

Stipraus štormo „Feliksas“ padariniai Lietuvos jūriniame krante

Darius Jarmalavičius,

Gintautas Žilinskas,

Donatas Pupienis

*Gamtos tyrimų centras,
Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius
El. paštas: jarmalavicius@geo.lt;
zilinskas@geo.lt;
donatas.pupienis@vu.gf.lt*

Jarmalavičius D., Žilinskas G., Pupienis D. Stipraus štormo „Feliksas“ padariniai Lietuvos jūriniame krante. *Geologija. Geografija*. 2015. T. 1(1). ISSN 2351-7549.

Ryškiausi kranto morfologijos pokyčiai fiksuojami prasiautus stipriems štormams bei uraganams, kai per trumpą laiką (keletą ar keliolika valandų) iš kranto išplaunami dideli smėlio kiekiai, paplūdimiai tampa siauri ir lėkšti, kopagūbrio jūriniame šlaite susiformuoja skardžiai. 2015 m. sausio 11 d. siautėjęs stiprus štormas „Feliksas“, nors savo galingumu neprilygo didžiausiems XX a. uraganams, tačiau padaryti nuostoliai kai kuriems Lietuvos jūrinio kranto ruožams buvo reikšmingi. Remiantis natūrinių tyrimų duomenimis, įvertinti išplauto iš paplūdimio ir kopagūbrio bei viso kranto sąnašų kiekiai, nustatytos labiausiai pažeistos ir geriausiai stipraus štormo poveikį atlaikiusios kranto atkarpos. Per stiprų štormą „Feliksas“ Lietuvos jūrinis krantas prarado apie 0,76 mln. m³ sąnašų: 0,39 mln. m³ iš žemyno kranto ir 0,37 mln. m³ iš Kuršių nerijos kranto. Didžiąją nuoplovos dalį (631 000 m³, arba net 80 %) sudarė paplūdimio sąnašos, o kopagūbris nukentėjo sąlyginai nedaug (127 000 m³; arba tik 20 %).

Raktažodžiai: štormas „Feliksas“, kranto, paplūdimio, kopagūbrio arda, Baltijos jūra

ĮVADAS

Ekstremaliomis hidrometeorologinėmis sąlygomis vykstančių krantinių procesų tyrimai yra ypač svarbūs ne tik plečiant teorines krantotyros žinias, bet ir tobulinant krantosaugos būdus, užtikrinant hidrotechninių statinių saugumą bei prognozuojant kranto raidą. Deja, tiesioginiai instrumentiniai hidrodinaminių ir litodinaminių procesų tyrimai kranto zonoje dėl ypač sudėtingų hidrometeorologinių sąlygų, stiprių štormų (vėjo greitis siekia 28,4–32,7 m/s; Krapivin et al., 2015) ir uraganinio stiprumo vėjų (vėjo greitis didesnis nei 32,7 m/s; Krapivin et al., 2015) beveik neatliekami (išimtį dažniausiai sudaro vandens lygio bei vėjo greičio ir krypties matavimai). Todėl apie šių procesų intensyvumą dažniausiai sprendžiama įvertinus stiprių štormų (toliau – štormų) bei

uraganinio stiprumo vėjų (toliau – uraganų) padarinių pobūdį bei apimtis.

Pirmieji duomenys apie uragano poveikį visam Lietuvos jūriniam krantui paskelbti J. Shuiskio straipsnyje (1969). Šie tyrimai buvo atlikti po smarkiausio XX a. uragano, siautusio 1967 m. spalio 18 d. Jo poveikis krantui buvo vertintas remiantis išplautų sąnašų kiekiu iš vieno tiesinio metro – m³/m (Shuisky, 1969). Štormų bei uraganų, kurie siautė 1983 m. žiemą, 1999 m. gruodžio pradžioje ir 2005 m. sausio mėn., poveikio Lietuvos krantams vertinimą galima rasti ankstesniuose darbuose (Kirlys, 1990; Žilinskas ir kt., 2000; 2005). Kituose tyrimuose buvo vertinamas štormų ir uraganų poveikis tik kai kuriems objektams: Šventosios uostui (Šimoliūnas, 1933), Klaipėdos uostui (Korobova, 1969), Palangos rekreacinei zonai (Žilinskas ir kt., 1994) arba aptariama vėjo

greičio dinamika buvusių XX a. (iki 8 deš.) štormų ir uraganų metu (Žaromskis, 1982).

Straipsnio tikslas – įvertinti Lietuvos jūrinio kranto sąnašų pokyčius po 2015 m. sausio 11 d. prasiautusių štormo „Feliksas“.

METEOROLOGINĖ SITUACIJA IR METODIKA

2015 m. sausio 9 d. Atlanto vandenyne pradėjęs formotis ciklonas, kuriam vėliau buvo suteiktas „Felikso“ vardas, judėdamas link Skandinavijos išsiskaidė į kelis labai aktyvius ciklonus. Vienas jų sausio 11 d. naktį pasiekė Lietuvos krantus. Klaipėdos meteorologijos stoties duomenimis, VPV vėjų vidutinis greitis siekė 15 m/s, o gūsiai sustiprėdavo iki 28 m/s. Stipresni vėjai buvo užregistruoti Klaipėdos uosto akvatorijoje. Čia fiksuotas 25 m/s vidutinis vėjo greitis, o gūsiai pasiekdavo 32,5 m/s. Gūsingas vėjas išsilaikė beveik visą dieną. Pažymėtina, kad krantas pasitiko šį štormą jau gerokai „nuvargęs“, mat audros jį alino nuo 2014 m. gruodžio vidurio. Antai gruodžio 13 d. praslinkusį cikloną lydėjo PV vėjo gūsiai, siekiantys iki 20 m/s. 2015 m. sausio 2–3 d. praslinko dar vienas gilus ciklonas, kurio metu V krypties vėjai vidutiniškai pūtė 13 m/s greičiu, o jo gūsiai sustiprėdavo iki 22 m/s. Klaipėdos uosto akvatorijoje buvo užfiksuoti 26 m/s vėjo gūsiai. Taigi, nors „Feliksas“ ir nepasižymėjo ypatingu nuožmumu, tačiau užgriuvo jūros krantą, jau nukentėjusį nuo ankstesnių audrų.

„Felikso“ padarinių Lietuvos jūriniam krantams tyrimai buvo atliekami 2015 m. sausio 22–27 d., štormui apimus ir nukritus jūros lygiui. Tyrimų metu skersinių kranto profilių niveliacija (elektroniniu tacheometru – TOPCON GTS 229) buvo atliekama stacionariųjų matavimo postų, įrengtų visame Lietuvos pajūryje, vietose (1 pav.).

Šie matavimų duomenys buvo palyginti su matavimų, atliktų 2014 m. vasaros pradžioje tuose pačiose profiluose, duomenimis. Gauti skirtumai apytikriai parodė išplautų ar akumuliuotų sąnašų kiekius (m^3 iš 1 kranto metro) iš apsauginio paplūdimio kopagūbrio (toliau – kopagūbrio), paplūdimio bei viso kranto. Sąnašų pokyčiai išilgai kranto apskaičiuoti pagal formulę (Eberhards, 2006):

$$V = (Q_i + Q_{i+1}) L_i / 2;$$

V – sąnašų biudžetas kranto ruože, Q – sąnašų biudžetas skersiniame kranto profilyje (m^3/m), i – skersinio profilio numeris, L – atstumas tarp matavimo profilių.

