

## JŪROTYRA

### URAGANO „ERVINAS“ PADARINIAI LIETUVOS JŪRINIAME KRANTE

**Gintautas Žilinskas**

*Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius;  
Klaipėdos universiteto Jūrinio kraštovaizdžio mokslo institutas,  
H. Manto g. 84, LT-92294, Klaipėda  
El.paštas: zilinskas@geo.lt*

**Darius Jarmalavičius, Donatas Pupienis**

*Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius  
El. paštas: jarmalavicius@geo.lt, pupienis@geo.lt*

#### Įvadas

Ekstremaliomis hidrometeorologinėmis sąlygomis vykstančių krantinių procesų tyrimai yra itin svarbūs ne tik plečiant teorines krantotyros žinias, bet ir tobulinant krantosaugos būdus, užtikrinant hidrotechninių įrenginių saugumą, prognozuojant tolesnę kranto raidą ir kitose srityse. Deja, tiesioginiai instrumentiniai hidrolitodinaminių procesų tyrimai kranto zonoje sudėtingomis hidrometeorologinėmis uraganų sąlygomis beveik neatliekami (išimtį dažniausiai sudaro vandens lygio bei vėjo greičio ir krypties registravimas). Todėl apie šių procesų intensyvumą dažniausiai sprendžiama įvertinus uragano padarinių pobūdį bei apimtį.

Pirmieji duomenys apie itin stipraus uragano poveikį visam Lietuvos jūriniam krantui paskelbti J. Šuiskio straipsnyje (Шуйский, 1969). Buvo tyrinėti stipriausio (vėjo greitis gūsiuose siekė net 50 m/s) XX a. uragano, siautusio 1967 m. spalio 18 d., padariniai jūriniame krante. Tačiau darbe pateikti labai apibendrinti duomenys: sąnašų nuoplova visame Lietuvos pajūryje buvo įvertinta remiantis matavimais tik keturiuose ruožuose. Nepaisant šių trūkumų, remiantis minėtais tyrimais galima bent apytiksliai apskaičiuoti, kokią žalą uraganas padarė Lietuvos krantams. Be to, J. Šuiskis pasiūlė vertinant uraganų padarinius, kad būtų galima palyginti tyrimų rezultatus, visada remtis lyginamaisiais kranto nuoplovos duomenimis, vienetu priimant sąnašų nuoplovą iš vieno tiesinio kranto metro arba kilometro –  $m^3/m$ , arba  $m^3/km$  (Шуйский, 1969). Tokia metodika naudotasi ir vėlesniuose tyrimuose.

1983 metų žiemą Lietuvoje praūžusio uragano pasekmes pajūryje įvertino V. Kirlys (1990). Šis uraganas išsiskyrė ne tiek stiprumu (vėjo greitis bei bangų aukštis priekrantėje buvo mažesni nei 1967 m. uragano metu), kiek trukme: jau nuo 1982 m. gruodžio 15 d. Baltijoje siautė stipri audra, o 1983 m. sausio 18 d. vidutinis vėjo greitis prilygo uraganiniam ( $>30$  m/s). Audra šėlo net iki 1983 m. vasario 2 dienos. Deja, ir šiame darbe pateikti apibendrinti ilgų kranto ruožų tyrimų rezultatai: Kuršių nerijos išplaunamo (27 km), tranzitinio (51 km) ir akumuliacinio (19 km) bei Palangos–Šventosios (25 km), tuo tarpu Klaipėdos–Palangos ruožo išplova – nenustatyta. Kituose darbuose įvertintas uraganų poveikis tik kai kuriems objektams – Šventosios uostui (Šimoliūnas, 1933), Klaipėdos uostui (Коробова, 1969), Palangos rekreacinei zonai (Žilinskas, Janukonis, Lazauskas, 1994) arba pateikti uraganų veiklos bendrieji dėsningumai (Žaromskis, 1982). Taigi dėl natūrinių tyrimų stokos bei nepakankamo reprezentatyvumo negalima ne tik rekonstruoti krantinių procesų eigos uraganų

metu, bet netgi tiksliau sužinoti apie uraganų poveikio Lietuvos krantams mastą. Tokias tyrimų spragas lėmė kelios priežastys: dažnai uragano padariniai buvo vertinami vizualiniu maršrutiniu metodu, o instrumentinių matavimų atskiruose kranto ruožuose atlikta per mažai ir dažnai jie geodeziškai nesusieti, be to, matavimų vietose tiksliai nenustatytos daugiametės kranto dinamikos tendencijos ir kt.

Gerokai detaliau Lietuvos jūrinio kranto morfologijos pokyčiai įvertinti po paskutinio XX a. uragano, praūžusio Lietuvoje 1999 m. gruodžio 4 d. (Žilinskas, Jarmalavičius, Kulvičienė 2000). Pažymėtina, kad vertinant šio uragano poveikį Lietuvos krantams buvo stengiamasi išvengti minėtų tyrimų spragų.

Darbas atliktas atsižvelgiant į programos „Interreg IIB“ projekto „ASTRA“ tikslus.

## 1. Metodika

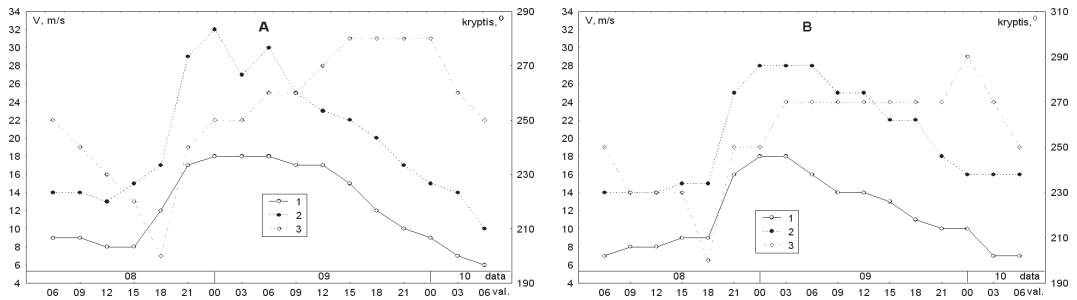
Uragano „Ervinas“, praūžusio 2005 m. sausio 8–9 d. (naktį), padarinių Lietuvos jūriniam krantams tyrimai buvo atliekami vos vėjui apimus ir pažemėjus jūros lygiui – sausio 13–20 dienomis. Tyrimų metu atlikta skersinių kranto profilių niveliacija (elektroniniu tacheometru *TOPCON GTS 229*) matavimo postuose, įrengtuose 1993 m. visame Lietuvos pajūryje (50 – Kuršių nerijoje ir 48 – žemyno krante). Taigi vienas matavimų postas reprezentavo vidutiniškai apie 1 km ilgio kranto ruožą Kuršių nerijoje ir apie 700 m – žemyno kranto. Minėtų skersinių kranto profilių vietose kasmetiniai matavimai atliekami jau nuo 1993 m., todėl buvo galima palyginti ir daugiametę (1993–2004) kranto pokyčių apimtis su uragano „Ervinas“ padarytais pokyčiais. Lauko tyrimų metu, kad matavimų postai reprezentuotų krantų ardą gretimuose ruožuose, tarp šių postų buvo atliekami ir papildomi instrumentiniai matavimai. Taip pat buvo fiksuojamos ir hidrotechninių įrenginių bei rekreacinės infrastruktūros (laiptų, leidimosi takų ir kt.) pažeidos, kartografuojamos jūros vandens proveržio į užkopę vietas ir kt. Kameralinių darbų metu apskaičiuota sąnašų nuoplova ( $m^3/m$ ) tiek iš apsauginio paplūdimio kopagūbrio, tiek iš paplūdimio bei bendra viso kranto.

Pažymėtina, kad tiksliausias rezultatus duoda kartotinė kranto skersinių profilių niveliacija. Vertinant kranto pokyčius vizualiai ar išmatavus juos tik plienine juosta, t.y. remiantis tik apsauginio paplūdimio kopagūbrio (APK) viršūnės ar papėdės atsitraukimo bei nuardyto APK šlaito aukščio matavimais, nemažai suklystama. Pavyzdžiui, nustatyta, kad dėl kintančio šlaito polinkio APK šlaito apatinėje dalyje bei čia atsirandančių fitoakumuliacinių kupstų tiksliai negalima susieti kopagūbrio skardžio ar moreninio klifo aukščio ir išneštos iš jų medžiagos kiekio. Ypač tokio vertinimo tikslumas nukenčia atsitraukus APK viršūnei. Be to, pagal uragano suformuoto skardžio aukštį visiškai negalima įvertinti paplūdimio sąnašų nuoplovos. Koreliacijos koeficientas tarp skardžio aukščio ir iš kranto išneštų sąnašų kiekio yra tik  $-0,31$  (kopagūbrio sąnašų kiekio pokyčio ir skardžio aukščio ryšys yra geresnis,  $-0,82$ , tačiau tik silpnai bei vidutiniškai apardytų kranto ruožų). Dar sunkiau įvertinti kranto sąnašų netektį iš kranto linijos dinamikos. Nustatyta silpna koreliacija tarp kranto linijos atsitraukimo ir paplūdimio sąnašų pokyčių ( $r=0,58$ ) bei tarp kranto linijos atsitraukimo ir sąnašų kiekio pokyčio visame krante ( $r=0,50$ ). Deja, tokių aprašytų matavimų būdų rezultatai dažnai skelbiami spaudoje ir klaidina skaitytoją.

