nerijoje (4 pav.).

Paplūdimio plotis yra glaudžiai susijęs su paplūdimio nuolydžiu. Pastarajam kintant išilgai kranto pastebimos panašios tendencijos (5 pav.). Išsiskiria du ruožai. Pirmas – ties Klaipėdos uosto pietiniu molu, kur nustatyti patys lėkščiausi paplūdimiai. Pastarųjų standartizuotos reikšmės



3 pav. Dalelių dydžio pasiskirstymas ties kopagūbrio papėde

Fig. 3. Sand grain size distribution near foredune toe



4 pav. Paplūdimio pločio standartizuotų reikšmių kaita išilgai kranto

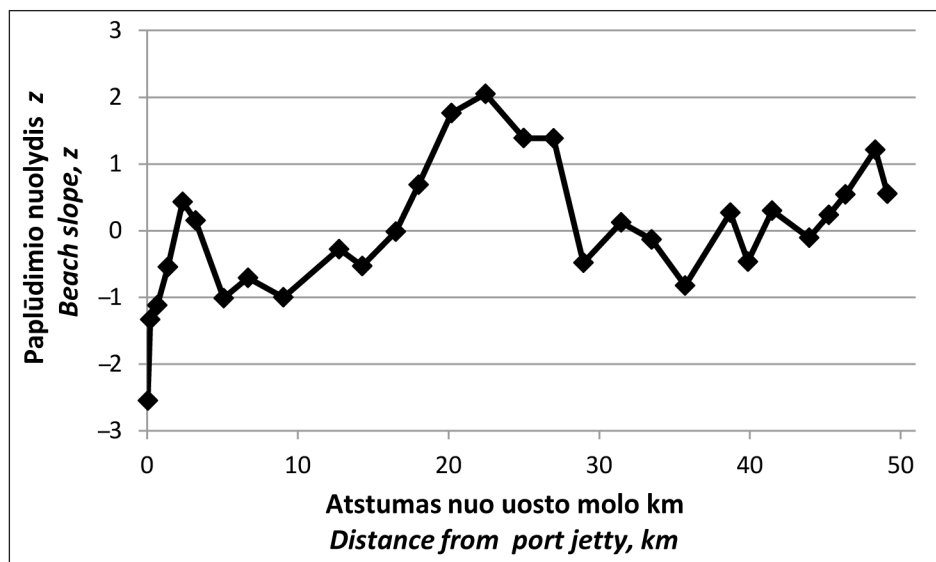
Fig. 4. Beach width  $z$  value change along the coast

patenka į išskirties ribas. Antras – kranto ruožas ties Juodkrante, kur nustatyti patys stačiausi paplūdimiai. Pastarųjų standartizuotos reikšmės siekia 2,1 reikšmę – sąlyginės išskirties apatinę ribą (5 pav.).

Smėlio dalelių dydis lemia ne tik paplūdimių, bet ir kopagūbrio morfometrinius rodiklius. Kadangi stambiagrūdis smėlis sunkiau pernešamas vėjo, iš jo sunkiau formuojasi kopagūbris. Dėl minėtos priežasties ties Juodkrantės gyvenvietėje yra pats žemiausias kopagūbris. Standartizuotos san-