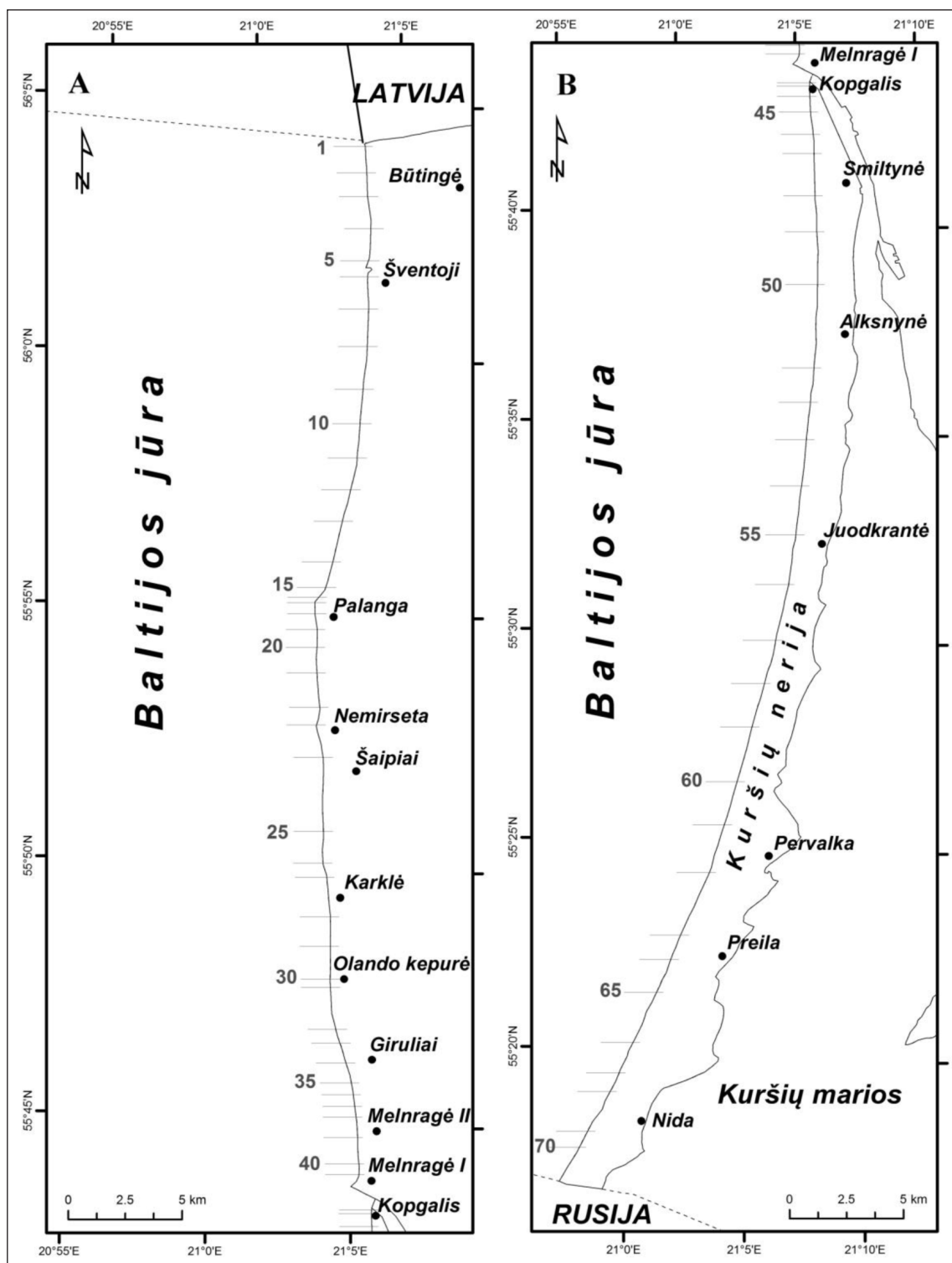
Pažymėtina, kad stiprių štormų ir uraganų metu įvykę pokyčiai ženkliai viršija tiek vidutinius daugiamečius, tiek ir metinius pokyčius (Eberhards, 2003; Žilinskas ir kt., 2005; Castelle et al., 2007; Corbella, Stretch, 2012). Taigi, pokyčiai, įvykę nuo paskutinio matavimo 2014 m. vasaros pradžioje iki „Felikso“, laikytini nereikšmingais, palyginti juos su pokyčiais, vykusiais „Felikso“ metu. Todėl atliktų tyrimų rezultatai santykinai atspindi analizuojamo štormo padarinius. Panaši tyrimų metodika taikoma ir kitose šalyse (Gorman et al., 1998; Eberhards et al., 2006; Castelle et al., 2007; Keijsers et al., 2014).

Nors tyrimų metu buvo fiksuojami (šiam darbe pateikiami) ir kranto linijos bei kopagūbrio papėdės ir viršūnės linijiniai (m) pokyčiai, tačiau štormo padarinių vertinimo pagrindiniu geoidikatoriumi pasirinktas išplautų ar akumuliuotų sąnašų kiekis viename kranto metre (m^3/m). Kadangi šis rodiklis atspindi kranto būklės pokyčius ir tose kranto atkarpose, kur po štormo kranto linijos ar kopagūbrio viršūnės padėtis erdvėje išliko stabili, bet pakito sąnašų kiekis pažemėjus paplūdimiams bei bangoms apardžius kopagūbrio papėdę ar / ir vakarinį šlaitą. Analizuojant tyrimų metu surinktus duomenis Lietuvos jūriniame krante, buvo išskirti kranto ruožai, kuriuose per štormą įvykusių pokyčių tendencijos bei apimtys buvo sąlyginai panašios.

ŠTORMO POVEIKIS ŽEMYNŲ KRANTUI

Per štormą maždaug 32,5 km (84,4 %) žemyno kranto buvo nuardyta, o apie 6,0 km (15,6 %) sąnašų kiekis nepakito ar net pasipildė. Iš viso žemyno kranto buvo išplauta maždaug 366 000 m^3 smėlio (arba 9,7 m^3/m): 316 000 m^3 (8,4 m^3/m) iš paplūdimio ir 50 000 m^3 (1,3 m^3/m) iš kopagūbrio. Kranto linija atsitraukė vidutiniškai 8,1 m. Kranto linijos padėties ir kranto sąnašų kiekio kaita pateikta 2 ir 3 paveiksluose.

Kaip matyti 2 ir 3 pav., ardos mastai skirtinguose kranto ruožuose ženkliai skyrėsi. Daugiausia smėlio žemyno krante buvo nuplauta ties Rąžės upeliu (maždaug 16 km nuo sienos su Latvija), kur kranto linija atsitraukus 29 m, iš kranto buvo išplauta net 46,8 m^3/m smėlio.