## 2. Hidrometeorologinė situacija

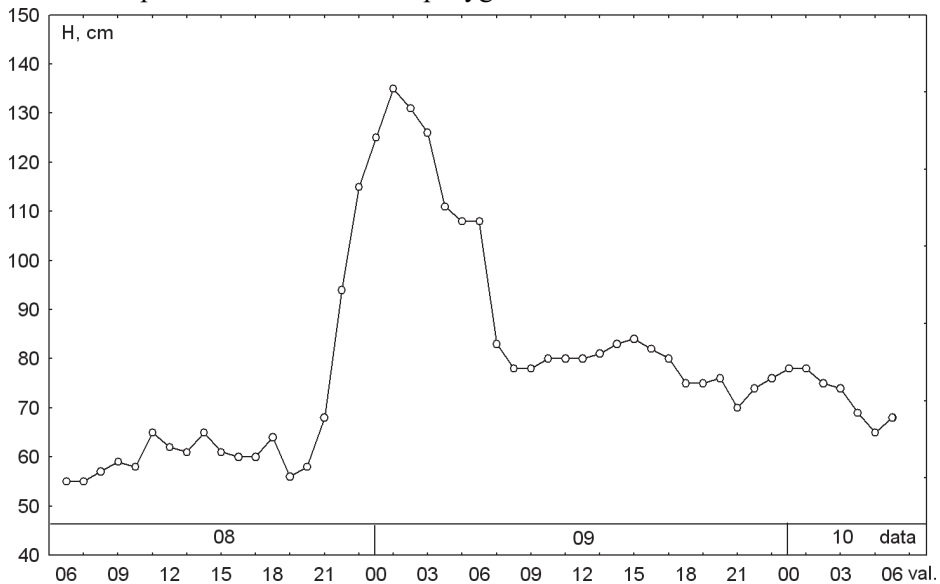
2005 m. sausio 8 d. virš Didžiosios Britanijos šiaurinės dalies susisukęs gilus ciklonas pradėjo slinkti per Šiaurės jūrą pietų Skandinavijos link. Pakeliui ciklonas gilėjo, stiprėjo vėjas. „Ervino“ vardu pavadintas uraganas, padaręs daug žalos Didžiąjai Britanijai, Švedijai, Danijai,

Estijai ir Latvijai, naktį iš sausio 8 d. į 9 d. pasiekė Lietuvos pakrantę. Laimė, kad tuo metu „Ervinas“ jau silpo ir uraganinis vėjas buvo užfiksuotas tik gūsiuose ir tik Palangos hidrometeorologijos stotyje. Čia vėjo greitis gūsiuose siekė 32 m/s, kitur gūsių buvo silpnesni: Šilutėje – 29 m/s, Klaipėdoje ir Laukuvoje – 28, Nidoje – 29 m/s. Taigi daug kur vėjas nesustiprėjo iki uraganinio (30 m/s). Palyginimui: „Anatolijaus“ štormo metu (1999) Nidoje vėjo greitis buvo iki 40, o Klaipėdoje – 38 m/s. Tuo tarpu „Ervino“ vidutinis vėjo greitis buvo dar mažesnis. Daugelyje pajūrio hidrometeorologijos stočių vėjo greitis siekė 18 m/s. Stipriausi vėjai pūtė iš V–VPV, taigi beveik statmenai Lietuvos jūros krantui (1 pav.).



**1 pav.** Vėjo krypties bei greičio kaita Palangoje (A) ir Klaipėdoje (B) per uraganą „Ervinas“ (Palangos ir Klaipėdos HMS duomenimis): 1 – vidutinis vėjo greitis; 2 – vėjo greitis gūsiuose; 3 – vėjo kryptis.  
**Fig. 1.** Dynamics of wind direction and velocity in Palanga (A) and Klaipėda (B) during the action of hurricane “Ervin” (according to the data of Klaipėda and Palanga HMS): 1 – average, 2 – in the gusts, 3 – wind direction.

Stiprėjant vėjui kilo ir jūros vandens lygis (2 pav.). Per gana trumpą laikotarpį (5 val.) vandens lygis Klaipėdos uoste šoktelėjo nuo 60 iki 135 cm, o užfiksuotas maksimalus vandens lygis – 154 cm aukščiau posto nulio. Palyginus su kitų ekstremalių audrų metu užfiksuotais maksimaliais vandens lygiais (1967 m. – 185 cm, 1983 m. – 153 cm, 1999 m. – 165 cm) ši patvanka nebuvo pati didžiausia ir beveik prilygo 1983 m. štormo.



**2 pav.** Vidutinio vandens lygio kaita Klaipėdos uoste uragano „Ervinas“ metu (Klaipėdos jūrų tyrimų centro duomenimis).  
**Fig. 2.** Dynamics of mean sea level in the Klaipėda port during hurricane “Ervin” (according to the data of Klaipėda HMS).

Apibendrinant uragano „Ervinas“ metu buvusią hidrometeorologinę situaciją tenka konstatuoti, kad Lietuvos teritorijoje uraganiniai vėjai fiksuoti tik Palangoje, kitur jie prilygo stipriems štorminiams. Ir nors „Ervinas“ didžiajai Lietuvos jūrinio kranto daliai ypatingos grėsmės nekėlė, atkreiptinas dėmesys į kitą kranto būklei svarbų faktą – ciklonų veiklą 2004 m. pabaigoje. Po ramių tų metų rugsėjo ir spalio Lietuvą lapkričio 18 d. pasiekė gilus ciklonas, lydintas štorminių (virš 20 m/s greičio) PV–ŠV vėjų. Jau šio štormo metu buvo paplauta kranto atkarpa Palangoje, tarp tilto bei Dariaus ir Girėno gatvės. Vėliau, lapkričio pabaigoje, praslinko dar vienas ciklonas. Ciklonai užgriūdavo ir gruodį: praslinkę keturi galingi ciklonai, lydimi štorminių vėjų, pakėlė jūros vandens lygį. 2005 m. sausio pradžioje prieš ateinant „Ervinui“ praslinko dar du ciklonai. Taigi „Ervinas“ nebuvo ypatingai grėsmingas, tačiau užgriuvo jūros krantą jau nukentėjusį nuo ankstesnių intensyvių ciklonų antpuolių.

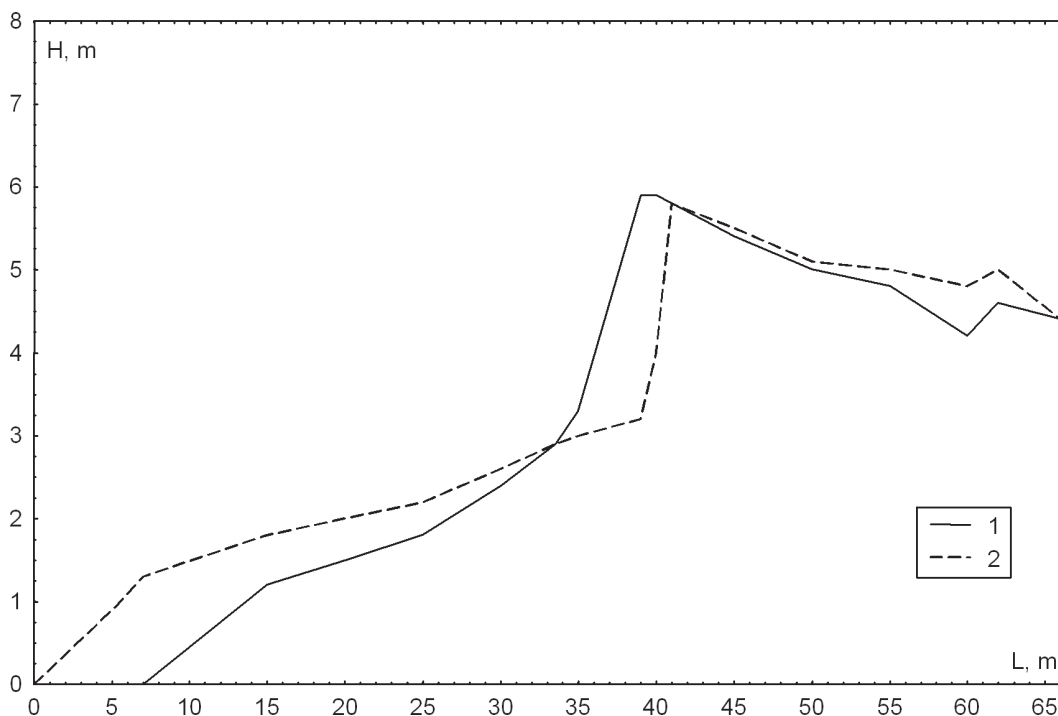
### 3. Uragano poveikis įvairiems kranto ruožams

Nors tyrimų metu buvo fiksuojami ir kranto linijos bei apsauginio paplūdimio kopagūbrio (APK) viršūnės linijiniai pokyčiai, uragano padarinių vertinimo pagrindiniu kriterijumi pasirinktas iš vieno kranto ilginio metro išplautų sąnašų kiekis. Mat šis rodiklis atspindi kranto būklės pokyčius ir tose kranto atkarpose, kur po uragano kranto linijos ar APK viršūnės padėtis erdvėje išliko stabili, bet pažemėjus paplūdimiams bei bangoms apardžius APK vakarinį šlaitą pakito sąnašų kiekis. Toliau tekste trumpai apžvelgti uragano padariniai įvairiuose kranto ruožuose.

#### 3.1. Žemyno krantas

**Valstybės siena su Latvija–Šventosios uostas.** Lyginant šio kranto ruožo ardos apimtis su kranto išplova po 1993 m. (Žilinskas, Janukonis, Jarmalavičius, 1995) ar 1999 m. uragano (Žilinskas, Jarmalavičius, Kulvičienė, 2000) galima teigti, kad šis ruožas palyginus gerai atlaikė bangų „puolimą“: mažiau apardytas APK bei susiaurėję ir pažemėję paplūdimiai, juose neatsidengė durpių linijų; pro apsauginį paplūdimio kopagūbrį jūros vanduo prasiveržė tik vienoje vietoje – plūdo antropogeninės kilmės griova, esančia apie 400 m į šiaurę nuo „Energetiko“ poilsio namų, ties asfaltuota sporto aikštele. Jūros vanduo buvo užliejęs apie 50 m<sup>2</sup> užkopėje, o užlajos gylis siekė 0,5 m. Tuo tarpu 1999 m. uragano metu sienos su Latvija–Šventosios uosto ruože vanduo buvo pramušęs APK net devyniose vietose. Gerai uragano „puolimą“ atlaikė po 1999 m. uragano nukentėjęs atkurtas APK (100 m ilgio kranto atkarpoje) Būtingės naftos terminalo trasos rajone. Padidėjęs kranto stabilumas sienos su Latvija–Šventosios uosto ruože sietinas tiek su pastaraisiais metais atliktais APK tvirtinimo darbais, tiek su nešmenų kiekiu padidėjimu (padidėjus Šventosios uosto pietinio molo pralaidumui). Atsižvelgiant į kranto ardos apimtis šiame ruože išskirtos dvi atkarpos.

