

GAMTINIŲ VEIKSNIŲ IR ŽMOGAUS VEIKLOS ĮTAKA JŪROS KRANTO DINAMIKAI. BALTIJOS JŪRA, LIETUVA

Darius Jarmalavičius, Gintautas Žilinskas, Donatas Pupienis,
Viktoras Karaliūnas, Rasa Janušaitė

Gamtos tyrimų centro Geoaplinkos tyrimų laboratorija,

Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius

El. paštas: darius.jarmalavicius@gamtc.lt

DOI: <https://doi.org/10.5200/GM.2020.1>

Jarmalavičius D., Žilinskas G., Pupienis D., Karaliūnas V., Janušaitė R. NATURAL AND HUMAN CONTROL OF THE COASTAL DEVELOPMENT. BALTIC SEA, LITHUANIA. *Geografijos metraštis*, 53, 2020.

Abstract. At present, the problem of coastal erosion is increasingly coming to the fore. Rising sea level and intensification of extreme storms are often cited as the main causes of this disturbance. On the other hand, human activity is increasing in coastal areas through the construction and expansion of ports and the development of recreational infrastructure. The purpose of this article is to determine, on the basis of studies on the coast of the Baltic Sea off Lithuania, the impact on shore dynamics of natural (sea level fluctuations and extreme storms) and anthropogenic (construction of hydro-technical structures) factors. The work used sea level and extreme storm data from the Lithuanian Hydrometeorological Service. Data on shoreline position and change in sediments volume from 2002 to 2020 were also used based on direct measurements. The 20th century changes in the position of the shoreline were assessed in 1910 and 2005 maps. Analysis of the results of the studies showed that during the 20th century and the 21st century the beginning of the largest shoreline erosion took place not because of sea level rise and not even because of the effects of extreme storms, but because of human activity in the construction and renovation of Klaipėda and Šventoji ports jetties and Palanga pier.

References 24. Figs 8. In Lithuanian, summary in English.

Keywords: coastal geomorphology, coastal erosion, Baltic Sea, Lithuania.

Įvadas

Pastaruoju metu klimato kaitos tema tampa kertine nagrinėjant ardos procesų suintensyvėjimą jūrų krantuose (Masselink, Russel, 2013). Pagrindiniais veiksniais, lemsiančiais krantų ardos spartėjimą ateityje, įvardijami Pasaulinio vandenyno lygio kilimas ir dažnėjančios ekstremalios audros (Alpar, 2009; Brunel, Sabatier, 2009; Nicholls, Cazenave, 2010). Stabdant didėjančią krantų ardą dažnai pasitelkiamos inžinerinės krantų tvirtinimo priemonės (Nordstrom, 2014). Tačiau ilga krantų tvirtinimo istorija parodė, kad tai reikiamo rezultato neduoda (Charlier, Chaineux ir kt., 2005). Neretai net pats krantų tvirtinimas paskatina ardos procesus (Grigs, Tait, 1988; Jackson, 2012; Jackson, Bush ir kt., 2012; Rangel-Buitrago, Williams ir kt., 2018). Todėl, vertinant jos apimtis bei galimas priemones jai neutralizuoti, svarbu įvertinti, kiek krantų ardą lemia natūralūs procesai, susiję su klimato kaita, bei kiek tai lemia žmogaus ūkinė veikla krante. Nors pastarųjų procesų įtaka neretai persipina ir sunku griežtai atiboti vieną nuo kito (Martinez, Landgrave ir kt., 2019), tačiau vertinant skirtingos krantonaudos atkarpas galima identifikuoti įvairių procesų nulemtus pokyčius. Šiuo atveju tiesioginiai geomorfologiniai kranto tyrimai sukuria prielaidas objektyviai įvertinti kranto kaitos

tendencijas kintant aplinkos sąlygoms. Šio straipsnio tikslas – nustatyti, kiek Baltijos jūros Lietuvos krantų dinamikai reikšmingi natūralūs, gamtiniai, procesai ir kiek žmogaus ūkinė veikla; įvertinti, kuris veiksnys turėjo lemiamos reikšmės krantų pokyčiams XX a. laikotarpiu.

Metodika

Tyrimai apėmė visą Baltijos jūros Lietuvai priklausančią kranto atkarpą. Kadangi jūros krantas nėra vienalytis, atskirai buvo vertinamos žemyno kranto ir Kuršių nerijos kranto atkarpos. Geodinaminės kranto tendencijos buvo nustatomos remiantis pakartotinės skersinio kranto niveliacijos duomenimis. Kranto niveliacijos darbai buvo atliekami nuo 2002 m. kiekvienų metų pavasarį, nusistovėjus santykinai ramiems orams. Žemyno krante matavimai buvo vykdomi 41 stacionariai įrengtame kranto poste, o Kuršių nerijoje – 29. Žemyno krante suformuotas tankesnis matavimo postų tinklas dėl didesnės kranto geomorfologinės įvairovės. Čia atstumas tarp postų vidutiniškai siekė apie 1 km, tuo tarpu Kuršių nerijos krante, kur kranto morfologija yra gana vienalytė, vidutinis atstumas tarp postų siekė apie 2 km. Remiantis kartotinės niveliacijos duomenimis, buvo įvertintas kranto linijos padėties pokytis (m) bei birių sąnašų kiekio (m^3/m) pokytis tarp gretimų metų. Šie du rodikliai ir buvo naudojami kranto geodinaminėms tendencijoms apibūdinti. Daugiamečiai kranto linijos padėties ir birių sąnašų kaitos tendencijos buvo apskaičiuoti taikant linijinės regresijos statistinės analizės metodą. Siekiant įvertinti tendencijų statistinį patikimumą buvo apskaičiuota standartinė regresijos paklaida bei patikimumo lygmuo (p). Vertinant ilgesnės kranto atkarpos pokyčius atskirų profilių duomenys buvo suvidurkinti atsižvelgiant į atstumą tarp jų.