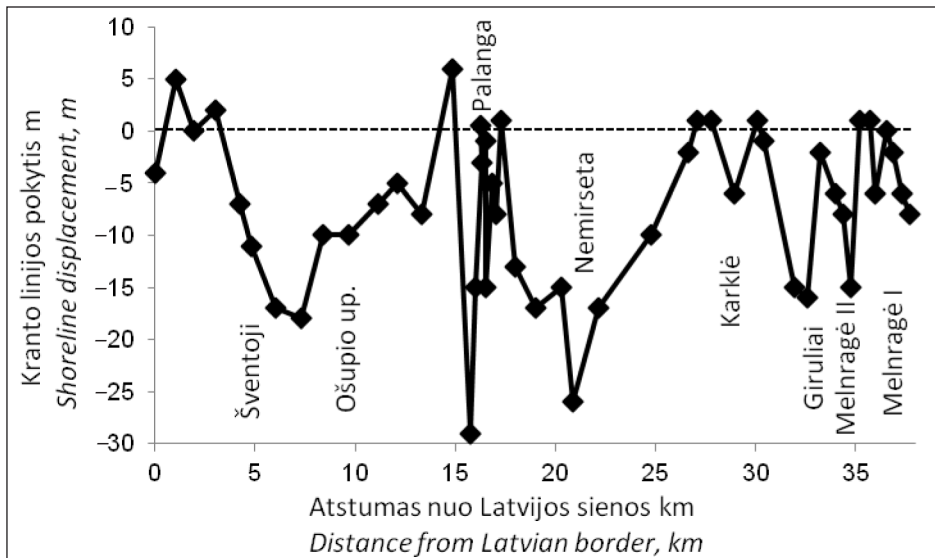


1 pav. Tyrimų rajonas: A – žemyno krantas, B – Kuršių nerija. 1–70 – matavimo profilių vietos
Fig. 1. Location map: A is mainland coast, B is Curonian Spit. 1–70 are cross-shore levelling sites

Tačiau ši intensyvios ardos kranto atkarpa labai trumpa (apie 100 m), be to, net keletą metų prieš šį štormą čia vyko gana intensyvi smėlio akumuliacija, todėl netekus ir santykinai daug smėlio praradimas čia nesukėlė problemų. Visas smėlio kie-

kis šioje atkarpoje buvo išplautas iš paplūdimio, o kopagūbris išliko nepažeistas.

Kranto ruože tarp Birutės kalno (18 km) ir Nemirsetos kyšulio (21 km) siauresni bei žemesni paplūdimiai nepajėgė apsaugoti nuo išplovimų ir



2 pav. Kranto linijos padėties pokytis žemyno krante po šturmo

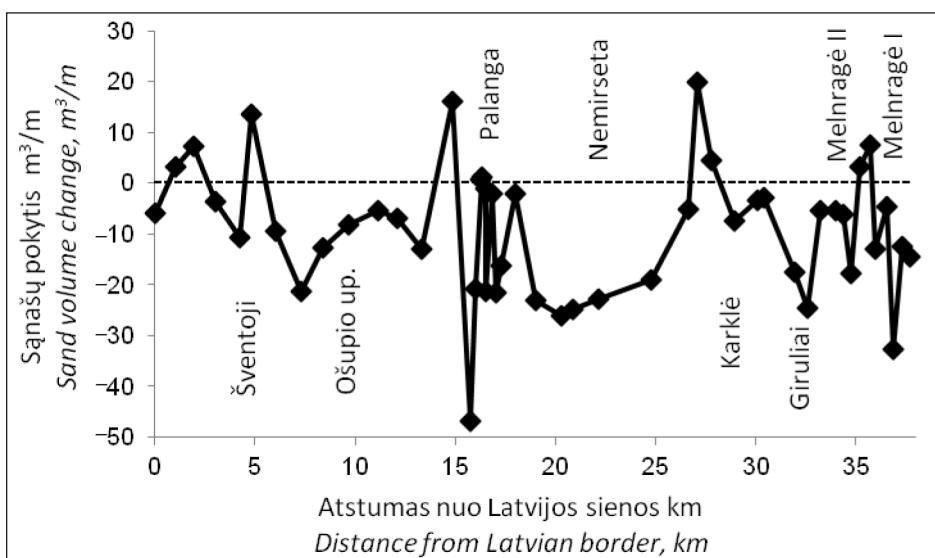
Fig. 2. Displacement of shoreline position in the mainland coast after the storm

kopagūbrio. Nors kranto arda čia buvo mažesnė (vidutiniškai $20,4 \text{ m}^3/\text{m}$), tačiau krantas patyrė sąlyginai didesnių nuostolių. Iš kopagūbrio, jo papėdei atsitraukus 2–3 m, buvo išplauta apie $4,4 \text{ m}^3/\text{m}$ smėlio. Tai didžiausios kopagūbrio ardos apimtys visame žemyno krante. Nemaži sąnašų kiekiai čia buvo išplauti ir iš paplūdimio – net $16,0 \text{ m}^3/\text{m}$ smėlio.

Dar mažesnė kopagūbrio arda ($3,6 \text{ m}^3/\text{m}$) užfiksuota 1 km ilgio kranto ruože nuo valstybinės sienos su Latvija iki Būtingės naftos terminalo vamzdyno trasos. Tačiau čia (kadangi kopagūbris yra ženkliai žemesnis ir siauresnis nei anksčiau minėtame ruože) panašus smėlio kiekio praradimas lėmė, kad kopagūbrio papėdė atsitraukė vidutiniškai net 4 m. Dėl mažų smėlio atsargų, sukauptų krante, iki šturmo stipriai pablogėjo

kranto būklė ir pietinėje I-os Melnragės (300 m ilgio atkarpa nuo Klaipėdos uosto molo į šiaurę) kranto atkarpoje. Čia taip pat esant nedideliems smėlio kiekiams kopagūbryje, praradus santykinai nedaug smėlio ($3,3\text{--}3,8 \text{ m}^3/\text{m}$), kopagūbrio papėdė atsitraukė 2,0–3,5 m. Pakankamai ženkliai šioje kranto atkarpoje nukentėjo ir paplūdimiai, iš kurių buvo išplauta $10,7\text{--}29,5 \text{ m}^3/\text{m}$ smėlio.

Labiau nei kopagūbris nukentėjo paplūdimiai ir kranto ruože tarp Monciškės (7,5 km) ir Kunigiškės (12 km) gyvenviečių. Čia iš paplūdimio buvo išplauta $4,5\text{--}18,6 \text{ m}^3/\text{m}$ smėlio, o kopagūbrio papėdei atsitraukus 0,5–2,5 m iš jo buvo išplauta tik $0,5\text{--}2,5 \text{ m}^3/\text{m}$ smėlio. Iš viso šioje kranto atkarpoje krantas neteko nuo 5,0 iki $21,0 \text{ m}^3/\text{m}$ smėlio. Dar mažiau kopagūbris nukentėjo kranto ruože nuo Šventosios moterų paplūdimio pietinės ribos



3 pav. Sąnašų kiekio pokytis žemyno krante po šturmo

Fig. 3. Changes of sand volume in the mainland coast after the storm

(6,0 km) iki Monciškių (7,5 km) – jame vidutinis išplauto iš kopagūbrio smėlio kiekis sudarė tik 0,1 m³/m, tačiau ženkliai (14,0 m³/m) sumažėjo paplūdimio smėlio atsargos.

Šaipių (25–27 km) bei Olando Kepurės (29–30,5 km) moreninių skardžių ruožuose po štormo skardžių viršūnių bei papėdžių padėtis erdvėje beveik nepasikeitė, o prie jų prisišlieję paplūdimiai prarado 2,0–5,2 m³/m sąnašų. Nedidelių išplovimus patyrė ir kranto ruožas, esantis tarp pietinės Būtingės geomorfologinio draustinio ribos (2 km) ir Šventosios upės žiočių (4,5 km), kuriame kopagūbris per štormą neteko apie 1,8 m³/m, o paplūdimys – 1,2 m³/m smėlio.