*1. Sienos su Latvija–Būtingės naftos terminalo trasa.* Šioje trumpoje (1 km) kranto atkarpoje buvo stipriai nuardytas kopagūbrio vakarinis šlaitas. Čia kopagūbrio papėdei atsitraukus 1–5 m, o viršūnei – iki 2 m., susiformavo 0,5–3,0 m aukščio smėlio skardžiai. Nuardymo laipsnis mažėja pietų kryptimi. Kopagūbris prarado iki 10 m<sup>3</sup>/m smėlio, o visoje atkarpoje iš kranto kopų išplauta apie 4500 m<sup>3</sup> smėlio. Paplūdimyje ardos apimtys mažesnės. Paplūdimio pločio pokytis – nuo 7 iki -15 m, o sąnašų kiekis jame kinta nuo -18 iki 13 m<sup>3</sup>/m. Pastebėtina, kad dėl gana neilgos uragano trukmės daugelyje vietų nuardytas kopagūbrio smėlis nebuvo išneštas į jūrą, liko paplūdimyje. Todėl viršutinėje paplūdimio dalyje vyksta akumuliacija (paplūdimiai paaukštėjo ir tapo statesni), o apatinėje – ardymas. Vietomis smėlio akumuliacija apima visą paplūdimį (3 pav.). Šiame ruože paplūdimiai prarado tik 2500 m<sup>3</sup> smėlio, o iš viso kranto (paplūdimys + kopagūbris) išnešta apie 7000 m<sup>3</sup> smėlio.



**3 pav.** Kranto pokyčiai prie valstybės sienos su Latvija: 1 – kranto profilis prieš uraganą, 2 – po uragano.  
**Fig. 3.** Dynamics of the coast near the border with Latvia: 1 – coast profile before the hurricane, 2 – after the hurricane.

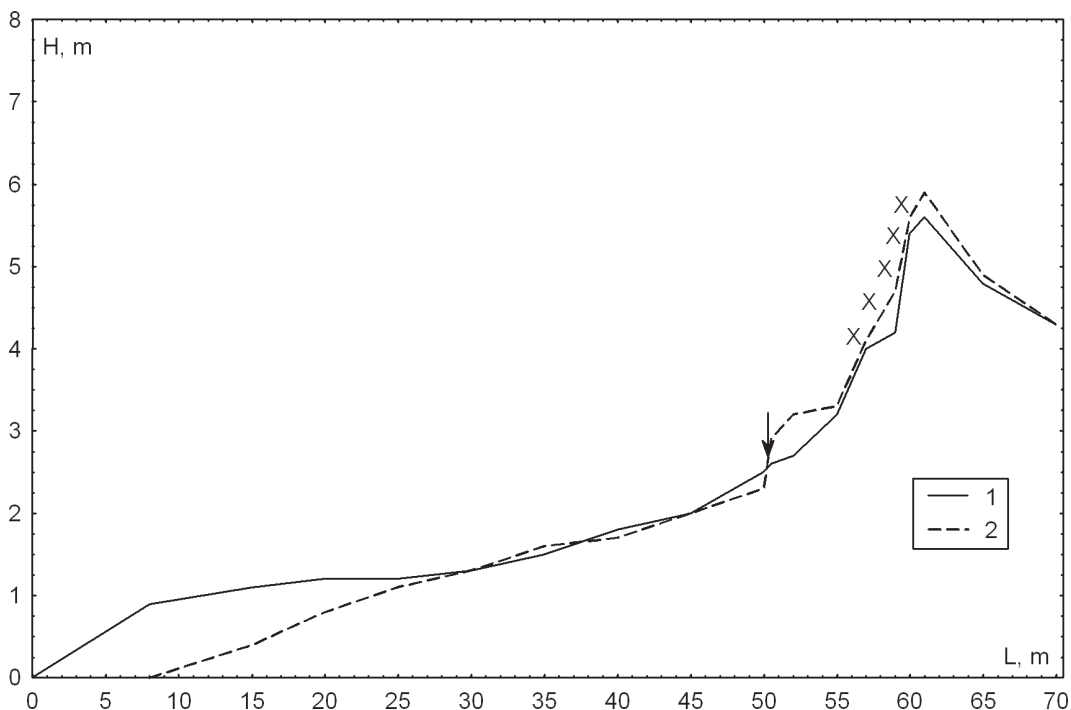
2. *Būtingės naftos terminalo trasa–Šventosios uostas.* Priešingai nei aukščiau aprašytoje kranto atkarpoje, čia kopagūbris praktiškai nenukentėjo, nors daugelyje vietų jis yra labai žemas (1,5–3 m). Audrėjimo metu kopagūbryje smėlio buvo sukaupta daugiau nei nuplauta po audros. Dėl šios priežasties bendras smėlio prietakos į kopagūbrį biudžetas buvo teigiamas. Jame smėlio susikauptė nuo 0,3 m<sup>3</sup>/m šiaurinėje ruožo dalyje iki 10,0 m<sup>3</sup>/m pietinėje (netoli šiaurinio Šventosios uosto molo liekanų). Visoje atkarpoje akumuliuota apie 10 000 m<sup>3</sup> smėlio. Neblogai prieš uragano „puolimą“ čia atsilaikė ir apylūdimiai. Nors jų plotis kito nuo nežymaus paplatėjimo (1 m) iki akivaizdaus susiaurėjimo (apie -20 m), sąnašų netektis siekė tik iki -18 m<sup>3</sup>/m. Bendras išnešto iš apylūdimio smėlio kiekis šiame ruože sudarė apie 7500 m<sup>3</sup>. Pažymėtina, kad jūros bangoms labai neapardžius kopagūbrio, didžiausias mūšos smūgis teko apylūdimio viršutinei daliai, iš kurios ir buvo išnešta pagrindinė smėlio masė, tuo tarpu apylūdimio viduryje ar net apatinėje jo dalyje daug kur užfiksuota nedidelė smėlio akumuliacija. Suvedus bendrą visos šios atkarpos smėlio biudžetą tenka konstatuoti netgi nedidelę (2500 m<sup>3</sup>) jo akumuliaciją šiame ruože.

**Šventosios uostas–Ošupis.** Šiame kranto ruože einant į pietus (maždaug 1 km nuo pietinio Šventosios molo) vėl išryškėjusi nedidelė kopagūbrio papėdės arda. Susiformavęs iki 0,2–0,5 m aukščio smėlio skardis. Tačiau smėlio biudžetas kopagūbryje daug kur išliko teigiamas. Smėlio kiekio pokyčiai čia svyravo nuo -0,5 iki 5,5 m<sup>3</sup>/m, o visame, apie 5,5 km ilgio, kranto ruože APK smėlio ištekliai pasipildė 14 000 m<sup>3</sup>. Atkreiptinas dėmesys, kad tokią akumuliaciją čia lėmė platūs, daug smulkiagrūdžio smėlio turintys apylūdimiai. Antra vertus, apylūdimiai šiame kranto ruože patyrė didesnę ardą – dalis sąnašų buvo supustyta į kopagūbrį, dalis – bangų nuplauta į jūrą. Vėlgi, kaip ir anksčiau aprašytame ruože, didžiausia arda užfiksuota apylūdimio viršutinėje dalyje, ypač piečiau Šventosios APK papėdėje besiformuojančiame fitoakumuliaciniame gūbryje. Visame ruože apylūdimiai susiaurėjo 6–

20 m ir neteko 2–15 m<sup>3</sup>/m smėlio. Bendras iš šio kranto ruožo paplūdimių išnešto smėlio kiekis sudarė apie 46 000 m<sup>3</sup>. Viso kranto sąnašų biudžetas neigiamas (-32 000 m<sup>3</sup>). Pažymėtina, kad uragano metu pažemėjus paplūdimiui ir pakilus jūros lygiui vanduo buvo prasiveržęs pro distalinę pietinio Šventosios uosto molo pusę ir tekėjo į Šventosios upę. Šios pralaužos plotis – 7 m, gylis – apie metrą.

**Ošupis–Kunigiškės.** Šiame kranto ruože APK vakarinio šlaitas vėl stipriau nuardytas. Atsiradę 1 m aukščio smėlio skardžiai, o smėlio išplauta iki 2 m<sup>3</sup>/m. Tačiau dėl didelės smėlio akumuliacijos (sutvirtinus APK žabtvorėmis) priešuraganiniu laikotarpiu sąnašų biudžetas čia išliko teigiamas (4000 m<sup>3</sup>). Didžiausias išbandymas teko paplūdimiui, kuris susiaurėjo iki 20 m, o smėlio buvo prarasta iki 25 m<sup>3</sup>/m. Viso šio ruožo paplūdimys neteko maždaug 41 000 m<sup>3</sup>, krantas – 37 000 m<sup>3</sup> smėlio. Pažymėtina, kad, kaip ir per 1999 m. uraganą (tik daug trumpesnėje – 50 m ilgio – atkarpoje), buvo užneštos smėliu Ošupio žiotys.