Darbe taip pat buvo panaudoti Klaipėdos uosto jūros lygio bei vėjo greičio ir krypties duomenys iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos archyvų.

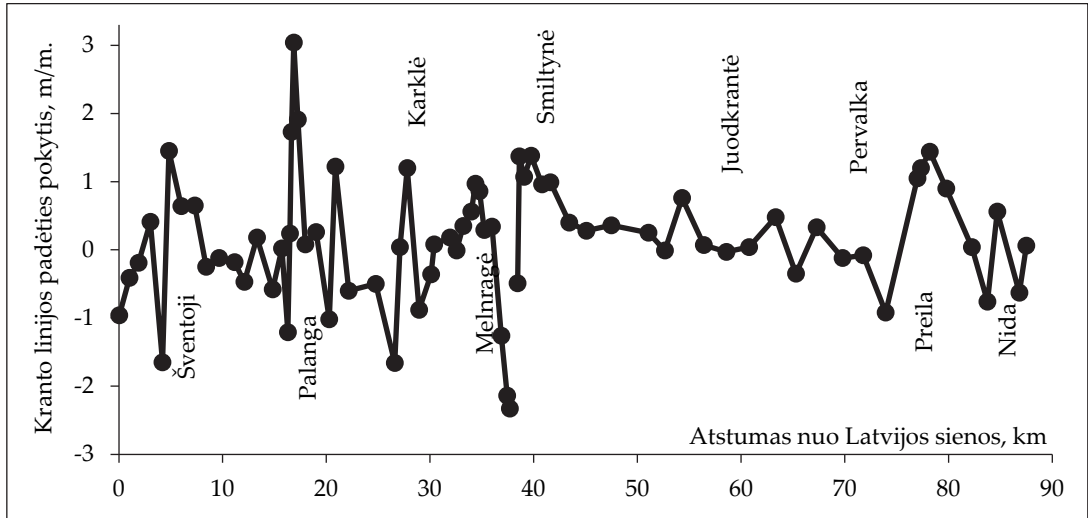
Rezultatai

Kranto geomorfologinių rodiklių kaita 2002–2020 m.

Analizuojant kranto linijos padėties pokyčius 2002–2020 m., matoma netolygi kaita įvairiose kranto atkarpose (1 pav.).

Didžiausia kranto linijos padėties kaitos įvairove pasižymėjo žemyno krantas (1 pav.). Čia jis sparčiausiai traukėsi ties Melnrage I (2,3 m per metus), šiauriau Šventosios (1,6 m per metus), Šaipių morenos klifų kranto ruože (1,6 m per metus) ir tarp Palangos pirsu bei Rąžės upės (1,2 m per metus). Sparčiausiai kranto linija slinkosi į jūrą piečiau Šventosios (1,4 m per metus) ir ties Nemirseta bei Karkle (1,2 m per metus). Pažymėtina, kad kranto linijos poslinkis į jūrą piečiau Palangos pirsu (3,0 m per metus) sietinas su sąnašų papildymu atvežtiniu smėliu, o ne nulemtas natūralių procesų. Vidutiniškai visame žemyno krante kranto linija traukėsi sausumos link $0,36 \pm 0,12$ m ($p < 0,05$) per metus greičiu.

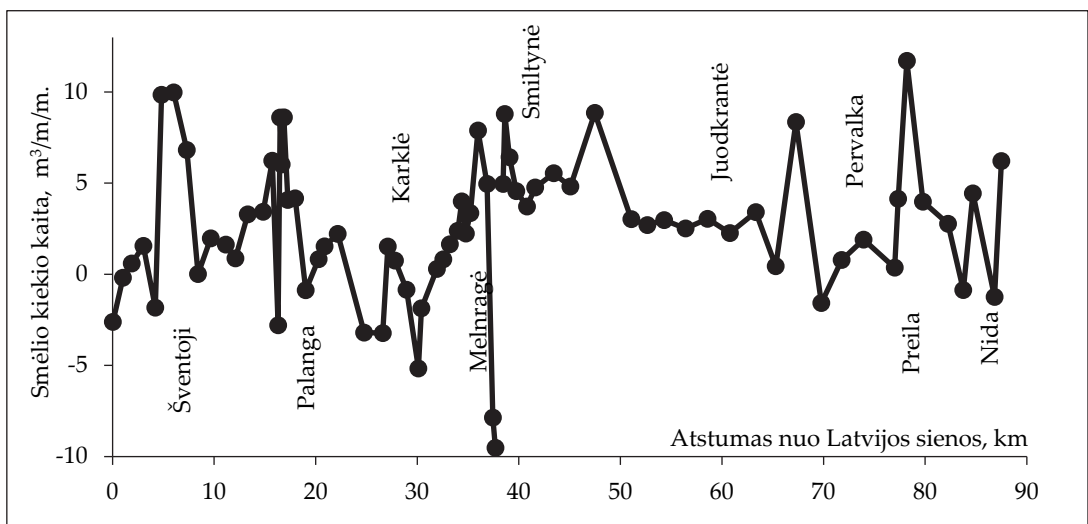
Kuršių nerijos krante šie pokyčiai buvo kur kas mažesni. Kranto linijos atsitraukimas stebėtas tik siaurose kranto atkarpose tarp Nidos ir Pervalkos (0,6–0,9 m per metus). Sparčiausiai kranto linija slinkosi į jūrą Smiltynės–Alksnynės kranto ruože bei piečiau Preilos (1,4 m per metus). Likusioje Kuršių nerijos kranto dalyje kranto linijos padėtis kito mažai (1 pav.). Vidutiniškai visame Kuršių nerijos krante kranto linija slinkosi į jūrą $0,22 \pm 0,17$ m ($p > 0,05$) per metus greičiu.



1 pav. Kranto linijos padėties kaitos tempai (m/m.) 2002–2020 m.