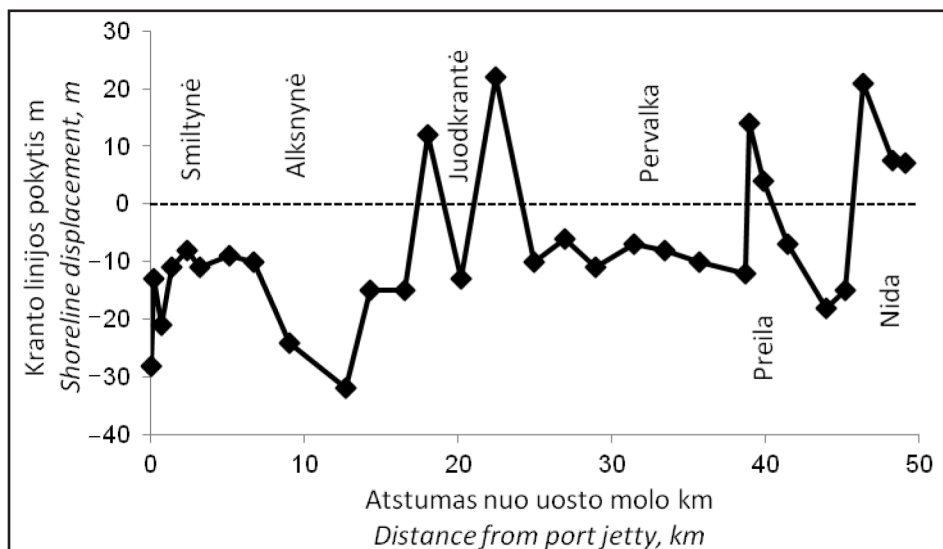
Pažymėtina, kad kelios žemyno kranto atkarpos išliko stabilios ar net pasipildė sąnašomis. Pirmiausiai reikėtų paminėti kranto ruožą tarp Šventosios upės žiočių (4,5 km) ir Šventosios rekreacinės zonos moterų paplūdimio pietinės ribos (6 km), nors paplūdimys čia neteko apie 0,8 m³/m smėlio, tačiau kopagūbris pasipildė beveik 4,8 m³/m. Šiame ruože bendras kranto smėlio biudžetas po štormo buvo teigiamas – jame vidutiniškai akumuliuota 4,0 m³/m smėlio. Sąnašų kiekis padidėjo ir kranto atkarpoje tarp Būtingės naftos terminalo trasos (1 km) ir „Energetiko“ poilsio komplekso (3,5 km). Ši kranto atcarpa nepasižymi didelėmis smėlio atsargomis nei paplūdimyje, nei kopagūbryje. Be to, dar prieš keletą metų joje vyravo kranto ardosi tendencijos (Kriauciūnienė ir kt., 2013). Per šį štormą ji nenukentėjo, o vietomis net pasipildė vidutiniškai 3,2–7,3 m³/m smėlio. Kita panaši kranto atcarpa, nepasižyminti stabilumu, tačiau puikiai atlaikiusi štormą, yra abipus Rykinės upelio (27–28 km).

Čia vietomis krantas smėliu ir gargždu pasipildė net iki 20,0 m³/m. Kranto sąnašų atsargos po štormo padidėjo ir kranto ruože tarp I-os ir II-os Melnragės (35–36,5 km); čia krantas pasipildė vidutiniškai 3,3–7,7 m³/m smėlio.

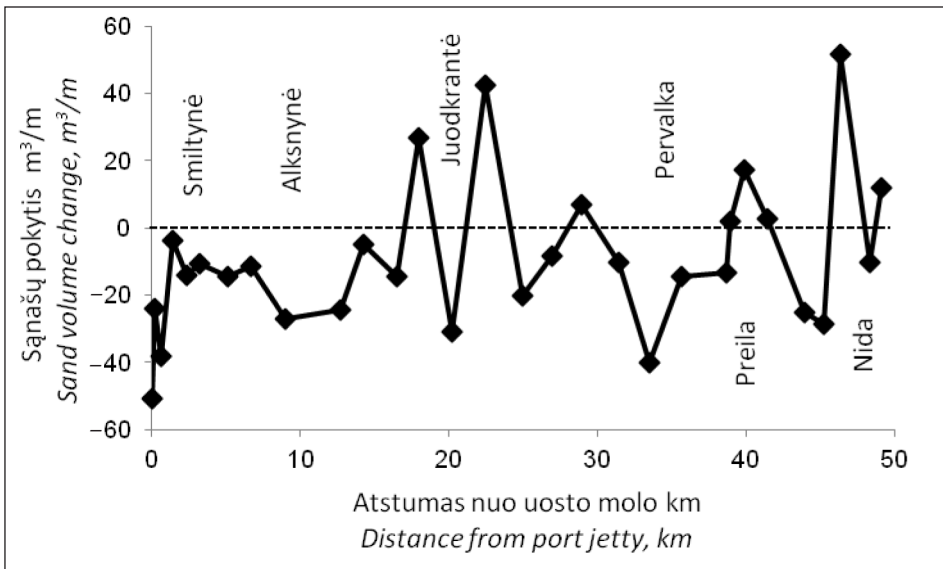
ŠTORMO POVEIKIS KURŠIŲ NERIJOS KRANTUI

Štormo metu nukentėjo iš viso apie 38,5 km (76 %) ilgio Lietuvai priklausančio (bendras ilgis 51 km) Kuršių nerijos jūrinio kranto, o 12,5 km (24 %) kranto nebuvo pažeista ar net pasipildė smėlio sąnašomis. Iš viso Lietuvai priklausančio Kuršių nerijos jūros kranto buvo išplauta apie 392 000 m³ smėlio (vidutiniškai 7,7 m³/m): 315 000 m³ (6,2 m³/m) iš paplūdimio ir 77 000 m³ (1,5 m³/m) iš kopagūbrio. Kranto linija atsitraukė į sausumą vidutiniškai 7,6 m. Kaip ir žemyno krante, taip ir Kuršių nerijoje, skirtinguose kranto ruožuose kranto linijos padėties ir kranto sąnašų kiekio pokyčiai buvo skirtingi (4 ir 5 pav.).

Didžiausius nuostolius „tradiciskai“, kaip ir po uraganų „Anatolijus“ bei „Ervinas“ (Žilinskas ir kt., 2000, 2005), patyrė trumpa (apie 200 m ilgio) Koggalio kranto atcarpa, besiliečianti su pietiniu Klaipėdos uosto molu. Čia, kranto linijai atsitraukus apie 30 m, iš kranto buvo išplauta maždaug 51,0 m³/m smėlio. Taip pat šioje kranto atkarpoje užfiksuoti ir didžiausi smėlio išplovimai iš kopagūbrio (26,0 m³/m); vakariniame kopagūbrio šlaite susiformavę skardžiai siekė 4,5 m aukštį. Reikėtų prisiminti, kad prieš porą metų 3 000 m³ smėlio, iš-kasto vykdant delfinariumo baseinų rekonstrukciją,



4 pav. Kranto linijos padėties pokytis Kuršių nerijoje po štormo
 Fig. 4. Displacement of shoreline position in the Curonian Spit coast after the storm



5 pav. Kranto sąnašų kiekio pokytis Kuršių nerijoje po šturmo
 Fig. 5. Changes of sand volume in the Curonian Spit coast after the storm

buvo supilta šios vietos kopagūbrio papėdėje. Tačiau, nors ir dideli kiekiai buvo nuplauti, tačiau jie sudarė tik apie 50 % čia išpildo smėlio.