**Kunigiškės–Ražė.** Šis kranto ruožas pasižymėjo santykinai didele smėlio akumuliacija kopagūbryje. Čia susikaupė maždaug nuo 2,5 iki 11,8 m<sup>3</sup>/m smėlio. Iš viso šioje kranto atkarpoje esančiame kopagūbryje buvo akumuliuota apie 13 000 m<sup>3</sup> smėlio. Tokią gausią akumuliaciją lėmė šios aplinkybės: ruožas gerai „pamaitinamas“ iš Palangos tilto–Birutės kalno ruožo išplaunamu smėliu; atlikti krantotvarkiniai darbai – APK papėdėje supinta žabtvorių bei paklota šakų klojinių kopagūbrio šlaite, kas sudarė geras sąlygas kauptis gausiai vėjo nešamam smėliui; gera „mitybos“ bazė (didelis smėlio kiekis paplūdimyje), lengvai į eolodinaminius procesus įtraukiamas smėlis (vyrauja smulkiagrūdis) bei pakankamas vėjo išibėgėjimo kelias (platūs, virš 30 m, paplūdimiai).

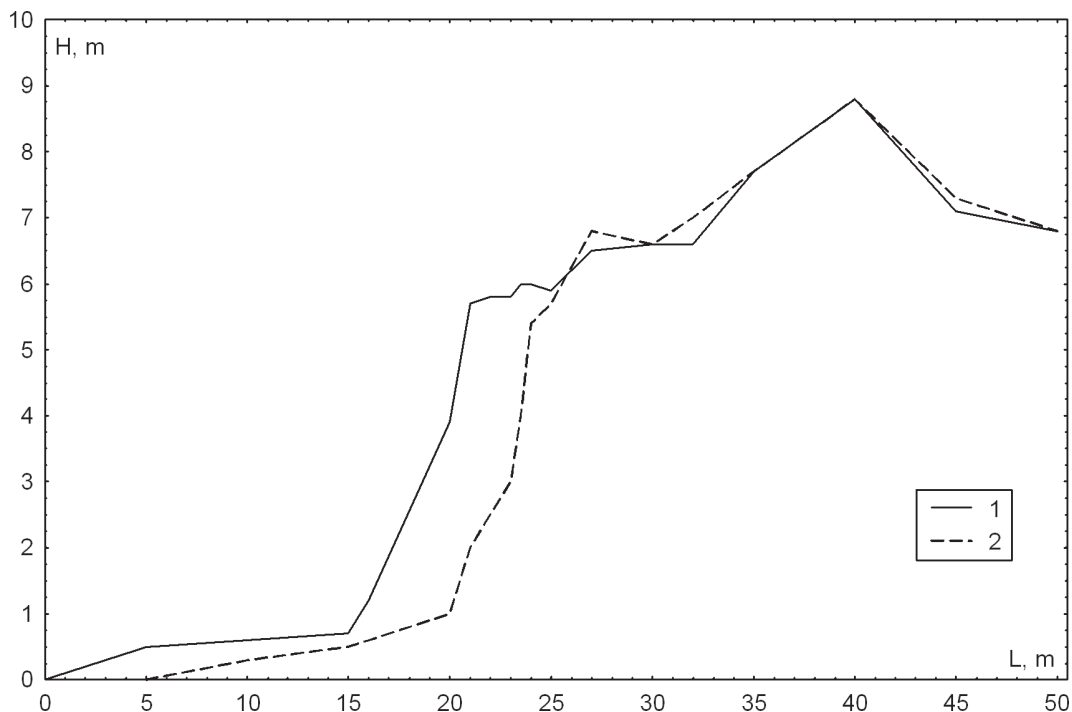


**4 pav.** Kranto pokyčiai į šiaurę nuo Palangos (ties „Medūzos“ vila): 1 – kranto profilis prieš uraganą, 2 – po uragano. Rodykle pažymėta žabtvorių vieta, X – šakų klojiniai.

**Fig. 4.** Dynamics of the coast north of Palanga (near hotel “Medūza”): 1 – coast profile before the hurricane, 2 – after the hurricane. The arrow shows brushwood fences, X – brushwood floor.

Pažymėtina, kad daugelyje šio kranto atkarpos vietų jūros bangos uragano metu viršutinę paplūdimio dalį nuardė iki pirmos žabtvorių eilės, už kurios iškilo iki 0,5 m aukščio naujai supustyto smėlio terasa (4 pav.). Taigi šiame kranto ruože žabtvorės ir šakų klojiniai atliko savo paskirtį. Nagrinėjant šio ruožo paplūdimių morfologijos pokyčius tenka konstatuoti, kad pastarieji gerokai susiaurėjo – 11–27 m ir prarado vidutiniškai nuo 2 iki 22 m<sup>3</sup>/m smėlio. Didžiausi pokyčiai užfiksuoti paplūdimio apatinėje dalyje ir ties kranto linija, tuo tarpu paplūdimio vidurinėje ir viršutinėje dalyse jie yra minimalūs. Iš viso ruožo paplūdimių išplauta apie 70 000 m<sup>3</sup> smėlio. Bendras maždaug 4 km ilgio kranto atkarpoje sąnašų biudžetas išliko neigiamas (-57 000 m<sup>3</sup>).

**Ražė–„Auskos“ vila.** Šiame kranto ruože kopagūbris labiausiai apardytas (5 pav.). Jo arda didėja einant nuo Ražės upelio (smėlio skardis apie 0,5 m) į pietus, ir yra maksimali (skardžio aukštis apie 6 m) atkarpoje tarp Kęstučio bei Dariaus ir Girėno gatvių. Toliau į pietus skardžiai mažėja ir ties Birutės kalnu siekia iki 0,5 m aukščio. Didžiausios ardos vietoje kopagūbrio papėdė atsitraukė apie 4 m, o kopagūbrio skardžio viršutinė briauna – nuo 2 iki 4 m. APK smėlio išteklių kito nuo 10 m<sup>3</sup>/m ties Ražė (50 m atkarpėlyje) ir -1,4 m<sup>3</sup>/m ties „Auskos“ vila iki -20 m<sup>3</sup>/m ties Kęstučio gatve. Bendras iš šio kranto ruožo kopagūbrio išnešto smėlio kiekis sudarė apie 20 000 m<sup>3</sup>. Kita vertus, paplūdimiai didžiausios ardos vietoje susiaurėjo tik 6–10 m (palyginimui ties Ražė – 27 m), o nuplauto smėlio kiekis siekė 6–10 m<sup>3</sup>/m. Tokie santykinai nedidelė paplūdimio netektis sietina su tuo, jog čia ir iki uragano paplūdimiai buvo siauri ir lėkšti, mažai sukaupe smėlio. Bendras iš viso kranto ruožo paplūdimių išnešto smėlio kiekis sudarė 22 000 m<sup>3</sup>, o iš viso kranto – apie 42 000 m<sup>3</sup>. Pažymėtina, kad šio kranto ruožo didžiausios ardos atkarpoje paplūdimyje susikaupus labai menkoms smėlio atsargoms ir esant per mažam vėjo išibėgėjimo keliui (labai siauri ir lėkšti paplūdimiai), žabtvorės APK papėdėje savo paskirties neatlieka.



**5 pav.** Kranto pokyčiai į pietus nuo Palangos tilto (ties Kęstučio gatve): 1 – kranto profilis prieš uraganą, 2 – po uraganą.

**Fig. 5.** Dynamics of the coast south of Palanga pier (near Kęstučio Street): 1 – coast before the hurricane, 2 – after the hurricane.



„Auskos“ vila–Šaipiai. Šiame kranto ruože apsauginis paplūdimio kopagūbris rimčiau nenukentėjo. Smėlio kiekis jame kito nuo 0,7 iki -1,4 m<sup>3</sup>/m, bendras biudžetas buvo neigiamas (apie -7000 m<sup>3</sup>). Labiausiai nukentėjo paplūdimys, ypač apatinė jo dalis, ką gerai atspindi 7–25 m atsitraukusi kranto linija. Tai lėmė smėlio sumažėjimą nuo 12 iki 30 m<sup>3</sup>/m. Iš ruožo paplūdimių iš viso išplauta maždaug 88 000 m<sup>3</sup>. Bendras iš kranto išnešto smėlio kiekis siekė apie 95 000 m<sup>3</sup>.

**Šaipiai–Giruliai.** Šiame ruože didelė kranto reljefo formų įvairovė. Čia tarp įvairaus aukščio moreninių klifų, vietomis paįvairintų sufoziniais cirkais, bei smėlio skardžio atkarpu įsiterpia neaukšti smėlio kopagūbriukai. Todėl ir kranto atsparumas ekstremalioms audroms yra labai nevienodas. Sąnašų netekties vertinimui turi įtakos ir tai, kad, pavyzdžiui, ties Olando Kepurės moreniniu klifu dėl solifliukcinių procesų nuslinkus nuošliaužai užfiksuoti nuostoliai bus kelis kartus didesni nei žemesniame Šaiپیų moreniniame klife po intensyvaus uragano „puolimo“. Dėl šios priežasties bendras grunto nuostolių vertinimas šiame ruože yra daugiau apibendrintas nei kituose kranto ruožuose. Iš šio ruožo moreninių klifų bei smėlio skardžių buvo išplauta nuo 2 iki 23 m<sup>3</sup>/m smėlio bei morenos. Bendras kiekis sudarė apie 40 000 m<sup>3</sup>. Ne ką mažesnė ir paplūdimių sąnašų kiekio kaitos įvairovė. Vienur užfiksuotas paplūdimių paplatėjimas ir paaukštėjimas, kitur – susiaurėjimas ir sulėkštėjimas, dar kitur kito tik viršutinė arba tik apatinė paplūdimio dalis. Dinaminė kranto linija kito nuo -6 iki 7 m, o paplūdimio smėlio kiekio pokyčiai sudarė nuo -13 iki 10 m<sup>3</sup>/m. Vis dėlto integruotas visos atkarpos paplūdimių smėlio kiekio biudžetas liko neigiamas – -29 000 m<sup>3</sup>. Taigi visoje kranto (APK + paplūdimys) atkarpoje sąnašų sumažėjo maždaug 69 000 m<sup>3</sup>.