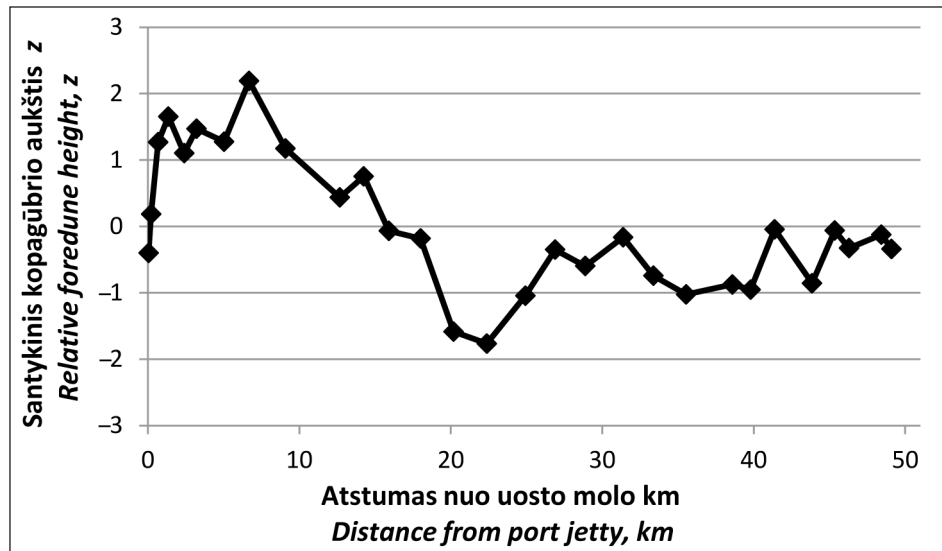
tykinio aukščio reikšmės priartėja prie sąlyginės išskirties ribos ir pasiekia  $-1,8$  reikšmę (6 pav.). Pastebėtina, kad kranto ruožas tarp Smiltynės ir Alksnynės išsiskiria pačiais aukščiausiais kopagūbriais, kurių standartizuotos santykinio aukščio reikšmės patenka į sąlyginės išskirties ribas (6 pav.).

Vertinant smėlio kiekio, susikaupusio kopagūbryje, kaitos standartizuotas reikšmes (7 pav.) matome, kad smėlio kiekis išlieka gana vienas visame kopagūbryje. Išimtį sudaro Smiltynės

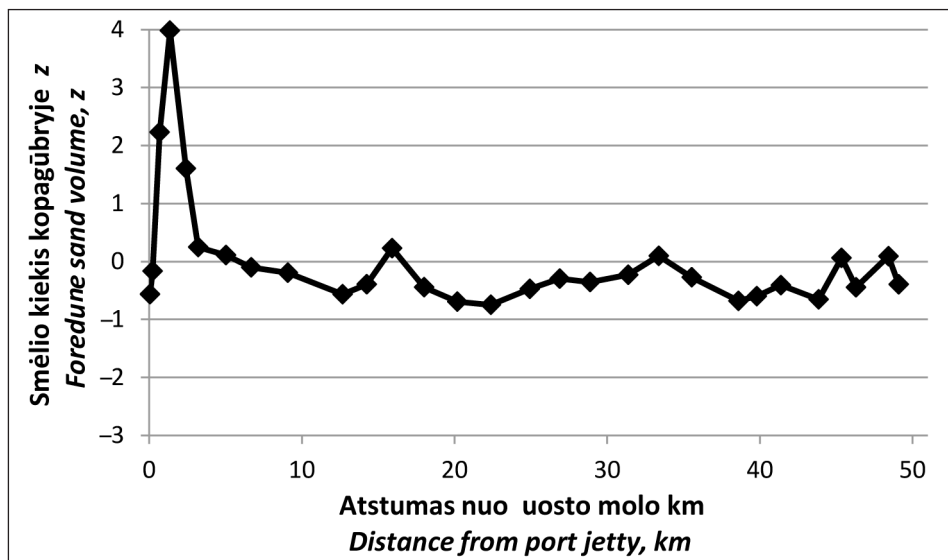


5 pav. Paplūdimio nuolydžio standartizuotų reikšmių kaita išilgai kranto

Fig. 5. Beach slope  $z$  value change along the coast



6 pav. Santykinio kopagūbrio aukščio standartizuotų reikšmių kaita išilgai kranto  
 Fig. 6. Relative foredune height  $z$  value change along the coast



7 pav. Smėlio kiekio kopagūbryje standartizuotų reikšmių kaita išilgai kranto  
 Fig. 7. Foredune sand volume  $z$  value change along the coast

kopagūbriai, kuriuose susikaupę itin dideli smėlio kiekiai. Kaip matyti iš 7 pav., šioje kranto atkarpoje smėlio kiekio kopagūbryje standartizuotų eilių reikšmės priskirtinos išskirčiai.