Nuo Klaipėdos uosto pietinio molo šturmo apardytas kranto ruožas tęsiasi beveik 18 km. Tačiau nuplauto iš kranto smėlio kiekis (vid. 13,5 m³/m) joje ženkliai mažesnis nei anksčiau minėtoje (200 m ilgio) atkarpėlėje. Šiame ruože išsiskiria ir kranto atkarpa tarp 8 ir 13 km, kur, kranto linijai atsitraukus apie 25 m, išplauto smėlio kiekiai (vid. 25,8 m³/m) buvo beveik dvigubai didesni nei gretimose tiek šiauriau, tiek piečiau jos esančiose atkarpose. Taip pat pažymėtina, kad pagrindinė smėlio masė šioje atkarpoje išplauta iš paplūdimio (nuo 24,5 iki 27,0 m³/m), kopagūbris nedaug tenukentėjo (0,2–0,5 m³/m), o atskirose atkarpose ir visai nebuvo pažeistas.

Didelių nuostolių patyrė ir apie 1 km ilgio, į šiaurę nuo Pervalkos gelbėjimo posto esanti, kranto atkarpa Čia, nors kranto linijos padėtis erdvėje praktiškai nepakito, tačiau paplūdimys neteko vidutiniškai 22,0 m³/m smėlio, o kopagūbriui praradus vidutiniškai 18,0 m³/m smėlio atsivėrė net iki 6,5 m aukščio skardžiai. Bendras išplauto smėlio kiekis šiame ruože siekė 40,0 m³/m. Įspūdingi (iki 5,6–5,8 m aukščio) skardžiai vakariniame kopagūbrio šlaite susiformavo ir pietinėje (apie 0,4 km ilgio) Nidos rekreacinės zonos dalyje.

Ne visi kranto ruožai patyrė nuostolių. Kranto atkarpose ties pietine Juodkrante, pietine Preila, šiaurinėje Nidos dalyje ir pasienyje su Kaliningrado sritimi bei keliose trumpesnėse kranto atkarpė-

lėse krantas išliko stabilus, o kai kur net pasipildė smėlio atsargomis. Didžiausias kranto linijos padėties pasislinkimas į jūrą (22 m) užfiksuotas piečiau Juodkrantės. Didžiausia smėlio akumuliacija (52,0 m³/m) užfiksuota centrinėje Nidos rekreacinės zonos dalyje. Smėlio akumuliacija (42,3 m³/m) krante užfiksuota ir ties pietine Juodkrante bei piečiau Preilos (17,0 m³/m).

DISKUSIJA

Palyginus šturimų bei uraganų, siautusius per pastaruosius 50 metų, poveikį Lietuvos jūrinio kranto būklei, galima teigti, kad šturmas „Feliksas“ užima trečią vietą pagal išplautų iš Lietuvos jūrinio kranto sąnašų kiekį (lentelė). Siekiant nustatyti, kaip vystėsi Lietuvos jūrinis krantas nuo didžiausius nuostolius atnešusio uragano „Anatolijaus“ iki šių dienų, buvo atlikta atskirų kranto ruožų pokyčių analizė. Pažymėtina, kad po šio uragano jau praėjo du intensyvios kranto ardos (ekstremalių hidrometeorologinių sąlygų) ir regeneracijos (santykinai ramių orų laikotarpio) ciklai („Anatolijaus“ – „Ervinas“ ir „Ervinas“ – „Feliksas“). Tai leidžia pakankamai reprezentatyviai vertinti pastarųjų 16 metų kranto būklę.

Pažymėtina, kad kranto regeneracijos laikotarpiu smėlio apykaita vyksta ne tik tarp jūros ir kranto, bet ir išilgai jo. Todėl vienos kranto atkarpos labai greitai atstato per šturmus prarastą smėlio kiekį, o kitos jo neatstato ir per kelerius metus. Tai lemia ne tik atskirų šturimų savybės, bet ir kranto bei priekrantės morfologijos ypatumai, geologinė

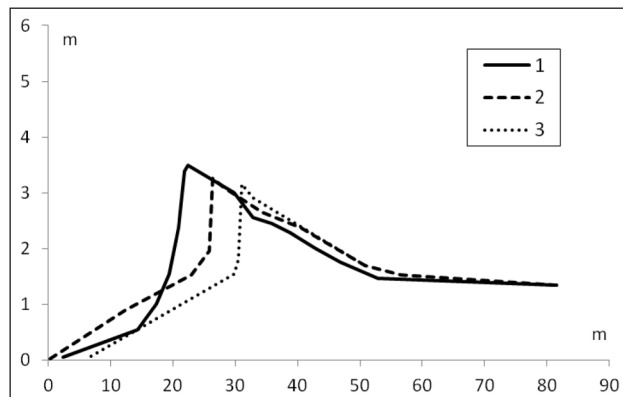
Lentelė. Sanašų pokyčiai (m^3/m) Lietuvos jūriniame krante po štormų ir uraganų

Table. Dynamics of sand volume (m^3/m) in the Lithuania coast during storms and hurricanes

Data / Date	Žemyno krantas Mainland coast	Kuršių nerija Curonian spit	Iš viso Total
1967 10 18 (Shuiskyi, 1969)	-0,60 mln.	-0,84 mln.	-1,44 mln.
1983 01 18–19 (Kirlys, 1990)	–	-0,77 mln.	–
1999 12 04 (Žilinskas ir kt., 2000)	-2,00 mln.	-1,94 mln.	-3,94 mln.
2005 01 8–9 (Žilinskas ir kt., 2005)	-0,42 mln.	+0,14 mln.	-0,27 mln.
2015 01 11	-0,39 mln.	-0,37 mln.	-0,76 mln.

sandara, smėlio kiekis bei sudėtis, hidrotechninių statinių poveikis ir kt.

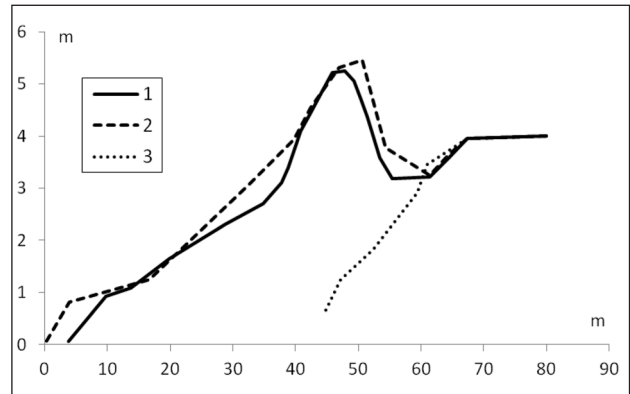
Vertinant Lietuvos jūrinio kranto būklės kaitos tendencijas per pastaruosius 16 metų nustatyta, kad degraduojantiems žemyno kranto ruožams priskirtinos kranto atkarpos tarp sienos su Latvija ir Būtingės naftos terminalo vamzdyno trasos, morenos skardžių prie Šaipių ir ties Olando Kepure bei I-os Melnragės pietinė dalis. Būtent šiose atkarpose kranto būklė 2015 m. yra blogesnė nei buvo po uraganų „Anatolijus“ ir „Ervinas“. Pažymėtina, kad kranto degradacijos procesus ties siena su Latvija (6 pav.), prie Šaipių ir ties Olando Kepure