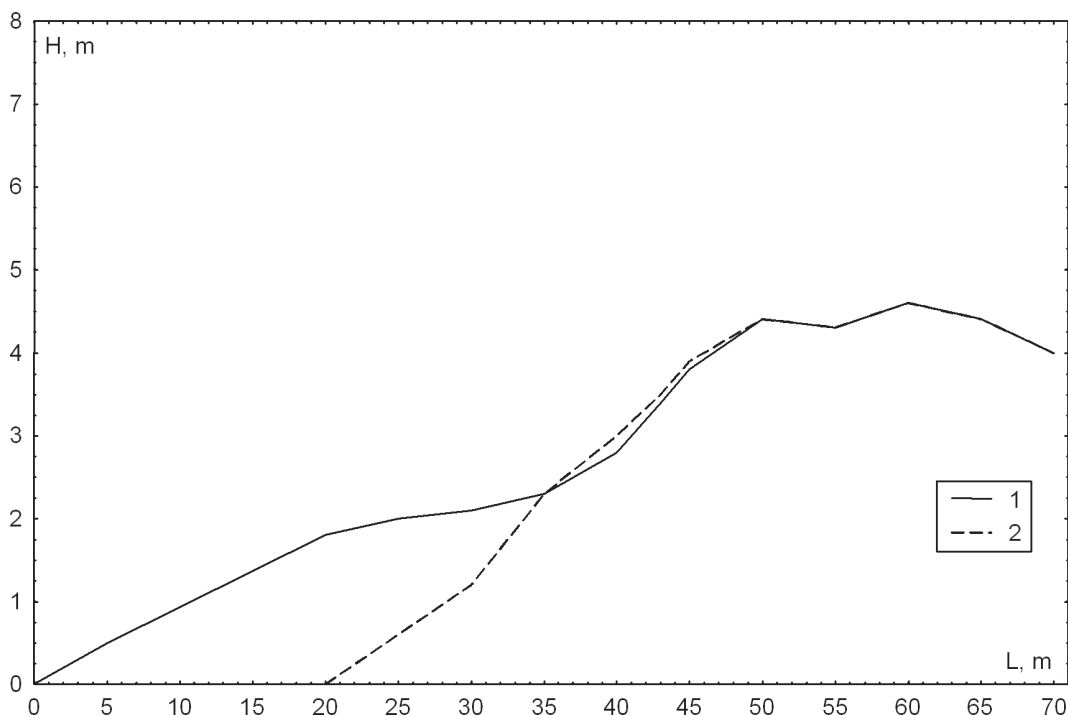
**Giruliai–II Melnragė.** Šiam ruožui būdinga nemaža smėlio akumuliacija kopagūbrio vakariniame šlaite, papėdėje ir vietomis net viršutinėje paplūdimio dalyje. Vidutiniškai viename kopagūbrio ilgio metre susikaupė nuo 0,5 iki 2,0 m<sup>3</sup> smėlio. Bendras smėlio biudžetas sudarė maždaug +5000 m<sup>3</sup>. Tai paaiškintina 2001 m. priekrantėje išpildo smėlio (Žilinskas, Jarmalavičius, Pupienis, 2003) išmetimu į krantą uragano metu ir jo perpustymu į APK rimimo fazėje. Tą patvirtina ir šiam kranto ruožui nebūdingo smulkesnio smėlio atsiradimas paplūdimyje. Anksčiau (per 1993–2000 m. laikotarpį) šioje kranto atkarpoje vyravo smėliai, kurių dalelių vidutinis skersmuo buvo 0,28–0,4 mm, o dabar paplūdimius dengia 0,23–0,31 mm frakcijos smėliai. Staigus smulkios frakcijos pasirodymas paplūdimyje sietinas su priekrantės ties II Melnrage rekultivacijos metu išpildo smėlio akumuliacija krante. O smėlio kaupimąsi APK papėdėje paskatino kopagūbrio tvirtinimo darbai.

Smėlio kiekio pokyčiai paplūdimyje analogiškai kaip ir anksčiau aprašytame Kunigiškių–Rąžės kranto ruože. Didžiausia arda užfiksuota apatinėje paplūdimio dalyje, kur smėlio biudžetas kito nuo 16,5 iki -80 m<sup>3</sup>/m. Visame ruože iš paplūdimio buvo išplauta apie 43 000 m<sup>3</sup> smėlio. Bendras APK ir paplūdimio sąnašų biudžetas vis dėl to išliko neigiamas (apie -38 000 m<sup>3</sup>). Tačiau pažymėtina, kad smėlio nuoplova apatinėje paplūdimio dalyje yra įprastas reiškinys ir praėjus audringam rudens–žiemos tarpsniui, krintant vandens lygiui paplūdimys gali greitai atsikurti. Stipresnė APK arda, susiformavus apie 100 m ilgio įlankai, užfiksuota tik ties Giruliais žmonėms su negalia skirtame pliaže (antrieji laiptai nuo Melnragės).

**II Melnragė–Klaipėdos uostas.** Einant šiuo ruožu į pietus paplūdimius dengiantis smėlis palaipsniui tampa rupesnis, o paplūdimys – aukštesnis ir statesnis. Ties I Melnrage 3–4 m aukščio paplūdimį formuoja stambiagrūdis smėlis. Tokį patikimą natūralų bangolaužį nelengva įveikti net ekstremalių audrų sukeltoms bangoms. Pažymėtina, kad net 1999 m. uragano metu šioje kranto atkarpoje buvo užfiksuota smėlio akumuliacija. Įstabu tai, kad čia, kopagūbrio papėdėje, išpintos žabtvorės akumuliuo ne vėjo pernešamą smulkiagrūdį ir vidutigrūdį smėlį (kurio praktiškai nėra), o plūsmo srauto permestą per žabtvores stambiagrūdį



smėlį. Smėlio biudžetas APK kito labai nežymiai (nuo -0,1 iki 0,2 m<sup>3</sup>/m). Viso ruožo kopagūbryje smėlio padaugėjo (900 m<sup>3</sup>). Pažymėtina, kad tik stiprūs štorminiai vėjai gali formuoti kopagūbrį iš stambiagrūdžio smėlio. Didžiausi neigiami pokyčiai čia užfiksuoti apatinėje paplūdimio dalyje (6 pav.). Kranto linijai atsitraukus 0,5–21,0 m iš apatinės paplūdimio dalies buvo išplauta iki 37 m<sup>3</sup>/m smėlio. Tokie ryškūs pokyčiai susidaro dėl didelio paplūdimių statumo. Bendras iš paplūdimio išplauto smėlio kiekis sudarė maždaug 44 000 m<sup>3</sup>, o iš viso ruožo kranto jo išplauta apie 43 000 m<sup>3</sup>.

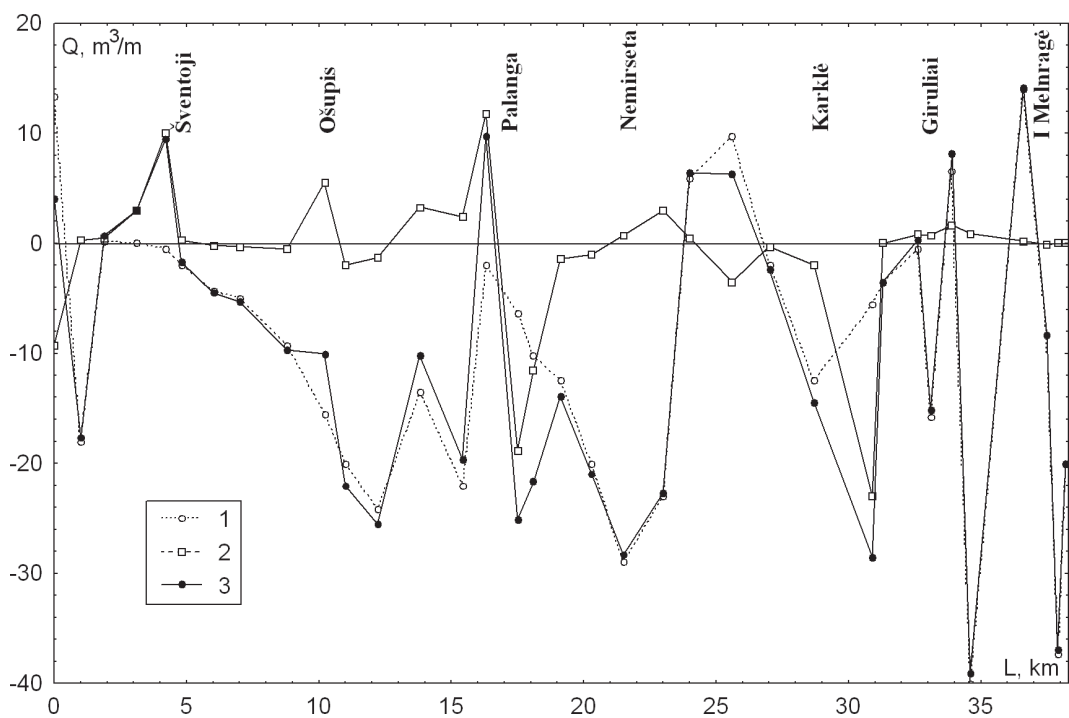


**6 pav.** Kranto pokyčiai ties I Melnrage: 1 – kranto profilis prieš uraganą, 2 – po uraganą.

**Fig. 6.** Dynamics of the coast near Melnragė I: 1 – coast before the hurricane, 2 – after the hurricane.

Apibendrinti viso žemyninio kranto sąnašų kiekio pokyčiai (7 pav.) po „Ervinos“ uragano rodo, kad didžiausią ardą patyrė paplūdimiai: iš jų išplauta maždaug 391 000 m<sup>3</sup> sąnašų. Apsauginis paplūdimio kopagūbris bei moreninis klifas sąnašų prarado žymiai mažiau (maždaug 25 000 m<sup>3</sup>). Daugiausiai kopagūbris apardyta Rąžės–„Auskos“ vilos bei moreninio klifo ruožuose. Geriausiai uraganą atlaikė kopagūbris Būtingės naftos terminalo trasos–Šventosios, Kunigiškių–Rąžės ir Girulių–II Melnragės kranto ruožuose. Nors šie kranto ruožai ir nepasižymi gerai išsivysčiusiu kopagūbriu, jų santykinį stabilumą užtikrino „pamaitinimo“ sąnašomis veiksnys. Pirmuoju atveju stabilumą lėmė padidėjęs Šventosios uosto molų pralaidumas nešmenims, antruoju – piečiau esančio ruožo arda, trečiuoju – bangų išmestas smėlis iš priekrantės rekultivavimo vietos. Be to, šiuose ruožuose kranto arda pristabdė ir APK atlikti tvirtinimo darbai. Visas žemyno krantas (paplūdimys + APK) uragano „Ervinas“ metu neteko apie 416 000 m<sup>3</sup> sąnašų.