## DISKUSIJA

Kuršių nerijos formavimosi pobūdis nulėmė jūros kranto kraštovaizdžio homogeniškumą. Pagrindinis veiksnys, maždaug prieš 5000 metų pradėjęs

formuoti neriją, buvo išilginis nešmenų srautas, nešęs didelius kiekius smėlio nuo ardomo Sembos pusiasalio (Gudelis, 1998). Dėl to pagrindiniai kraštovaizdžio elementai – smėlio paplūdimys su prie jo besišliejančiu kopagūbriu. Jų įvairovę lemiantys veiksniai – smėlio kiekis ir jo granulometrinė sudėtis. Smėlio kiekio didžiausi skirtumai nustatyti arčiau Klaipėdos uosto, kur dėl sąnašų kaupimosi Klaipėdos uosto molams pertvėrus išilginį nešmenų srautą Alksnynės–Smiltynės kranto

ruože susiformavo plačiausi (vid. 50–70 m), gana lėkšti ( $tg\theta = 0,06$ ) paplūdimiai ir aukščiausias kopagūbris (santykinis aukštis 10–12 m) visoje Kuršių nerijoje. Dėl gausių stambiagrūdžio smėlio sandraupų maždaug 3–5 km kranto atkarpoje ties Juodkrantės gyvenvietėje susiformavo gana siauri (25–35 m) ir statūs ( $tg\theta = 0,12$ ) paplūdimiai, prie kurių prisišliejęs žemiausias nerijoje kopagūbris (santykinis aukštis 3–4 m). Tokie dideli morfologinių elementų skirtumai dažnai tampa išskirtimis. Ankstesniuose skyreliuose nagrinėjant morfologinių elementų standartizuotas eiles buvo nustatyti du kranto ruožai, kurių morfologinių rodiklių reikšmės apibūdinamos kaip išskirtys: tai Koptgalio ir pietinės Juodkrantės kranto ruožai. Koptgalio kraštovaizdžio išskirtinumą lemia ypač išplatėję (70–100 m) ir sulėkštėję ( $tg\theta = 0,03$ ) paplūdimiai. Akivaizdu, kad šiuos paplūdimių bruožus nulėmė jų betarpiškas sąlytis su Klaipėdos uosto pietiniu molu, sukuriančiu čia specifines hidrodinamines sąlygas. Daugelio morfologinių rodiklių išskirčių, užfiksuotų ties Juodkrantės gyvenvietėje, atsiradimo negalima paaiškinti vien tik specifinėmis hidrodinaminėmis sąlygomis. Kaip jau buvo minėta, vidutinis smėlio dalelių skersmens padidėjimas šioje kranto atkarpoje susijęs su 0,4–0,63 mm frakcijos atsiradimu (3 pav.), o 0,315–0,4 mm frakcijos smėlio, kuris sudaro tarpinę padėtį tarp 0,4–0,63 mm ir 0,2–0,315 mm (vyraujančios Kuršių nerijos jūros krante), yra mažiau. Šį netolygumą sunku būtų pagrįsti kažkokia hidrodinaminė veiksmų ypatybe, kuri selektyviai atsirinktų tik smulkesnes ir stambesnes smėlio daleles. Šiuo atveju stambiagrūdžio smėlio atsiradimas šioje kranto atkarpoje negali būti paaiškinamas vien tik šiuolaikiniais hidrodinaminiais procesais. Juo labiau kad šiuo metu egzistuojantys duomenys neleidžia teigti, kad ties Juodkrantės gyvenvietėje jūros priekrantėje susikongravusios didelės stambiagrūdžio smėlio sandraupos. Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinio atlaso duomenimis (Bitinas ir kt., 2004), ryškesnių smėlio granulometrinės sudėties pokyčių išilgai jūros kranto giliau sėklių zonos nenustatyta. Panaši situacija yra ir sėklių zonoje, kur didesni smėlio granulometrinės sudėties skirtumai nustatyti tarp sėklių ir tarpšėklių smėlių sudėties, nei tarp gretimų kranto ruožų sėklių zonos smėlių. Taigi, šiuo metu nėra pagrįstų duomenų, liudijančių sėklių zonoje ties Juodkrantės gyvenvietėje esant stambiagrūdžio smė-