6 pav. Kranto profilis ties valstybine siena su Latvija po uraganų „Anatolijus“ (1), „Ervinas“ (2) ir štormo „Feliksas“ (3)

Fig. 6. Cross-shore profile near the Lithuanian-Latvian border after hurricanes Anatolij (1), Ervin (2), and storm Felix (3)

lemia gamtiniai veiksniai, o kranto ardą pietinėje I-os Melnragės pusėje lemia gamtiniai veiksniai ir antropogeninės veiklos: įplaukos kanalo gilinimo darbai (Žilinskas, 1998) ir molų pailginimas (Jarmalavičius ir kt., 2012; Pupienis ir kt., 2013). Tą patvirtina ir tas faktas, kad uraganai „Anatolijus“ ir „Ervinas“ dėl čia vyravusių akumuliacijos procesų (7 pav.)

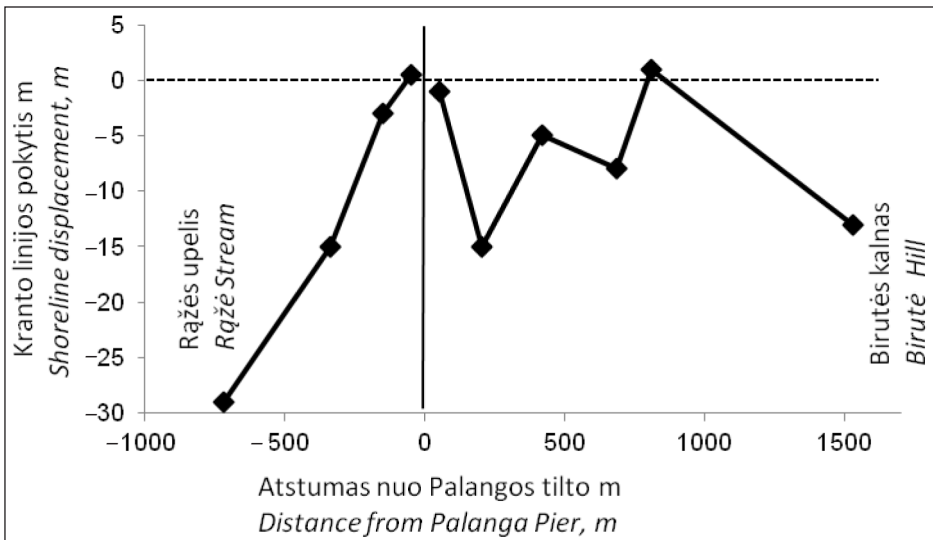


7 pav. Kranto profilis ties I-a Melnrage po uraganų „Anatolijus“ (1), „Ervinas“ (2) ir štormo „Feliksas“ (3)

Fig. 7. Cross-shore profile near Melnragė I after hurricanes Anatolij (1), Ervin (2), and storm Felix (3)

didesnės žalos nepadarė (Žilinskas ir kt., 2000, 2005). 2002 m. baigus molų bei įplaukos kanalo rekonstrukcijos darbus, šioje vietoje prasidėjusi kranto arda kasmet įgauna vis didesnius mastus. Antra vertus, išplautas iš šios atkarpos smėlis, pernešamas bangų ir plūsmo srauto į šiaurę, ėmė kauptis kranto ruože tarp I-os ir II-os Melnragės (Jarmalavičius ir kt., 2012; Pupienis ir kt., 2013). Šiame kranto ruože pastaruoju metu fiksuojama sanašų akumuliacija.

Atskirai reikėtų apžvelgti Palangos rekreacinės zonos kranto ruožo tarp Rąžės upelio ir Birutės kalno pokyčius (8 ir 9 pav.), kadangi šiame ruože 2006, 2008 ir 2011–2012 m. buvo papildyta paplūdimio sanašų (Žilinskas ir kt., 2010; Pupienis ir kt., 2014). Kaip jau buvo minėta, didžiausi smėlio kiekiai štormo metu buvo išplauti iš paplūdimio ties Rąžės upeliu. Link Palangos tilto esančioje atkarpoje ardos mastai buvo nedideli, o prie tilto krantas beveik visai nebuvo pažeistas. Kranto atkarpoje tarp Rąžės upelio ir Palangos tilto, nors kopagūbryje ir buvo akumuliuota apie $0,7 m^3/m$, tačiau iš paplūdimio buvo išplauta $21,2 m^3/m$ smėlio. Todėl šiame ruože bendras kranto sanašų biudžetas po

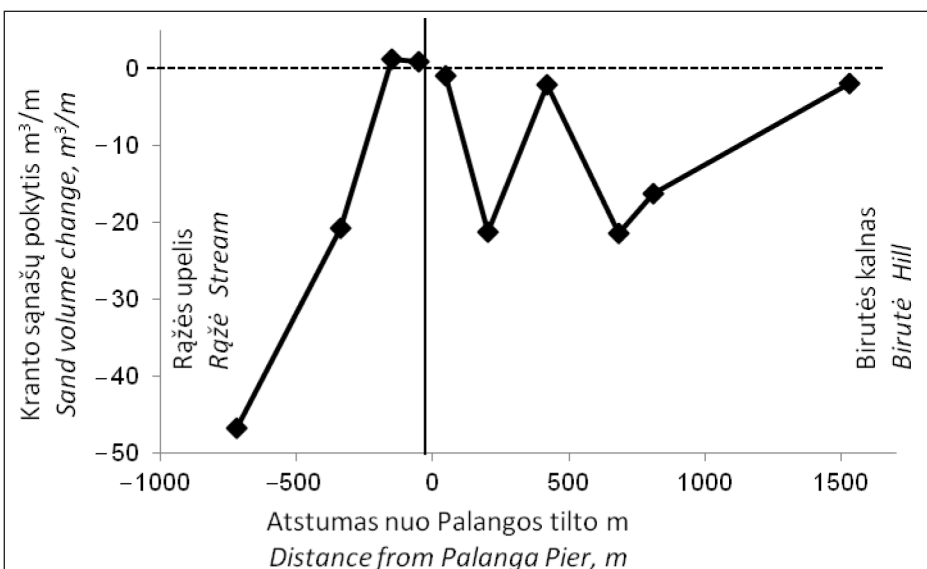


8 pav. Kranto linijos padėties pokytis po šturmo kranto ruože tarp Rąžės upelio ir Birutės kalno
Fig. 8. Displacement of shoreline position between the Rąžė Stream and Birutė Hill after the storm