Fig. 1. Changes in coastline position (m/yr) in 2002–2020

Dar ryškesni skirtumai stebimi smėlio kiekio kaitoje įvairiuose kranto ruožuose (2 pav.). Žemyno krante didžiausios birių sąnašų kiekio netektys fiksuotos Melnragėje I ($9,5 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus), morenos klifų ruože ties Olando Kepure ($5,2 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus), šiauriau Palangos pirsu ($2,8 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus) bei šiauriau Šventosios uosto ($1,8\text{--}2,6 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus). Sparčiausias birių sąnašų kaupimasis 2002–2020 m. laikotarpiu žemyno krante vyko piečiau Šventosios uosto molo ($10,0 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus) ir Melnragės II–Girulių kranto atkarpoje ($7,9 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus). Kranto sąnašų didėjimo tendencija piečiau Palangos pirsu ($8,6 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus) nulemta dirbtinio smėlio papildymo, o ne natūralių procesų. Vidutiniškai visame žemyno krante 2002–2020 m. laikotarpiu stebima nedidelė smėlio kiekio didėjimo ($1,15 \pm 0,24 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus, $p < 0,05$) tendencija.



2 pav. Birių sąnašų kiekio kaitos tempai (m^3/m per metus) 2002–2020 m.

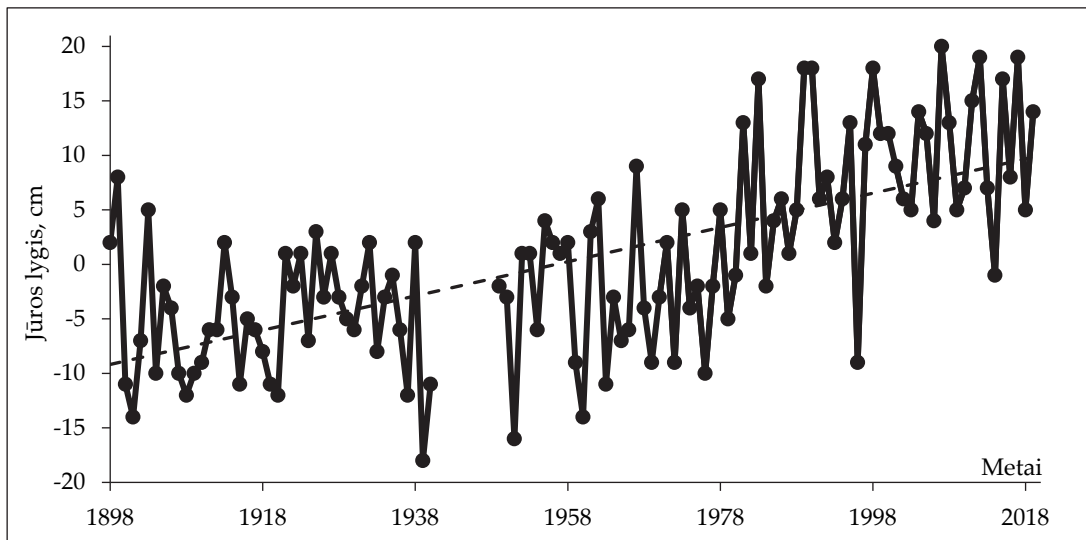
Fig. 2. Changes in sand volume ($\text{m}^3/\text{m/yr}$) in 2002–2020

Kuršių nerijos krante 2002–2020 m. vyravo akumuliaciniai procesai. Sparčiausiai smėlis kaupėsi Smiltynės–Alksnynės kranto ruože ($8,9 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus) bei trumpose kranto atkarpose tarp Nidos ir Juodkrantės ($8,4\text{--}11,7 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus). Smėlio kiekio mažėjimas iki $1,6 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus buvo stebėtas trumpose kranto atkarpėlose tarp Nidos ir Juodkrantės (2 pav.). Vidutiniškai visame Kuršių nerijos krante 2002–2020 m. laikotarpiu stebima nedidelė smėlio kiekio didėjimo ($3,01 \pm 0,28 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus, $p < 0,05$) tendencija.

Jūros lygio svyravimų poveikis kranto geodinaminėms tendencijoms

Stebint daugiametę jūros lygio ties Klaipėda eigą nuo 1898 m. matoma, kad jūros lygis ties Lietuvos krantais turi kilimo tendenciją (3 pav.). Tačiau ši kilimo tendencija nėra tolygi. Per visą 1898–2020 m. laikotarpį jūros lygis kilo $1,6 \text{ mm}/\text{m}$. greičiu. Tuo tarpu 1970–2000 m. laikotarpiu buvo fiksuotas jūros lygio kilimo paspartėjimas, siekęs $5 \text{ mm}/\text{m}$. greitį. Tačiau to negalima sieti su jūros lygio kilimo greitėjimu, nulemtu šylančio klimato, kadangi nuo XX a. pabaigos jūros lygio kilimo tendencija vėl sulėtėjo priartėdamas prie daugiamečio (pastaruosius 20 metų jis kyla vidutiniškai $1,6 \text{ mm}/\text{m}$. greičiu).

Vertinant, kaip jūros lygio kilimas galėtų sukelti kranto pokyčius, reikėtų pastebėti, kad krantas nėra statiška sistema, kuri pasyviai elgiasi lygio kilimo fone. Krantas nuolat kinta prisitaikydamas prie kintančių sąlygų. Paprastai ši kaita yra nukreipta kranto stabilumui išlaikyti. Todėl kranto kaitos dėl kylančio lygio vertinimas nėra vienareikšmis. Neretai sukurti kranto ardos dėl kylančio lygio modeliai (Bruun, 1962; Bruun, 1988; Bruun, Schwartz, 1985) prabėgus kuriam laikui atmetami kaip nepagrįsti (Cooper, Pilkey, 2004; Davidson-Arnott, 2005). Šiame fone geomorfologiniai kranto tyrimai tampa itin reikšmingi bandant įvertinti kranto kaitos tendencijas kylant jūros lygiui.