lio sandraupų. Dar daugiau, yra žinoma, kad smėliai, esantys giliau sėklių zonos (5–7 m gylio), yra smulkiagrūdžiai su gausiomis aleurito priemaišomis (Bitinas ir kt., 2004). Tokios granulometrinės sudėties smėliai neformuoja kranto ir nedalyvauja apykaitoje tarp jūros ir kranto (Jarmalavičius, Žilinskas, 2006). Reikėtų paminėti dar vieną svarbų faktą: 1980 m. buvo atlikti Kuršių nerijos marių paplūdimių smėlio granulometrinės sudėties tyrimai (Kirlys, Stauskaitė, 1982). Marių kranto atkarpoje tarp Avių įlankos ir Agilos rago buvo išskirta zona, kurioje nustatytas padidėjęs stambiagrūdžio smėlio kiekis, palyginti su gretimais marių paplūdimiais. Vidutinio smėlio skersmens padidėjimą čia lėmė 0,315–0,4 mm ir 0,4–0,63 mm frakcijų smėlio atsiradimas. Šios stambiagrūdžio smėlio sandraupos nebuvo aptiktos nei šiauriau, nei piečiau šio ruožo marių paplūdimiuose. Deja, šie matavimai nebuvo pakartoti, todėl nežinoma, ar ši smėlio granulometrinės sudėties anomalija marių paplūdimyje yra stabili bėgant laikui. Tačiau faktas, kad ženkliai stambiagrūdžio smėlio koncentracija piečiau Juodkrantės tiek jūros, tiek ir marių krante formuoja vientisą stambesnio smėlio arealą, verčia daryti prielaidą, kad stambiagrūdžio smėlio sandraupos čia galėjo susiklostyti anksčiau, gal net formuojantis nerijai. V. Katino (1983) duomenimis, Litorinos metu ties Juodkrante buvo įlanka, nuo jūros atitverta povandeninių gūbrių. Vėliau, Litorinos jūros regresijos laikotarpiu, spėjama, ties Juodkrante buvus properšai tarp pietinės nerijos dalies ir salos šiaurėje (Kabailienė, 1967). Be to, M. Kabailienės darbų Kuršių marių grėžinių schemose matome, kad piečiau Juodkrantės, marių dugne, maždaug 8–20 m gylyje, aptikti žvyringo smėlio sluoksniai. Pastarųjų tiek šiauriau, tiek ir piečiau šios vietos nebuvo nustatyta (Kabailienė, 1997). Kad stambiagrūdžio smėlio sandraupos čia nėra naujas reiškinys, rodo ir tai, kad XIX a. Kuršių nerijos kopagūbris buvo formuojamas maždaug iki 3 m aukščio (Gudelis, 1998). Vėliau jis augo savaimė akumuliuojantis smulkiagrūdžiam smėliui. Kopagūbris ties Juodkrantės gyvenvietėje taip ir liko žemas, nes nebuvo pakankamai daug smulkiagrūdžio smėlio, iš kurio būtų galėjęs jis formuotis. Stambiagrūdis smėlis, sunkiai pernešamas vėjo, kopagūbrio statyboje praktiškai nedalyvauja. Tad galima teigti, kad ši nustatyta anomalija nėra naujai atsiradęs laikinas reiškinys. Negalima ir vienareikšmiškai teigti, kad tai praeityje