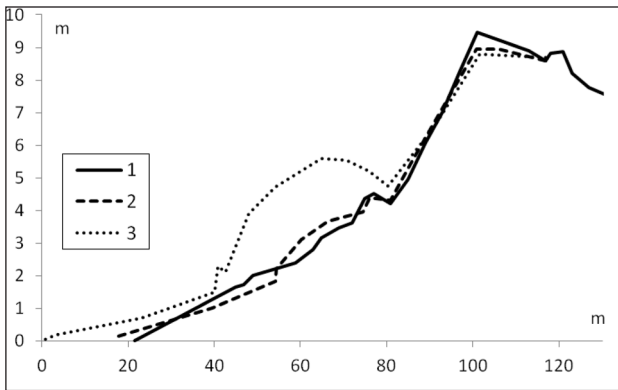
šturmo buvo neigiamas – išplauto smėlio kiekis sudarė 13 900 m³ (arba 20,5 m³/m). Kranto ruože tarp Palangos tilto ir Birutės kalno, nors kopagūbryje irgi buvo akumuliuota apie 1,2 m³/m smėlio, iš paplūdimio buvo išplauta apie 13,1 m³/m. Todėl ir šiame ruože bendras kranto sąnašų biudžetas po šturmo buvo neigiamas – išplauto smėlio kiekis sudarė apie 20 210 m³ (arba 11,9 m³/m). Palyginus šiuos nuostolius su 2011–2012 m. čia išpilo smėlio kiekiu, apskaičiuota, kad šiaurinėje dalyje (Rąžės upelis – Palangos tiltas) krantas neteko vidutiniškai tik 11 % viso čia išpilo smėlio kiekio, o pietinėje dalyje (Palangos tiltas – Birutės kalnas) – tik 6,7 %. Tai santykinai nedidelis „maitinamo“ paplūdimio išpilo smėlio kiekio praradimas, atsižvelgiant į vyrausias ekstremalias hidrometeorologines sąlygas šturmo metu.

Likusi žemyno kranto dalis per pastaruosius 16 metų sugeba išlaikyti savo pusiausvyros būklę, t. y. esant tokiam šturmu bei uraganų pasikartojimui (stebimam per pastaruosius 50 metų) krantas spėja atstatyti per šturmus bei uraganus prarastus smėlio kiekius, o kai kur net vyrauja ir akumuliaciniai procesai. Ryškiausias pavyzdys – kranto atkarpa piečiau Šventosios upės. Šioje vietoje krantas ramių orų laikotarpiu pasipildo didesnėmis smėlio atsargomis nei praranda praūžus stipriam šturmui (10 pav.).

Lietuvai priklausančios Kuršių nerijos dalies kranto būklė kol kas tik gerėja. Čia nepaisant siaučiančių šturmu nuplauti smėlio kiekiai gana greitai vėl gražinami į krantą. Išimtis būtų tik apie 150 m ilgio kranto atkarpa Kopgalyje (prie pietinio Klaipėdos uosto molo), šiauriau Pervalkos, ir kelios

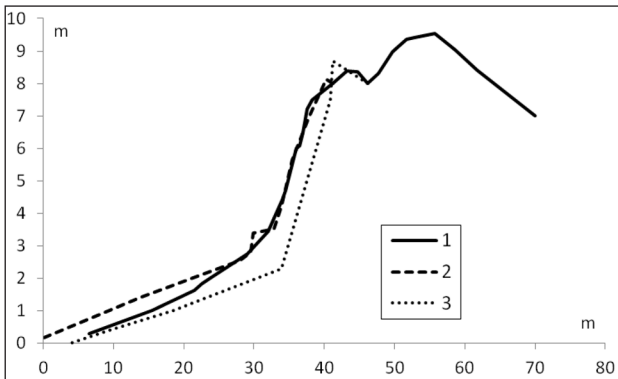


9 pav. Kranto sąnašų kiekio pokytis po šturmo kranto ruože tarp Rąžės upelio ir Birutės kalno
Fig. 9. Changes of sand volume between the Rąžė Stream and Birutė Hill after the storm



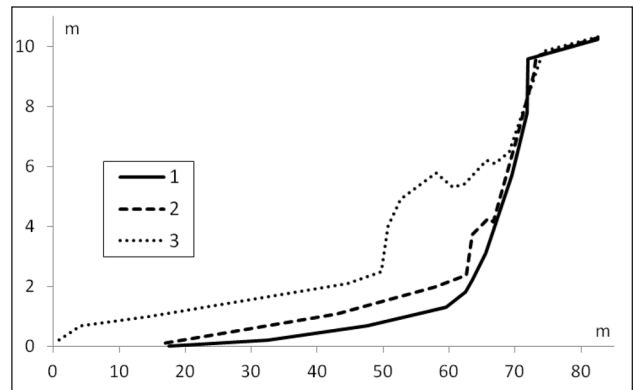
10 pav. Kranto profilis piečiau Šventosios upės po uraganų „Anatolijus“ (1), „Ervinas“ (2) ir štormo „Feliksas“ (3)
Fig. 10. Cross-shore profile southward to the Šventoji River after hurricanes Anatolij (1), Ervin (2), and storm Felix (3)

trumpos atkarpėlės ties nedideliais kranto įlinkiais šiauriau Preilos, piečiau Nidos ir kitur, nesudarančios ilgesnių išplaunamo kranto ruožų. Pažymėtina, kad kranto atkarpos šiauriausioje Smiltynės dalyje arda, kaip ir piečiausioje I-os Melnragės dalyje, lemia uosto molų ir gamtinių veiksnių sąveika (Žilinskas, 1998), o šiauriau Pervalkos nedidelė kranto arda vyksta natūraliai (11 pav.). Čia krantas pastaruosius metus jau nebespėja atstatyti prarasto smėlio per ramių orų laikotarpius.



11 pav. Kranto profilis šiauriau Pervalkos po uraganų „Anatolijus“ (1), „Ervinas“ (2) ir štormo „Feliksas“ (3)
Fig. 11. Cross-shore profile northward to Pervalka after hurricanes Anatolij (1), Ervin (2), and storm Felix (3)

Likusioje Kuršių nerijos kranto dalyje vyrauja akumuliacijos procesai. Ryškiausias pavyzdys – Smiltynės–Alksnynės kranto atkarpa, kur ramių orų laikotarpiu smėlio krante susikaučia daugiau nei jo nuplauna štormai ar uraganai (12 pav.).



12 pav. Kranto profilis ties Smiltynė po uraganų „Anatolijus“ (1), „Ervinas“ (2) ir štormo „Feliksas“ (3)
Fig. 12. Cross-shore profile near Smiltynė after hurricanes Anatolij (1), Ervin (2), and storm Felix (3)

APIBENDRINIMAS

Apibendrinant „Felikso“ padarinius Lietuvos jūriniam krantui pažymėtina, kad nors šio štormo metu vėjo greitis ir nepasiekė uraganinio stiprumo (užfiksuotas didžiausias vėjo greitis 32,5 m/s), tačiau štormas padarė santykinai nemažų nuostolių. Per štormą Lietuvos jūrinis krantas prarado apie 0,76 mln. m³ sąnašų: 0,39 mln. m³ iš žemyno kranto ir 0,37 m³ mln. iš Kuršių nerijos kranto. Per pastaruosius 50 metų daugiau sąnašų iš viso kranto buvo prarasta tik per 1967 ir 1999 m. uraganus (atitinkamai 1,44 mln. m³; arba 1,9 karto ir 3,94 mln. m³; arba 5,2 karto daugiau). Įtakos turėjo jau minėti audringi 2014 m. gruodžio pabaigos ir 2015 m. sausio pradžios orai.

Apžvelgus Lietuvos jūrinio kranto skirtingų ruožų sąnašų pokyčius per štormą „Feliksas“, galima konstatuoti, kad kaip ir visų štormų metu, taip ir per šį, vyko sąnašų perskirstymas tiek išilgai, tiek skersai kranto zonos. Nors didžiojoje kranto dalyje buvo užfiksuoti kranto ardosi procesai, tačiau, pavyzdžiui, tarp I-os ir II-os Melnragės, ties Juodkrante, piečiau Preilos, centrinėje Nidos dalyje ir kai kur kitur sąnašų krante net pagausėjo.