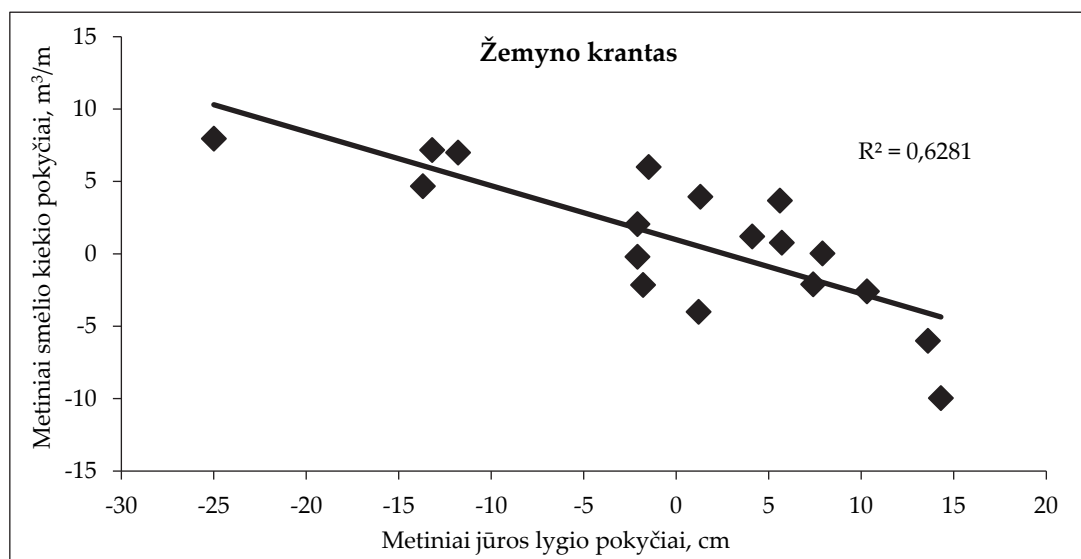
3 pav. Jūros lygio kaita Klaipėdoje

Fig. 3. Changes in sea level from Klaipėda gauge station

Siekiant nustatyti jūros lygio pokyčio įtaką kranto vystymuisi buvo analizuota priklausomybė tarp jūros lygio ir sąnašų kiekio vidutinių metinių pokyčių tarp gretimų metų.

Reikėtų pažymėti, kad šis būdas turi trūkumų, kadangi, vertinant metinius jūros lygio pokyčius trumpoje laiko skalėje, jūros lygio metų vidurkio dedamojoje didelę dalį sudaro svyravimai, sukelti cikloninės veiklos. Kuo dažnesni gilūs ciklonai, tuo dažniau siaučia stiprūs vėjai, fiksuojamos aukštesnės bangos ir aukštesnis sukiamas jūros lygis. Taigi šiuo atveju smėlio kiekio metinėje kaitoje didelę reikšmę turi meteorologinės sąlygos. Tačiau griežtai atskirti eustatinio Pasaulinio vandenyno lygio kilimo įtaką nuo padažnėjusios cikloninės veiklos įtakos negalima, todėl sudaryti ryšio grafikai daugiau atspindi bendrą tendenciją. Kita vertus, šiuo atveju svarbiau yra bendra lygio pokyčio įtaka kranto dinamikai nedetalizuojant, kokios priežastys lėmė šį svyravimą.

Analizuojant, kaip kito smėlio kiekis priklausomai nuo jūros lygio pokyčio tarp gretimų metų, matoma atvirkštinė priklausomybė (4 pav.). Jūros lygiui pakilus, krantas praranda tam tikrą sąnašų kiekį. Tačiau čia reikėtų atkreipti dėmesį, kad ryšio kreivė neina per grafiko ašių 0, bet kiek aukščiau jo. Taip pat ir į tai, kad dalis taškų, patenkančių į jūros lygio pakilimo sektorių, tuo pat metu priklauso smėlio kiekio padidėjimo krante sektoriui. Peršasi mintis, kad tik ženklus (daugiau kaip 10 cm) jūros lygio pokytis turi reikšmingos įtakos kranto pokyčiams. Tuo tarpu nedidelis jūros lygio pakilimas (iki 3 cm) reikšmingesnių pokyčių krante nesukelia.

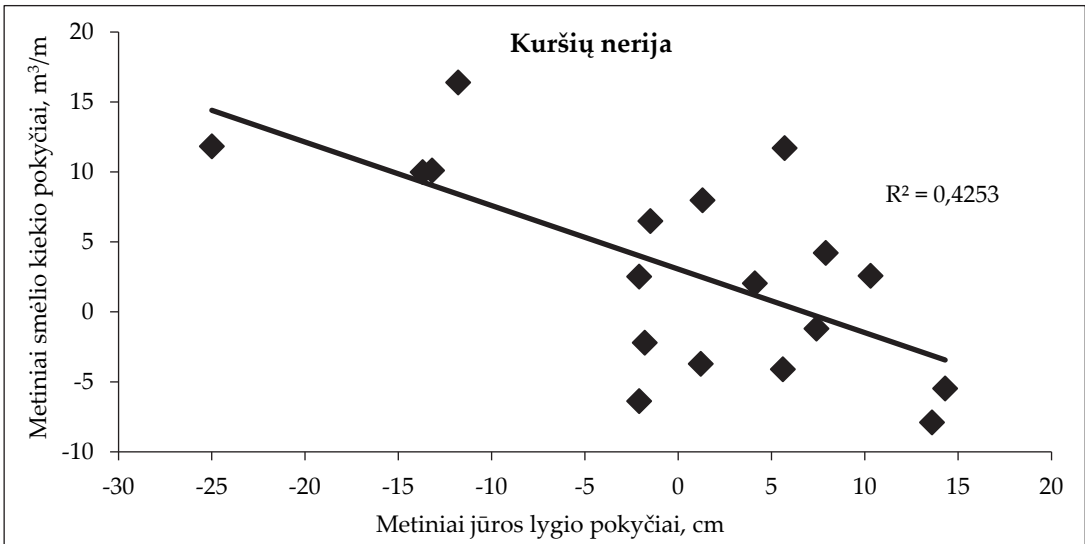


4 pav. Priklausomybė tarp metinių jūros lygio svyravimų ir birių sąnašų kiekio kaitos žemyno krante
Fig. 4. Correlation between yearly variations in sea level and subaerial beach volume in the mainland coast