susiformavusi anomalija, nepavaldi šiuolaikiniams hidrodinaminiais procesams. Visų pirma anksčiau darbuose (Gudelis, 1988) teigiama, kad nerija formavosi toliau nei 2 km į vakarus nuo šiuolaikinės kranto linijos. Be to, gręžiniuose aptikti gargždingi sluoksniai yra pakankamai giliai ir neaišku, kaip jie galėtų dalyvauti šiuolaikinėje smėlio apykaitoje. Kita vertus, paleogeografiniai Kuršių nerijos formavimosi aspektai nėra visiškai atskleisti. Tačiau vienareikšmiškai šios anomalijos paaiškinti hidrodinaminiais procesais taip pat negalima, kadangi tai sunku susieti su išilginio priekrantės nešmenų srauto egzistavimu. Nelabai aišku, kodėl išilgai kranto keliaujančios smulkaus smėlio masės neužglaisto čia esančių stambaus smėlio sancaupų. Geriausias pavyzdys – smėlio akumuliacija, praslinkus „Anatolijaus“ uraganui 1999 m. pabaigoje. Per šią ekstremalią audrą kranto atkarpa ties Juodkrante didesnės ardos nepatyrė, o po jos šioje kranto atkarpoje suintensyvėjo smėlio akumuliacija. Iš gretimų kranto ruožų buvo sunešti dideli kiekiai smulkiagrūdžio smėlio (Žilinskas ir kt., 2000). Paplūdimys paplatėjo 20 m, o jame buvo akumuliuota  $36 \text{ m}^3/\text{m}$  smulkiagrūdžio smėlio. Nepaisant to, jau 2004 m. paplūdimio plotis vėl susiaurėjo iki šioje vietoje būdingų 25–35 m, o jo paviršių dengęs smulkiagrūdis smėlis „užleido vietą“ stambesniai smėliui. Vertėtų pažymėti, kad minimo išilginio nešmenų srauto dinamika taip pat dar nėra visiškai aiški. Skirtingų autorių darbuose, remiantis įvairiais tyrimų metodais, šis srautas interpretuojamas nevienodai. Šalia ištisinio srauto, nukreipto iš pietų į šiaurę, teorijos (Knaps, 1966; Žaromskis, Gulbinskas, 2010), yra darbų, kuriuose teigiama, kad šis srautas skirtingais metais nėra pastovus. Dažnai šiaurinėje Kuršių nerijos dalyje formuojasi pietų krypties srautai, kurie ties centrine nerijos dalimi (šiauriau Nidos), sutinkant priešpriešinį srautą, formuoja divergencijos zoną, sutampančią su didžiausia smėlio akumuliacijos zona (Kirlys, 1971; Gudelis ir kt., 1977; Viška, Soomere, 2013). Taigi, kol kas nėra patikimų duomenų, leidžiančių pagrįstai įvardyti priežastis (nulėmusias stambiaagrūdžio smėlio sancaupų specifinį paplūdimio ir kopagūbrio morfometrinių rodiklių komplekso susiformavimą pietinėje Juodkrantėje), atsiradimą. Šią anomaliją galėjo lemti kelios priežastys: tiek nerijos formavimosi metu vykę procesai, tiek ir šiuolaikiniai hidrodinaminiai ypatumai.

## APIBENDRINIMAS

Kuršių nerijos jūros kranto morfologinė įvairovė glaudžiai susijusi su paplūdimius formuojančio smėlio kiekiu ir jo granulimetrine sudėtimi. Didėjant smėlio kiekiui ir smulkėjant smėliui, formuojasi platesni paplūdimiai bei aukštesnis kopagūbris, o mažėjant smėlio kiekiui bei jam stambėjant, formuojasi siauri, bet statūs paplūdimiai ir žemas kopagūbris. Kadangi nerija formavosi nuosekliai pernešant smėlį iš pietų į šiaurę, kraštovaizdį sudarančių morfologinių elementų rodikliai taip pat kinta nuosekliai. Šioje nuosekloje eigoje išsiskiria du kranto ruožai. Jų morfologinių rodiklių standartizuotos reikšmės apibūdinamos kaip išskirtys, kontrastuojančios su likusiomis Kuršių nerijos jūros kranto morfologinių rodiklių reikšmėmis. Šie ruožai, apibūdinami kaip morfologinės anomalijos, nustatytos ties Kopgaliu bei piečiau Juodkrantės gyvenvietės, ir išlaikantys savo specifines savybes laiko atžvilgiu. Kopgalio 150–200 m kranto atkarpa, besiribojanti su Klaipeidos uosto pietiniu molu, išsiskiria labai plačiais bei lėkštais paplūdimiais, formuojamais specifinių hidrodinaminių sąlygų, susidariusių pastačius uosto molus. Juodkrantės 2–3 km atkarpa išsiskiria nebūdingomis stambaus 0,4–0,63 mm frakcijos smėlio sancaupomis, dėl ko čia susidaro siauri bei statūs paplūdimiai bei žemas, mažai smėlio atsargų turintis, kopagūbris. Šios morfologinės anomalijos, formuojančios specifinį kraštovaizdį piečiau Juodkrantės gyvenvietės, atsiradimo priežastys nėra dar aiškios, tačiau tai galėjo lemti tiek nerijos formavimosi ypatumai, tiek ir šiuolaikinės hidrodinaminės sąlygos. Kol kas dėl duomenų trūkumo negalima tiksliai atsakyti į šį klausimą.