Vertinant visą krantą nustatyta, kad didžiąją nuoplovos dalį (631 000 m³; arba net 80 %) sudarė paplūdimio sąnašos, o kopagūbris nukentėjo sąlyginai nedaug (127 000 m³; arba tik 20 %). Pažymėtina, kad nepaisant santykinai pakankamai didelio tiek žemyno, tiek ir Kuršių nerijos krantų nuardymo per štormą, esant palankioms hidrometeorologinėms sąlygoms ir pakankamai kranto priežiūrai,

per ateinančius keletą metų kai kuriuose žemyno kranto ruožuose ir beveik visoje Kuršių nerijoje krantas gali pasiekti prieš šį štormą buvusią būklę, t. y. atstatyti savo prarastas smėlio atsargas.

PADĖKA

Tyrimą iš dalies rėmė Lietuvos mokslo taryba (projektas MIP-039/2014).

Gauta 2015 03 02
Priimta 2015 03 12

LITERATŪRA

1. Castelle B., Turner I. L., Ruessink B. G., Tomlinson R. B. 2007. Impact of storms on beach erosion: Broadbeach (Gold Coast, Australia). *Journal of Coastal Research*. SI 50: 534–539.
2. Corbella S., Stretch D. 2012. Predicting coastal erosion trends using non-stationary statistics and process-based models. *Coastal Engineering*. 70: 40–49.
3. Eberhards G., Lapinskis J., Saltupe B. 2006. Hurricane *Erwin* 2005 coastal erosion in Latvia. *Baltica*. 19(1): 10–19.
4. Eberhards G. 2003. *Latvijas jūras krasti*. Rīga: Latvijas universitāte.
5. Gorman L., Morang A., Larson R. 1998. Monitoring the coastal environment; Part IV: Mapping, shoreline changes and bathymetric analysis. *Journal of Coastal Research*. 14(1): 61–92.
6. Jarmalavičius D., Žilinskas G., Pupienis D. 2012. Impact of Klaipėda port jetties reconstruction on adjacent sea coast dynamics. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 20(3): 240–247.
7. Keijsers J. G. S., Poortinga A., Riksen M. J. P. M., Maroulis J. 2014. Spatio-temporal variability in accretion and erosion of coastal foredunes in the Netherlands: regional climate and local topography. *PLoS ONE*. 9(3): e91115. doi:10.1371/journal.pone.0091115.
8. Kirllys V. 1990. Uraganinių (ekstreminių) štormų poveikis sekliam smėlingam pietrytinės Baltijos jūros dalies krantui. *Baltijos jūros krantų dinamikos ir paleografijos klausimai*. 1(1): 83–96.
9. Korobova I. J. 1969. Iskliuchitelny shtorm 17–18 oktiebrya 1967 g. i iego vliyaniie na riezhyh Klaipedского podkhodnogo kanala. *Okeanologiya*. 9(6): 1124–1127.
10. Krapivin V. F., Varotsos C. A., Soldatov V. Y. 2015. *New Ecoinformatics Tools in Environmental Science: Applications and Decision*. London: Springer International Publishing.
11. Kriaučiūnienė J., Žilinskas G., Pupienis D., Jarmalavičius D., Gailiusis B. 2013. Impact of Šventoji port jetties on coastal dynamics of the Baltic Sea. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 21(2): 114–122.
12. Pupienis D., Jarmalavičius D., Žilinskas G., Fedorovič J. 2014. Beach nourishment experiment in Palanga, Lithuania. *Journal of Coastal Research*. SI 70: 490–495.
13. Pupienis D., Jonuškaitė S., Jarmalavičius D., Žilinskas G. 2013. Klaipėda port jetties impact on the Baltic Sea shoreline dynamics, Lithuania. *Journal of Coastal Research*. SI 65: 2167–2172.
14. Shuiskiy J. D. 1969. O vozdeistvii silnykh shtormov na peschanyye berega vostochnoy Baltiki. *Okeanologiya*. 9(3): 475–478.
15. Šimoliūnas J. 1933. *Šventosios uostas*. Kaunas.
16. Žaromskis R. 1982. Uraganinių audrų poveikis Lietuvos pajūriui. *Geografijos metraštis*. 20: 89–97.
17. Žilinskas G., Janukonis Z., Lazauskas A. 1994. Ekstremalaus 1993 m. šturmo padarinių Palangos rekreacinėje kranto zonoje įvertinimas. *Geografija*. 30: 40–44.
18. Žilinskas G., Jarmalavičius D., Kulvičienė G. 2000. Uragano „Anatolijus“ padariniai Lietuvos jūriniam krante. *Geografijos metraštis*. 33: 191–206.
19. Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D. 2005. Uragano „Ervinas“ padarinių Lietuvos jūriniam krante įvertinimas. *Geografijos metraštis*. 38(1): 47–63.
20. Žilinskas G., Pupienis D., Jarmalavičius D., 2010. Possibilities of regeneration of Palanga coastal zone. *Journal of Environmental and Landscape Management*. 18(2): 95–101.
21. Žilinskas G. 1998. Kranto linijos dinamikos ypatumai Klaipėdos uosto poveikio zonoje. *Geografijos metraštis*. 31: 99–109.

Darius Jarmalavičius, Gintautas Žilinskas,
Donatas Pupienis

ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF STRONG STORM FELIX ON THE LITHUANIAN MARINE COAST

Summary

The intensity of hydro-lithodynamic processes in the coastal zone during storms reaches its maximum. For this reason in a relatively short time span (from a few hours to a few days) the morphological changes of the coastal zone by many times exceed the range of not only annual but also long-term changes. Unfortunately, instrumental measurements of hydro-lithodynamic processes in the coastal zone under extreme hydrometeorological conditions during storms are not carried out with an exception of water level and wind speed and direction recordings. For this reason the judgements about the intensity of these processes are made on the basis of assessments of the character and range of hurricane effects.

Investigations of the effects of the storm Felix, which blew over on January 11, 2015, were carried out right af-

ter its slackening – on January 22–27. The instrumental measurements (levelling of the cross-sections of coastal profiles) were made in measuring stations distributed over the whole coastal area of Lithuania (50 stations in the Curonian and 48 in the mainland coast). One measuring station represented an approximately 0.9 km long coastal sector.

Analysis of the dynamic of the Lithuanian marine coast during the storm Felix revealed that during all stronger storms the sediments were redistributed along and across the coastal zone. Erosion of some coastal sectors during extreme storms creates favourable conditions for preservation of stability and even for sand accumulation in the neighbouring sectors. Intensive erosion in the mainland coast was observed near the Lithuanian-Latvian border and near Melnragė I. The total sand volume washed out from the mainland coast reaches 366 000 m³ (9.7 m³/m) including 316 000 m³ (8.4 m³/m) from the beach and 50 000 m³ (1.3 m³/m) from the foredune. The Curonian Spit coast lost 392 000 m³ (7.7 m³/m) sand including 315 000 m³ (6.2 m³/m) from the beach and 77 000 m³ (1.5 m³/m) from the foredune.

Key words: storm Felix, shore, beach, foredune erosion, Baltic Sea