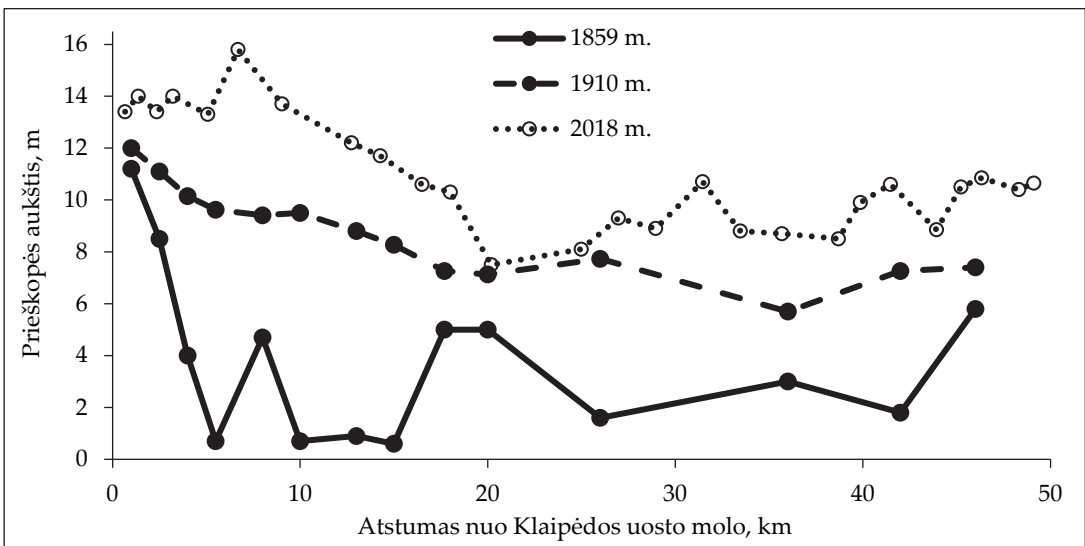
Dar akivaizdžiau tai matoma Kuršių nerijos krante (5 pav.). Stebint jūros lygio kaitos įtaką kranto sąnašų kiekio pokyčiui, matoma, kad net iki 7 cm jūros lygio pakilimas nesukelia reikšmingų pokyčių krante. Reikia pastebėti, kad šiuo atveju reikšmingu veiksniu tampa birių sąnašų kiekis priekrantėje ir krante. Dideli birių sąnašų kiekiai priekrantėje ir krante gali paskatinti akumuliacinius procesus net nedidelio jūros lygio kilimo fone (Jarmalavičius ir kt., 2017).

Nedidelio lygio kilimo poveikį krantui galima pailiustruoti remiantis XIX a. pabaigos – XX a. pradžios vokiečių mokslininkų matavimais, atliktais Kuršių nerijos jūros krante (Musset, 1916). Iš 6 pav. pateiktų prieškopijų aukščio kaitos kreivių matoma, kad per visą XX a.

prieškopių aukštis visoje Lietuvai priklausančioje Kuršių nerijos dalyje nuosekliai didėjo, nepaisant to, kad tuo pat metu vyko lėtas jūros lygio kilimas. Taigi šiuo atveju kylantis jūros lygis nesukėlė ardos procesų krante.



5 pav. Priklausomybė tarp metinių jūros lygio svyravimų ir birių sąnašų kiekio kaitos Kuršių nerijos krante
 Fig. 5. Correlation between yearly variations in sea level and subaerial beach volume in the Curonian Spit coast

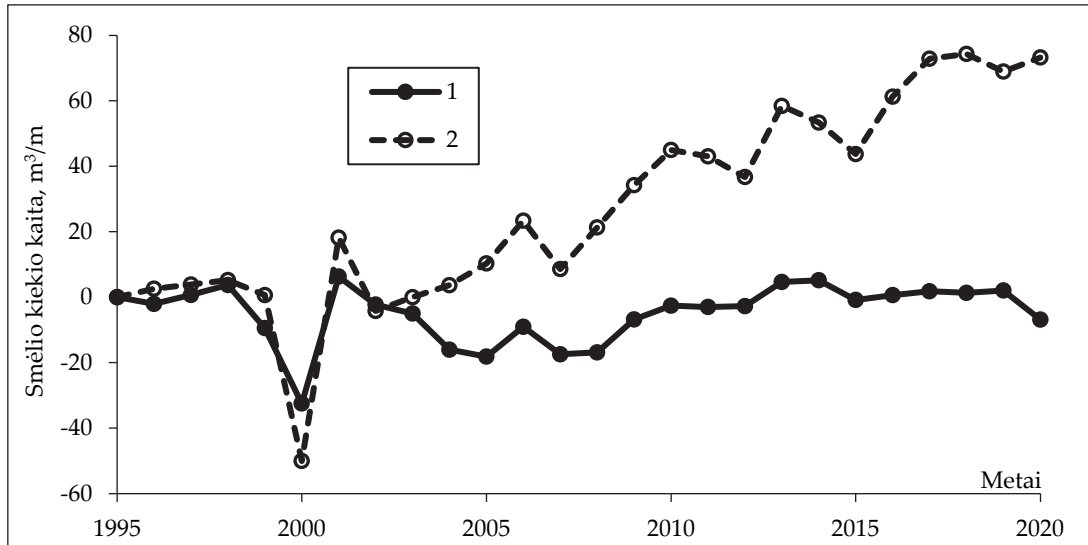


6 pav. Prieškopių aukščio kaita 1859–2018 m.
 Fig. 6. Change in foredune elevation in 1859–2018