Pažymėtina, kad apskaičiuojant smėlio netektį apatinėje paplūdimio dalyje pokyčiai matuojami nuo daugiamečio jūros lygio nulio (matavimų metu jis buvo 50–60 cm aukštesnis), todėl krintant vandens lygiui palankiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis prie kranto gali akumuliuotis nemažai smėlio, ir paplūdimiai daugumoje vietų bent jau iš dalies turėtų atsikurti per palyginti trumpą laiką.



**7 pav.** Sąnašų pokytis ( $Q$ ,  $m^3/m$ ) žemyno krante praūžus uraganui „Ervinas“: 1 – paplūdimyje, 2 – kopagūbryje, 3 – visame krante. Abscisių ašies nulis – valstybės siena su Latvija.

**Fig. 7.** Dynamics of the amounts of sand ( $Q$ ,  $m^3/m$ ) in the mainland coast during the hurricane “Ervin”: 1 – on the beach, 2 – on the duneridge, 3 – over the entire coast. “0” of abscissa axis – border with Latvia.

### 3.2. Kuršių nerijos krantas

**Kopgalis–II Smiltynė.** Šis ruožas išsiskyrė didžiausia kopagūbrio arda visoje Kuršių nerijoje (8 pav.). Jame kopagūbrio papėdė atsitraukė 0,5–4,0 m, o viršutinė APK briauna – iki 0,4 m. Kopagūbris neteko iki 5,1  $m^3/m$  smėlio, o bendras atkarpos APK biudžetas sudarė maždaug -6000  $m^3$ .

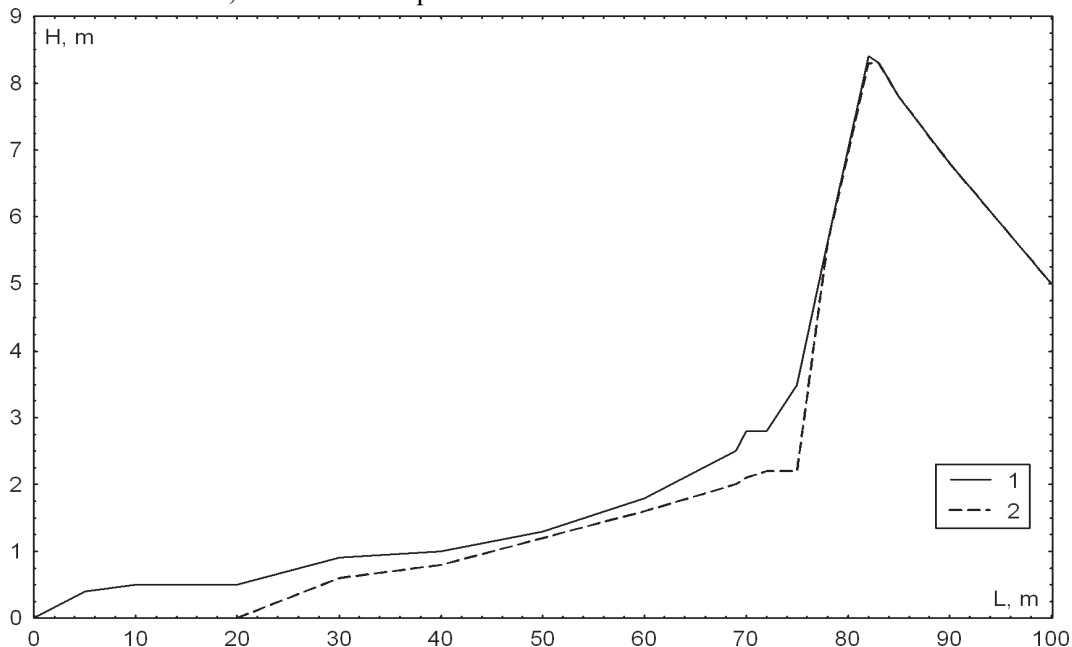
Paplūdimiai šiame ruože susiaurėjo (kranto linija atsitraukė 1–30 m) ir sulėkštėjo visame paplūdimio skersplotyje. Iš paplūdimių smėlio išplauta iki 18,6  $m^3/m$ . Bendrai visoje atkarpoje paplūdimys prarado apie 13 000  $m^3$ , o visas krantas ruože – apie 19 000  $m^3$  smėlio.

**II Smiltynė–Juodkrantė.** Šis kranto ruožas yra santykinai stabilus. Nors kopagūbrio papėdė beveik visame ruože bangų buvo šiek tiek apardyta (susiformavo 0,5–1,5 m aukščio smėlio skardis), anksčiau kopagūbrio šlaite susikaupęs smėlis iš dalies ar net visiškai kompensavo nuoplovą. Todėl APK smėlio kiekio pokyčiai svyruoja nuo -0,3 iki 1,6  $m^3/m$ , o bendras smėlio biudžetas yra teigiamas (8000  $m^3$ ).

Paplūdimiai šiame kranto ruože taip pat gana stabilūs, net dinaminės kranto linijos pokyčiai buvo nedideli, be akivaizdžios tendencijos, o smėlio kiekis juose kito nuo -0,1 iki +2,0  $m^3/m$ . Bendras paplūdimio sąnašų biudžetas buvo neigiamas (-14 000  $m^3$ ). Iš viso šio ruožo išplauta tik apie 6000  $m^3$  smėlio.

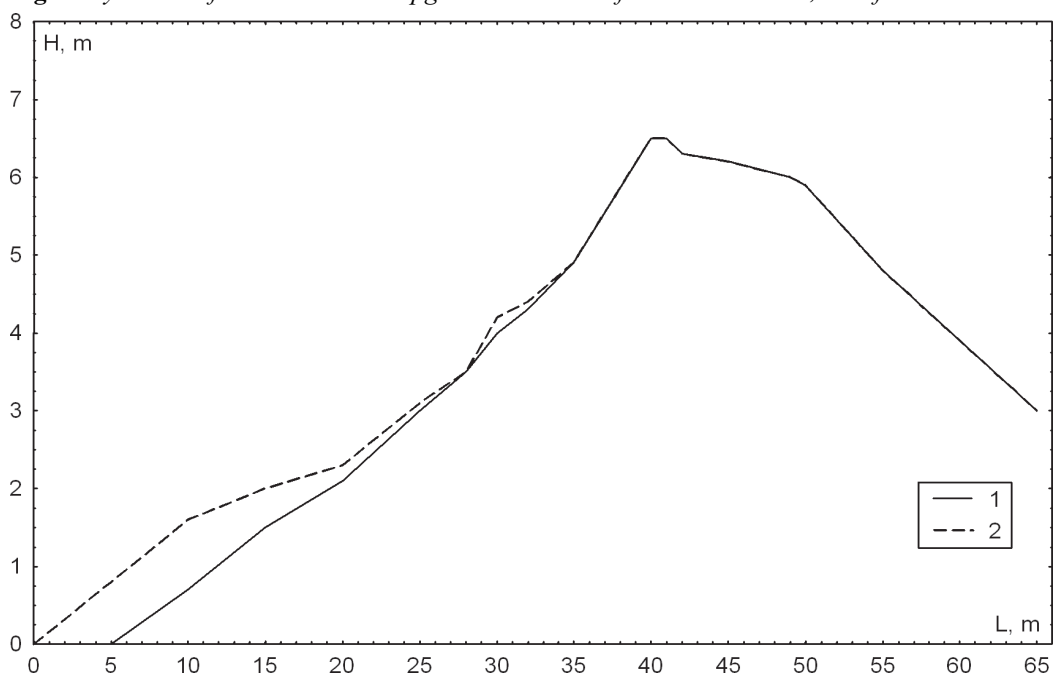
**Juodkrantė–Pervalka.** Maždaug ties centriniu Juodkrantės įvažiavimu smėlio skardis kopagūbrio papėdėje išnyksta ir iki Pervalkos jis matyti tik trumpose kranto atkarpelėse. Šiame kranto ruože uragano metu kopagūbris ne tik nenukentėjo, bet daugelyje vietų netgi pasipildė smėlio. Vidutiniškai smėlio kiekis kito nuo -0,7 iki 1,0  $m^3/m$ , o bendras smėlio kiekio biudžetas čia sudarė apie 1000  $m^3$ . Labiausiai pakito, kaip ir anksčiau aprašytame kranto ruože,

paplūdimys. Pažymėtina, kad ir čia vyravo smėlio akumuliacija (9 pav.). Nors kranto linijos padėtis erdvėje, čia kito nuo -18 iki 7 m, net ir didžiausio kranto linijos atsitraukimo vietoje bendri smėlio ištekliai dėl didelės akumuliacijos paplūdimio viršutinėje dalyje po uragano praktiškai nepakito. Kitur smėlio buvo akumuliuota apatinėje paplūdimio dalyje (kranto linijai pasistūmėjus jūros link 3–7 m) iki 10–15 m<sup>3</sup>/m. Bendras smėlio kiekio biudžetas paplūdimyje sudarė 114 000 m<sup>3</sup>, o visame atkarpos krante – 115 000 m<sup>3</sup>.