## PADĖKA

Tyrimą remia Lietuvos mokslo taryba (projektas MIP-039/2014).

Gauta 2014 10 31  
Priimta 2015 01 07

## LITERATŪRA

1. Bascom W. H. 1951. The relationship between sand size and beach face slope. *Eos, Transactions American Geophysical Union*. 32: 866–874.



2. Bitinas A., Aleksa P., Damušytė A., Gulbinskas S., Jarmalavičius D., Kuzavinis M., Minkevičius V., Pupienis D., Trimonis E., Šečkus R., Žaromskis R., Žilinskas G. 2004. *Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinis atlasas*. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba.
3. Carter R. W. G., Johnston T. W., McKenna J., Orford J. D. 1987. Sea level, sediment supply and coastal changes: examples from the coast of Ireland. *Progress in Oceanography*. 18(1–4): 79–101.
4. Cooper J. A. G., Navas F. 2004. Natural bathymetric change as a control on century-scale shoreline behavior. *Geology*. 32(6): 513–516.
5. Čekanavičius V., Murauskas G. 2000. *Statistika ir jos taikymas*. I. Vilnius: TEV.
6. Gudelis V., Kirlys V., Močiakienė S. 1977. Dinamika i rezhim Vostochno-Baltiyskogo vdol' beregovogo potoka nanosov u beregov peresypi Kurshiu neriya po dannym 1965–1974. *Lietuvos TSR MA darbai, B serija*. 4(101): 123–127.
7. Gudelis V. 1998. *Lietuvos įjūris ir pajūris*. Vilnius: Lietuvos mokslas.
8. Guillén J., Stive M. J. F., Capobianco M. 1999. Shoreline evolution of the Holland coast on a decadal scale. *Earth Surface Processess and Landforms*. 24: 517–536.
9. Healy T. 1996. Sea level rise and impact on near-shore sedimentation: an overview. *Geologische Rundschau*. 85(3): 546–553.
10. Honeycutt M. R., Krantz D. 2003. Influence of the geologic framework on spatial variability in long-term shoreline change, Cape Henlopen to Rehoboth Beach, Delavare. *Journal of Coastal Research*. SI 38: 147–167.
11. Jarmalavičius D. 2012. Kompleksiškumas Kuršių nerijos Lietuvos dalies kranto sistemoje. *Geografijos metraštis*. 45: 17–28.
12. Jarmalavičius D., Žilinskas G. 1997. Ryšiai tarp jūros kranto morfolitologinių parametrų. *Geografijos metraštis*. 30: 79–91.
13. Jarmalavičius D., Žilinskas G. 2006. Peculiarities of sand sorting on the Lithuanian coast of the Baltic Sea. *Geologija*. 56: 36–42.
14. Kabailienė M. 1967. The development of the Kuršių Nerijos Spit and the Kuršių Marios Lagoon. *Proceedings of the Institute of Geology*. 5: 181–207.
15. Kabailienė M. 1997. Kuršių Nerija Spit and Kuršių Marios Lagoon: geological structure, origin and development during Late Glacial and Holocene. *Proceedings of the Fifth Marine Geological Conference*. Institute of Geology, Vilnius. 134–142.
16. Katinas V. 1983. *Baltijos gintaras*. Vilnius: Mokslas.
17. Kirly V. 1971. Nekotorie osobenosti dinamiki morskich beregov peresipi Kuršių Nerija. *Lietuvos TSR Mokslų akademijos darbai, B serija*. 4(67): 211–225.
18. Kirlys V., Stauskaitė R. 1982. Kuršių marių šiaurės vakarinės kranto zonos smėlio nešmenų granulometrinė ir mineraloginė sudėtis ir pasiskirstymas. *Geografijos metraštis*. 20: 113–122.
19. Knaps R. 1966. Peremeshchenie nanosov u beregov vostochnoy Baltiki. Iš: *Razvitie morskich beregov v usloviyach kolebatel'nych dvizheniy zemnoy kory*. Tallin: Valgus.
20. Pupienis D., Buynevich I. V., Jarmalavičius D., Žilinskas G., Fedorovič J. 2013. Regional distribution of heavy-mineral concentrations along the Curonian Spit coast of Lithuania. *Journal of Coastal Research*. SI65: 1844–1849.
21. Riggs S. R., Cleary W. J., Snyder S. W. 1995. Influence of inherited geologic framework on barrier shore face morphology and dynamics. *Marine Geology*. 126: 213–234.
22. Short A. D., Hesp P. A. 1982. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*. 48: 259–284.
23. Short A. D. 1988. Wave, beach, foredune, and mobile dune interactions in southeast Australia. *Journal of Coastal Research*. Special Issue 3: 5–9.
24. Storms J. E. A., Weltje G. J., van Dijke J. J., Geel C. R., Kroonenberg S. B. 2002. Process-response modeling of wave-dominated coastal systems: simulating evolution and stratigraphy on geological time scales. *Journal of Sedimentary Research*. 72(2): 226–239.
25. Thom B. G. 1984. Transgressive and regressive stratigraphies of coastal sand barriers in Southern Australia. *Marine Geology*. 56: 137–158.
26. Viška M., Soomere T. 2013. Simulated and observed reversals of wave-driven alongshore sediment transport at the eastern Baltic Sea coast. *Baltica*. 26(2): 145–156.
27. Žaromskis R., Gulbinskas S. 2010. Main patterns of coastal zone development of the Curonian Spit, Lithuania. *Baltica*. 23(2): 149–156.
28. Žilinskas G., Jarmalavičius D. 2007. Interrelation of morphometric parameters of the submarine shore slope of the Curonian Spit, Lithuania. *Baltica*. 20(1–2): 46–52.
29. Žilinskas G., Jarmalavičius D., Kulvičienė G. 2000. Uragano „Anatolijus“ padariniai Lietuvos jūriniam krante. *Geografijos metraštis*. 33: 191–206.