Ekstremalių audrų poveikis kranto geodinaminėms tendencijoms

Ekstremalių audrų poveikis buvo vertinamas remiantis keturiomis didžiausią destruktivų poveikį krantui turėjusiomis audromis. 1999 m. gruodžio 4 d. audros Anatolijus metu vyravo PV ir VPV vėjai, gūsiuose siekė 40,5 m/s greitį. Jūros lygis pasiekė 165 cm žymą,

o krantas neteko apie 4,1 mln. m³ birių sąnašų. 2005 m. sausio 8–9 d. praslinkusi audra Ervinas pasižymėjo gūsingais (iki 33,0 m/s) V ir VPV vėjais. Jūros lygis pakilo iki 154 cm. Krantas neteko apie 252 tūkst. m³ birių sąnašų. 2015 m. sausio 11 d. praslinkęs ciklonas Feliksas pasižymėjo gūsingais (iki 32,6 m/s) VPV krypties vėjais. Jūros lygis pakilo iki 137 cm žy mos, o krantas neteko 757,9 tūkst. m³ birių sąnašų. 2020 m. kovo 12 d. ciklono Laura metu vyravo PV ir V krypties vėjai, gūsiuose siekė 36,4 m/s greitį. Jūros lygis pakilo iki 173 cm. Krantas neteko 176,9 tūkst. m³ birių sąnašų.



7 pav. Birių sąnašų kiekio kaita 1995–2020 m. šiauriau (1) ir piečiau (2) Klaipėdos uosto molų

Fig. 7. Change in sand volume north (1) and south (2) of Klaipėda port jetties in 1995–2020

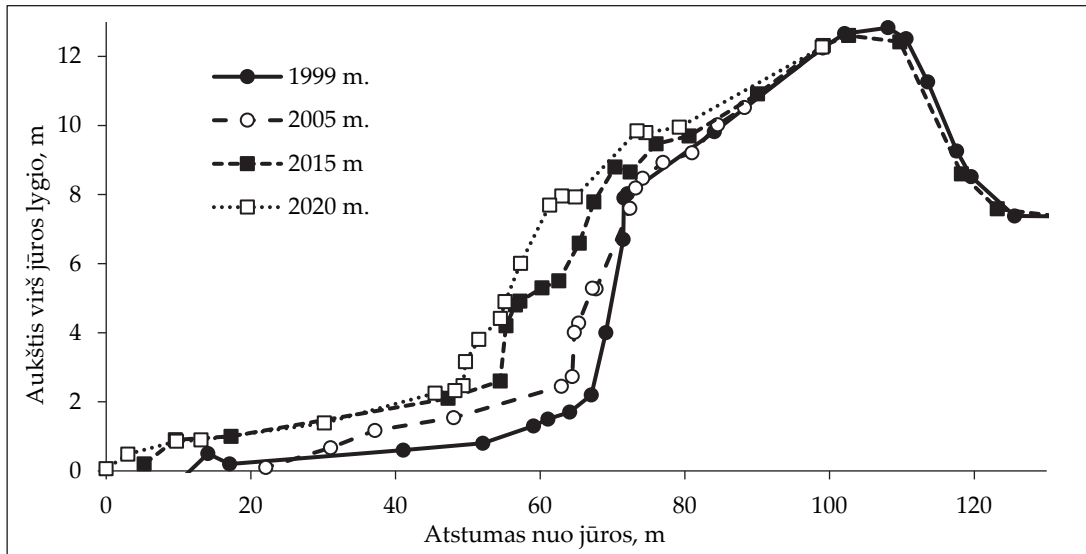
Nepaisant trumpalaikės didelio masto kranto ardų audrų metu, po audros vyravusių santykinai ramių orų laikotarpiu nuplautas smėlis grąžinamas į krantą ir, esant palankioms sąlygoms, gali greitai atkurti savo buvusį profilį. 7 pav. pateikta birių sąnašų kiekio maždaug 5 km atkarpoje abipus Klaipėdos uosto molų kaita. Ryškiausiai matomas 1999 m. Anatolijaus audros neigiamas poveikis. Tačiau po metų birių sąnašų kiekis krante pasiekė iki audros buvusį lygį. Kitos audros tokių reikšmingų pokyčių nesukėlė, tačiau matoma, kad tai daugiametės birių sąnašų kaitos tendencijos nepakeičia (7 pav.).

Dar akivaizdžiau tą galima stebėti skersinio kranto profilio ties Smiltyne kaitoje (8 pav.). Kiekvienos anksčiau minėtos audros metu buvo nuardyti tiek paplūdimys, tiek ir kopagūbris, tačiau daugiametėje skersinio profilio kaitoje šie nuostoliai nepakeičia vyraujančių akumuliacinių tendencijų. Nuo XX a. pabaigos čia stebima birių sąnašų kiekio didėjimo tendencija bei nuolatinis kranto linijos padėties slinkimasis į jūrą (8 pav.).

Žmogaus poveikis kranto geodinaminėms tendencijoms

Vertinant kranto linijos padėties kaitą XX a., buvo palygintas 1910 m. žemėlapis su 2013 m. daryta aerofotografine nuotrauka. Didžiausi kranto linijos padėties pokyčiai užfiksuoti abipus Klaipėdos ir Šventosios uostų bei Palangos pirso. Nustatyta, kad labiausiai kranto linijos padėtis pasislinko jūros link piečiau hidrotechninių statinių, tuo tarpu šiauriau jų –

sausumos link. Per XX a. piečiau inžinerinių statinių kranto linijos padėtis pasislinko į jūrą nuo maždaug 80 m (piečiau Klaipėdos uosto molų) iki maždaug 300 m (piečiau Palangos pirso), o atsitraukė nuo maždaug 90 m (šiauriau Palangos pirso) iki daugiau nei 100 m (šiauriau Šventosios uosto molo). Pastebėtina, kad net ties Šaipių bei Olando Kepurės klifais kranto linijos padėtis nekito taip drastiškai kaip abipus minėtų hidrotechninių statinių.