**8 pav.** Kranto pokyčiai ties Koggaliu: 1 – kranto profilis prieš uraganą, 2 – po uragano.

**Fig. 8.** Dynamics of the coast near Koggalis: 1 – coast before the hurricane, 2 – after the hurricane.



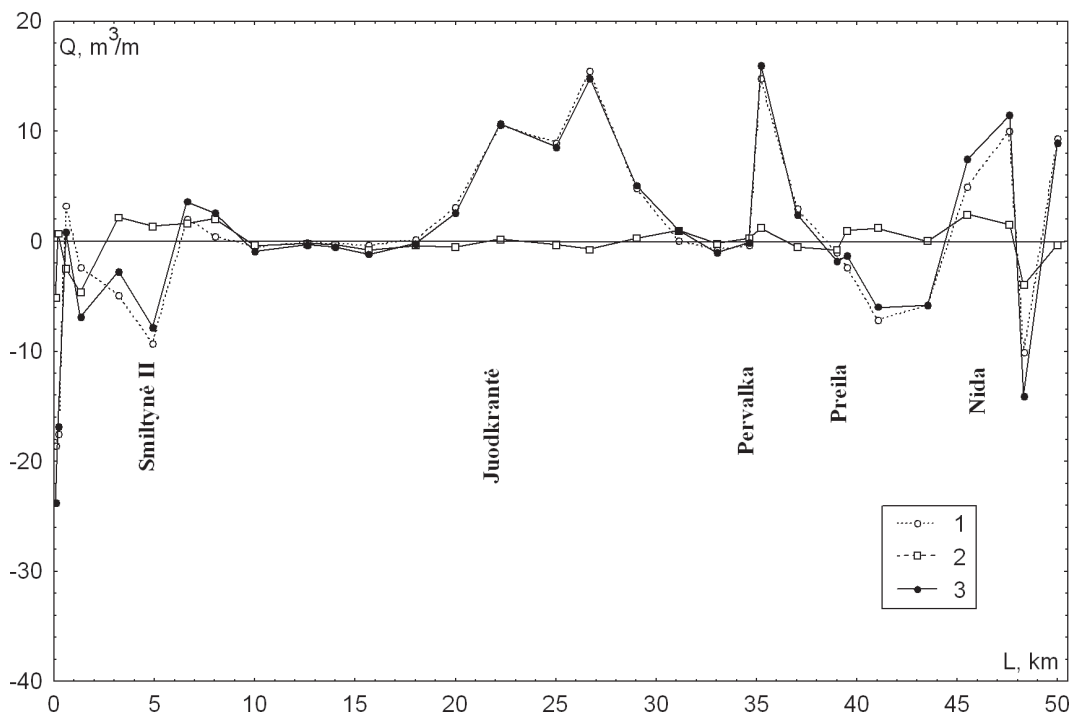
**9 pav.** Kranto pokyčiai ties Juodkrantė: 1 – kranto profilis prieš uraganą, 2 – po uragano.

**Fig. 9.** Dynamics of the coast near Juodkrantė: 1 – coast before the hurricane, 2 – after the hurricane.

**Pervalka–Preila.** Šiame ruože lėkštėjant paplūdimiui kopagūbrio papėdėje vėl atsirado 0,5–1,0 m aukščio smėlio skardžiai, tačiau esant pakankamai smėlio dėl vėjo pernašos į kopagūbrį audrėjimo metu bei iš jūros suplauto smėlio rimstant audrai bendras smėlio biudžetas liko teigiamas. Kopagūbris pasipildė smėlio iki 1,5 m<sup>3</sup>/m (visoje atkarpoje 1000 m<sup>3</sup>), o paplūdimys – iki 15 m<sup>3</sup>/m (visoje atkarpoje 31 000 m<sup>3</sup>). Pažymėtina, kad kranto linija kito be aiškios tendencijos. Iš viso šioje kranto atkarpoje buvo akumuliuota maždaug 32 000 m<sup>3</sup> smėlio.

**Preila–Nida.** Šiame kranto ruože kopagūbrio papėdė nuardyta tik vietomis – susidarę 0,5–1,0 m aukščio smėlio skardžiai, todėl čia kopagūbris yra gana stabilus su nedidele, vietomis iki 2,5 m<sup>3</sup>/m smėlio akumuliacija. Bendras smėlio biudžetas APK sudarė 9000 m<sup>3</sup>. Šio kranto ruožo paplūdimiams teko atlaikyti smarkokas bangas. Nors daug kur viršutinėje paplūdimio dalyje ir buvo užfiksuota akumuliacija, kranto linijai atsitraukus 5–20 m ir vandeniui išplovus smėlio iš apatinės paplūdimio dalies, smėlio čia sumažėjo 2–6 m<sup>3</sup>/m, o bendras išnešto smėlio kiekis sudarė apie 2000 m<sup>3</sup>. Bendras šio ruožo kranto smėlio biudžetas vis dėlto išliko teigiamas (7000 m<sup>3</sup>).

**Nida–valstybės su Rusija siena.** Šis kranto ruožas pasižymi gana didele morfodinamine įvairove. Ruožo pradžioje ir pabaigoje morfologiniai kranto pokyčiai buvo minimalūs, o vidurinėje dalyje (maždaug 2 km nuo valstybės su Rusija sienos) atsitraukus kopagūbrio papėdei iki 1 m susiformavo iki 3 m aukščio smėlio skardžiai. Dėl to ir smėlio ištekliai APK kito nuo 1,5 iki -4,0 m<sup>3</sup>/m, o bendras smėlio biudžetas buvo neigiamas (-900 m<sup>3</sup>). Šio kranto ruožo paplūdimiai daug kur paplatėjo iki 10 m, o juose akumuliuoto smėlio (9–10 m<sup>3</sup>/m) biudžetas buvo teigiamas (15 000 m<sup>3</sup>). Visame ruože kranto smėlio biudžetas taip pat liko teigiamas (apie 14 000 m<sup>3</sup>).



**10 pav.** Sąnašų kiekio pokytis ( $Q$ , m<sup>3</sup>/m) Kuršių nerijos krante praūžus uraganui „Ervinas“: 1 – paplūdimyje, 2 – kopagūbryje, 3 – visame krante. Abscisių ašies nulis – Klaipėdos uosto molas.

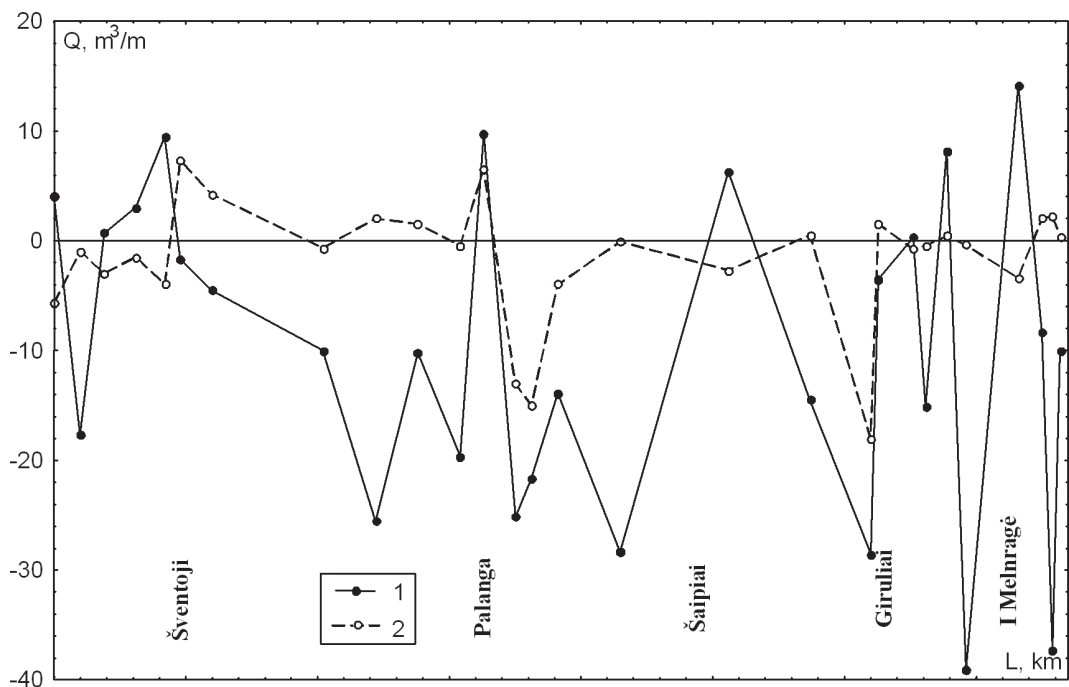
**Fig. 10.** Dynamics of the amounts of sand ( $Q$ , m<sup>3</sup>/m) in the Curonian spit coast during the hurricane “Ervin”: on the beach – 1, on the duneridge – 2, over the entire coast – 3. “0” of abscissa axis – Klaipėda port jetty.

Apskaičiuota, kad dėl uragano „Ervinas“ poveikio (10 pav.) Kuršių nerijos apsauginis paplūdimio kopagūbris pasipildė maždaug 13 000 m<sup>3</sup>, o paplūdimys – apie 132 000 m<sup>3</sup> smėlio. Bendra visame krante smėlio akumuliacija sudarė maždaug 145 000 m<sup>3</sup>. Taigi didžiausi smėlio kiekio pokyčiai, kaip ir žemyno krante, užfiksuoti paplūdimyje, tik čia, priešingai nei žemyno krante, vyravo akumuliaciniai procesai. Kopagūbris didžiojoje dalyje išliko stabilus. Labiau jis apardytas tik Koptgalio–Smiltynės kranto atkarpoje. Nors pailginus uosto molus čia paplūdimiai paplatėjo, t.y. kranto ardą pakeitė akumuliacija, praūžus uraganui paaiškėjo, kad visame Kuršių nerijos jūros krante minėta atkarpa išlieka jautriausia stiprioms audroms. Visiškai priešinga situacija išryškėjo ties Juodkrante ir piečiau jos. Net galingesnio „Anatolijaus“ uragano metu šis kranto ruožas su stačiais stambiagrūdžio smėlio paplūdimiais ir menku kopagūbriuku (I Melnragės analogas) nenukentėjo, o rimstant „Anatolijui“ iš gretimų rajonų čia buvo akumuliuota daug šiam kranto ruožui nebūdingo smulkiagrūdžio smėlio. Kitus kelerius metus šis smėlis palaiptiui buvo išplaunamas, bet „Ervinas“ uraganas vėl gerokai pagerino šio kranto atkarpos būklę. Taigi tokio tipo krantų (I Melnragė, Juodkrantė) būklę ekstremalūs štormai dažnai netgi pagerina.