Darius Jarmalavičius, Donatas Pupienis,  
Gintautas Žilinskas, Julija Fedorovič

## IDENTIFICATION OF THE MORPHOLITOLOGICAL ANOMALIES IN CURONIAN SPIT SEA COAST

### *S u m m a r y*

Sand spit is the geosystem formed by longshore sediment transport. Its describing morphological and lithological indices generally change continuously. In such systems morphological and lithological anomalies, places where continuity condition is broken, occur quite frequently. Spatio-temporal identification of morphological and lithological anomalies allows not only to evaluate and reconstruct paleogeographic and paleoclimatic conditions but also to identify and assess the contemporary dynamic characteristics of the geosystem as well as to predict potential for their future development.

The main aim of this article is to identify morpholithological anomalies, to determine their properties, dynamics and potential cause of formation. On the basis of 1993, 2011, and 2014 data, indicators of sand granulometric composition were determined. Sand samples were collected every 500 m in the middle of the beach, foredune toe and foredune western slope. To determine the distribution of sand fractions and to calculate the mean sand grain diameter, the sand samples were mechanically sieved. In the analysis, the following morphological features were used: beach width, beach slope,

relative height of foredune, and sand volume of foredune. To avoid random fluctuation, morphological indices were averaged over a period of 11 years (from 2004 to 2014). Morphological indices were determined in 29 places along the shore. Statistical sequences (series) of all indicators were standardized. Two zones identified during the investigation, i. e. near Koptgalis and the southern part of the Juodkrantė settlement, were characterised as morpholithological anomalies and have retained their specific properties in respect of time. The coastal zone (150–200 m) near the Koptgalis, adjacent to the Klaipėda port jetty, stands out by its extremely wide beaches with a very gentle slope, which have been formed by hydrodynamic conditions affected by the port jetty construction. The coastal zone extending 2–3 km southward from the Juodkrantė settlement is characterised by an unusual sand granulometric composition, consisting of the 0.4–0.63 mm sand fraction, which forms narrow and steep beaches with low foredune. The cause of the morpholithologic anomalies forming specific landscape southward from the Juodkrantė settlement is still not clear. Two causes may be considered, i. e. paleogeographic patterns of the spit development and hydrodynamic conditions. The genesis of the anomalies cannot be found out due to the lack of data. Investigation of morphological anomalies allows to identify specific hydrodynamic features of a certain coastal zone as well as paleogeographic environment.

**Key words:** sea coast, coastal dynamics, Curonian Spit, morpholithological anomalies