8 pav. Skersinio kranto profilio kaita ties Smiltynė

Fig. 8. Cross-shore section dynamics near Smiltynė

Įvairūs hidrotechniniai statiniai skirtingai veikia krantų dinamiką, tačiau pagrindinė jų savybė, keičianti kranto dinamiką, yra natūralios smėlio apykaitos tarp jūros ir kranto bei išilgai kranto tarp gretimų ruožų sutrikdymas. Dėl šios priežasties smėlis pasiskirsto netolygiai. Tose vietose, kur trūksta smėlio, suintensyvėja kranto arda, tuo tarpu smėlio kaupimosi vietose įsivysto akumuliaciniai procesai (Komar, 1983). Kadangi ties Lietuvos krantais dėl vyraujančių V ir PV vėjų smėlio pernašos atstojamoji yra nukreipta iš pietų į šiaurę (Viška, Soomere, 2013; Krek ir kt., 2016; Pupienis ir kt., 2017; Žilinskas ir kt., 2018), atsiradusi kliūtis perkerta šį srautą priversdama smėlį kauptis pietinėje molo pusėje. Tuo tarpu šiaurinėje molo pusėje netekęs papildymo, palaikančio stabilumą, krantas ima trauktis.

Dar viena reikšminga priežastis, sukianti kranto įlinkio formavimąsi šiauriau hidrotechninių statinių, – bangų fronto išlinkimas dėl refrakcijos. Kadangi bangos artėdamos link kranto pasisuka statmenai jam, pasiekusios hidrotechninį statinį bangos ties kliūtimi užlinks ta pasisukdamos statmenai ir jam, tokiu būdu bangų frontas išlinksta (Pupienis ir kt., 2013). Krantas dėl išlinkusio bangų fronto taip pat išlinksta. Pastebėtina, kad laikui bėgant krantas dėl atsiradusios kliūtis kinta ir jos sukeltų pokyčių mastai sumažėja.

Apibendrinimas

Jūros krantas – geomorfinė sistema, palaikanti savo stabilumą per smėlio apykaitą tarp atskirų jos elementų. Kintant aplinkos sąlygoms dėl atsirandančių grįžtamųjų ryšių tarp kranto ir išorės veiksnių, krantas transformuojasi į keičiančių veiksnių slopinimo kryptimi

taip išlikdamas stabilios būsenos. Dėl to išorės veiksnių poveikį krantui negalima vertinti remiantis tiesine priklausomybe.

Verta pastebėti ir tai, kad krante vykstantys sankaupos ir ardos procesai yra dvi to paties proceso dedamosios. Kitaip tariant, be ardos nebūna ir sankaupos. Kad ir kaip paradoksaliai skambėtų – tokia akumuliacinė forma kaip paplūdimys yra ardos produktas. Nekintant jūros lygiui ir bangoms neardant kranto audrų metu, paplūdimys apskritai nesiformuoja. Dėl to negalima vienareikšmiškai vertinti jūros lygio svyravimų ir audrų įtakos krantui. Esant palankioms sąlygoms (pakankamam birių sąnašų kiekiui bei mažam priekrantės dugno nuolydžiui) nedidelis jūros lygio kilimas gali net paskatinti akumuliacinius procesus krante. Nesant ekstremalių ilgalaikių gamtinių pokyčių, kranto sistema geba išlikti kvazistabili.

Viskas iš esmės pasikeičia, kai į natūralius procesus įsikiša žmogus. Ypač reikšmingi pokyčiai vyksta pastačius hidrotechninius statinius. Lietuvos krante didžiausi pokyčiai vyko įrengus Klaipėdos ir Šventosios uostų molus bei Palangos pirsą. Kadangi ties Lietuvos krantais smėlio pernašos atstojamoji yra nukreipta iš pietų į šiaurę, atsiradusi kliūtis perkerta šį srautą sutrikdydama laisvą smėlio apykaitą išilgai kranto ir sukurdamą palankias sąlygas smėlio kaupimuisi pietinėje molo pusėje. Tuo tarpu šiaurinėje molo pusėje, netekęs papildymo, krantas ima trauktis. Šiuos pokyčius dar padidina Klaipėdos uosto kanalo gilinimas. Bandytas neutralizuoti neigiamą hidrotechninių statinių poveikį neretai sukuria naujus erozijos židinius gretimuose kranto ruožuose. Kitaip tariant, kranto ardos problemų sprendimas bandant stabilizuoti krantą sukuria naujas problemas.

Taigi, stebint krantų kaitos ypatumus XX a., tenka konstatuoti, kad didžiausią įtaką ardos procesams krante turėjo ne jūros lygio kilimas ir net ne ekstremalios audros, o žmogaus ūkinė veikla statant ir rekonstruojant Klaipėdos bei Šventosios uostų molus ir Palangos pirsą.

Literatūra

- Alpar, B., 2009. Vulnerability of Turkish coasts to accelerated sea-level rise. *Geomorphology* 107, p. 58-63.
- Brunel, C., Sabatier, F., 2009. Potential influence of sea-level rise in controlling shoreline position on the French Mediterranean coast. *Geomorphology* 107, p. 47-57.
- Bruun, P., 1962. Sea level rise as a cause of shore erosion. *Journal of Waterways and Harbours Division* 88(ww1), p. 117-130.
- Bruun, P., Schwartz, M. L., 1985. Analytical predictions of beach profile change in response to a sea level rise. *Zeitschrift für Geomorphologie. Suppl.-Bd.* 57, p. 33-50.
- Bruun, P., 1988. The Bruun rule of erosion by sea level rise: a discussion on large-scale two-and three-dimensional usages. *Journal of Coastal Research* 4(4), p. 627-648.
- Charlier, R. H., Chaineux, M. C. P., Morcos, S., 2005. Panorama of the history of coastal protection. *Journal of Coastal Research* 21(1), p. 79-111.
- Cooper, J. A. G., Pilkey, O. H., 2004. Sea level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. *Global and Planetary Change* 43, p. 157-171.
- Davidson-Arnott, R. G. D., 2005. Conceptual model of the effects of sea level rise on sandy coasts. *Journal of Coastal Research* 21(6), p. 1166-1172.
- Griggs, G. B., Tait, J. F., 1988. The effects of coastal protection structures on beach along Northern Monterey Bay, California. *Journal of Coastal Research* SI 4, p. 93-111.
- Jackson, C. W., Bush, D. M., Neal, W. J., 2012. Documenting beach loss in front of seawalls in Puerto Rico: Pitfalls of engineering a small island nation shore. In: J. A. G. Cooper, O. H. Pilkey (eds.) *Pitfalls of Shoreline Stabilization* (pp. 53-71). Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Jackson, D. W., 2012. Portballintrae Bay, Northern Ireland: 116 years of misplaced management. In: J. A. G. Cooper, O. H. Pilkey (eds.) *Pitfalls of Shoreline Stabilization* (pp. 93-104). Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Pupienis, D., Kriaučiūnienė, J., 2017. Subaerial beach volume change on a decadal time scale: the Lithuanian Baltic Sea coast. *Zeitschrift für Geomorphologie* 61(2), p. 149-158.

- Komar, P. D., 1983. *CRC handbook of coastal processes and erosion* (pp. 316). CRC Press, Incorporated.
- Krek, A., Stont, Z., Ulyanova, M., 2016. *Alongshore bed load transport in the southeastern part of the Baltic Sea under changing hydro meteorological conditions*. *Regional Studies of Marine Science* 7, p. 81–87.
- Martínez, M. L., Landgrave, R., Silva, R., Hesp, P., 2019. Shoreline dynamics and coastal dune stabilization in response to changes in infrastructure and climate. *Journal of Coastal Research* SI 92, p. 6-12.
- Masselink, G., Russel, P., 2013. Impact of climate change on coastal erosion. *Marine Climate Change Impacts Partnership: Science Review* p. 71-86.
- Musset, B., 1916. Untersuchungen über die erfolge der dünenarbeiten auf der Kurischen Nehrung. *Zeitschrift für Bauwesen* 66, p.253-260.
- Nicholls, R. J., Cazenave, A., 2010. Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science* 328, p. 1517-1520.
- Nordstrom, K. F., 2014. Living with shore protection structures: a review. *Estuarine, coastal and shelf science* 150, p. 11-23.
- Pupienis, D., Jonuškaitė, S., Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., 2013. Klaipėda port jetties impact on the Baltic Sea shoreline dynamics, Lithuania. *Journal of Coastal Research* SI65, p. 2167-2172.
- Pupienis, D., Buynevich, I., Ryabchuk, D., Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Fedorovič, J., Kovaleva, O., Sergeev, A., Cichon-Pupienis, A., 2017. Spatial patterns in heavy-mineral concentrations along the Curonian Spit coast, southeastern Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 195, p. 41-50.
- Rangel-Buitrago, N., Williams, A. T., Anfuso, G., 2018. Hard protection structures as a principal coastal erosion management strategy along the Caribbean coast of Colombia. A chronicle of pitfalls. *Ocean & Coastal Management* 156, p. 58-75.
- Viška, M., Soomere, T., 2013. *Simulated and observed reversals of wave-driven alongshore sediment transport at the eastern Baltic Sea coast*. *Baltica* 26, p. 145–156.
- Žilinskas, G., Jarmalavičius, D., Pupienis, D., 2018. The influence of natural and anthropogenic factors on grain size distribution along the southeastern Baltic spits. *Geological Quarterly* 62(2), p. 375-384.

NATURAL AND HUMAN CONTROL OF THE COASTAL DEVELOPMENT. BALTIC SEA, LITHUANIA

**Darius Jarmalavičius, Gintautas Žilinskas, Donatas Pupienis,
Viktoras Karaliūnas, Rasa Janušaitė**

*Nature Research Centre, Laboratory of Geoenvironmental Research,
Akademijos str. 2, LT-08412 Vilnius
E-mail: darius.jarmalavicius@gamtc.lt*

DOI: <https://doi.org/10.5200/GM.2020.1>

Summary

Sea coast - a geomorphic system that maintains its stability through the exchange of sand between its individual elements. As environmental conditions change, the shore system changes by adapting to maintain its stability. Natural processes such as sea level fluctuation and extreme storms cause continuous shoreline change. Feedback effects create natural elements inhibiting external factors altering shore stability. There is a relative equilibrium between natural factors and the shore and in the absence of sudden changes the shore system retains its quasi-stability over a long period of time. This is reflected in the development of the Baltic Sea coast at Lithuania in the 20th century. During this period, of naturally developing coastline did not experience drastic changes. Both the position of the shoreline and the change in the volume of sand on shore did not undergo catastrophic changes.

Everything changes radically when a human intervenes in natural processes by starting to develop economic activities on the shore. Especially significant changes occur during the construction or reconstruction of hydro-technical structures. In the case of Lithuania, the hydro-technical structures that caused the biggest changes were the jetties of Klaipėda and Šventoji ports and the pier of Palanga.

Since the shore sand transfer resultant at the Lithuanian nearshore is directed from south to north, the resulting barrier cuts this drift, disrupting the free circulation of sand along the shore and forcing sand to accumulate on the southern side of the jetty. Meanwhile, on the north side of the jetty, when the sand supply is lost, the coast begins to retreat. These changes are exacerbated by the deepening of the Klaipėda port canal.