## Aptarimas

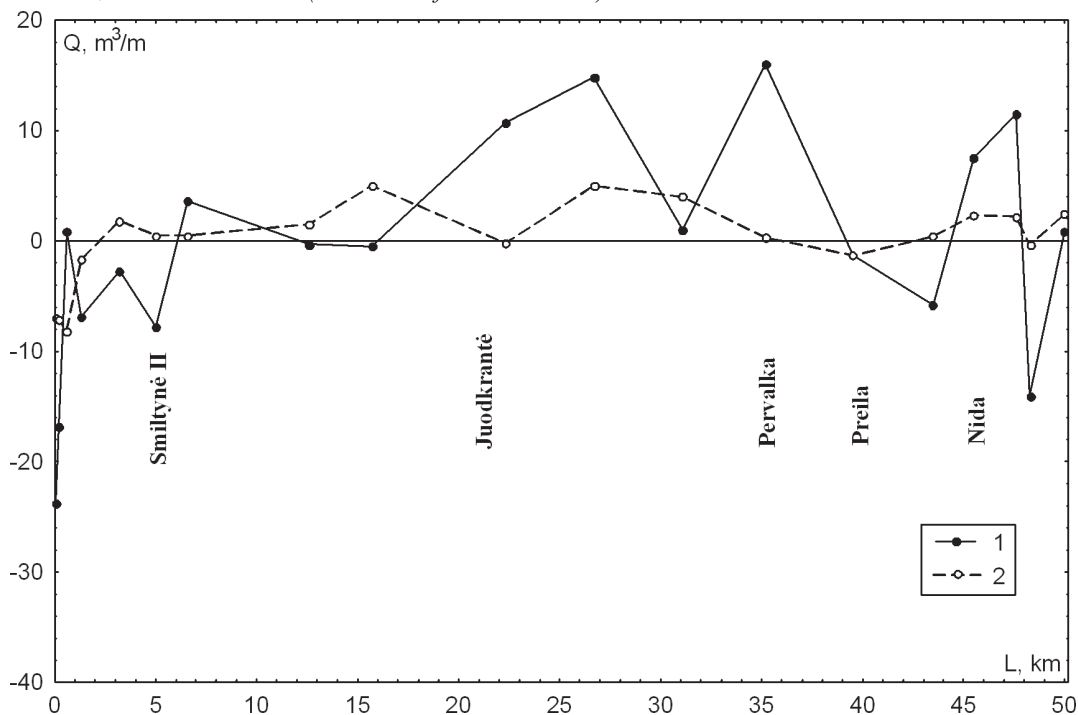
Apžvelgus Lietuvos jūrinio kranto skirtingų ruožų dinamikos uragano „Ervinas“ metu tendencijas galima konstatuoti, kad, kaip ir visų stipresnių štormų metu, vyko sąnašų persikirstymas tiek išilgai, tiek skersai kranto zonos. Kai kuriuose kranto ruožuose, pavyzdžiui, dėl gretimų Juodkrantei kranto zonos ruožų ardos, ekstremalių audrų metu susidaro palankios sąlygos netgi kauptis smėliui. Kiti ruožai išliko stabilūs. Dėl padidėjusio Šventosios molo pralaidumo ir nedidelės kranto ardos į pietus nuo Šventosios vyko akumuliacija (ypač kopagūbryje) į šiaurę nuo Šventosios. Dėl kranto ruožo tarp Palangos tilto ir Birutės kalno intensyvios ardos stabilizavosi krantas ir ypač kopagūbris į šiaurę nuo Rąžės. Atskirai paminėtinas II Melnragės ruožas, kur krantas pasipildė smėlio, išmesto iš priekrantės rekultivavimo vietos. Kuršių nerijoje tolygiai nuo Koptgalio link Juodkrantės kranto mažėjančią ardą pakeitė akumuliacija į pietus nuo Juodkrantės. Pagrindinis lietuviškosios Kuršių nerijos dalies „pamaitinimo“ smėliu šaltinis – ardomi Sambijos pusiasalio ir pietinės Kuršių nerijos krantai. Pažymėtina, kad uragano padarinius tiek žemyne, tiek Kuršių nerijoje gerokai sušvelnino pastaraisiais metais įgyvendintos krantotvarkos priemonės.

Analizuojant smėlio masės apykaitą Lietuvos jūriniame krante nustatyta, kad sąnašų kiekio dinamikos mastai uragano metu gerokai viršijo vidutinius metinius pokyčius, apskaičiuotus 1993–2004 metų duomenimis (Žilinskas, Jarmalavičius, 2003). Kaip matyti iš 11 ir 12 paveikslų, didžiausi neigiami (arda) nuokrypiai nuo daugiametės smėlio kiekio kaitos tendencijos būdingi kranto ruožams tarp Palangos tilto ir Birutės kalno (viršijo 1,5–2 kartus) bei Koptgalio ir II Smiltynės (2,0–4 kartus). Didžiausi teigiami nuokrypiai (akumuliacija) nustatyti Juodkrantės – Pervalkos kranto atkarpoje, kur vietomis smėlio buvo akumuliuota apie 10 kartų daugiau nei vidutiniškai per metus. Uragano metu bangoms persikirstant smėlį išilgai kranto kai kuriose kranto atkarpose užfiksuotas ir daugiamečių tendencijų pasikeitimas, t.y. tradiciškai ardomos kranto atkarpos pasipildė smėlio – tai Būtingės terminalo trasa–Šventoji, ties II Melnrage. Ir atvirkščiai, kranto ruožuose piečiau Šventosios, II Smiltynės–Juodkrantės ir kai kuriose trumputėse kranto atkarpelėse smėlio akumuliacinius procesus pakeitė arda. Iš viso žemyno krante „Ervinas“ metu sąnašų buvo išplauta 8 kartus daugiau nei išplaunama vidutiniškai per metus, o Kuršių nerijos krante smėlio akumuliacija užfiksuota 2 kartus didesnė nei vidutinė metinė.



**11 pav.** Šaūšų kiekio pokyčiai ( $Q, m^3/m$ ) žemyno krante: 1 – uragano „Ervinas“ metu, 2 – vidutiniai metiniai (1993–2004).

**Fig. 11.** Dynamics of the amounts of sand ( $Q, m^3/m$ ) in the mainland coast: 1 – after the hurricane „Ervin“, 2 – mean annual (calculated for 1993–2004).



**12 pav.** Šaūšų kiekio pokyčiai ( $Q, m^3/m$ ) Kuršių nerijos krante: 1 – uragano „Ervinas“ metu, 2 – vidutiniai daugiamečiai.

**Fig. 12.** Dynamics of the amounts of sand ( $Q, m^3/m$ ) in the Curonian spit coast: 1 – after the hurricane „Ervin“, 2 – mean annual (calculated for 1993–2004).



Nors „Ervinio“ uragano metu sąnašų kiekio pokyčiai kelis kartus viršijo vidutinius metinius pokyčius, bendras išplautų sąnašų kiekis lyginant su buvusių uraganų padaryta jų nuoplova nebuvo didelis (lent.). Pavyzdžiui, palyginus su 1999 m. „Anatolijaus“ uragano metu patirtais sąnašų nuostoliais, „Ervinio“ metu jie buvo beveik 15 kartų mažesni.

Taigi 2005 m. pradžioje praūžęs „Ervinio“ uraganas nei savo galingumu, nei padarinių mastu ypatingai neišsiskyrė. Jo metu žemyno krantas prarado apie 0,42 mln. m<sup>3</sup> (papildimys – apie 0,39 mln. m<sup>3</sup>, o kopagūbris bei moreninis klifas – apie 0,03 mln. m<sup>3</sup>) sąnašų. Tuo tarpu Kuršių nerijos krantas pasipildė maždaug 0,15 mln. m<sup>3</sup> smėlio (papildimys – 0,13 mln. m<sup>3</sup>, o kopagūbris – apie 0,02 mln. m<sup>3</sup>). Visas krantas prarado apie 0,27 mln. m<sup>3</sup> smėlio.

**Lentelė.** Sąnašų išteklių pokyčiai ( $Q$ , m<sup>3</sup>) krante įvairių uraganų metu.

**Table.** Dynamics of amounts of sand ( $Q$ , m<sup>3</sup>/m) during hurricanes.

Data Date	Žemyno krantas Mainland coast	Kuršių nerijos krantas Curonian spit coast	Iš viso Total
1967 m. (Шуйский, 1969)	-0,6 mln.	-0,84 mln.	-1,44 mln.
1983 m. (Кирлис, 1990)	–	-0,77 mln.	–
1999 m. (Žilinskas, Jarmalavičius, Kulvičienė, 2000)	-2,0 mln.	-1,94 mln.	-3,94 mln.
2005 m. (autoriai/ authors)	-0,42 mln.	0,14 mln.	-0,27 mln.
Vid. metinis Mean annual (1993–2004)	-0,05 mln.	0,07 mln.	0,02 mln.

Krantų ardos intensyvumas įvairiuose kranto ruožuose labai skyrėsi. Antai didžiausia arda (kelis kartus viršijusi vidutinę metinę) buvo užfiksuota kranto atkarpose tarp Ražės ir Birutės kalno (apie 0,04 mln. m<sup>3</sup> 2,8 km ilgio atkarpoje) žemyno krante ir tarp Koggalio ir II Smiltynės (apie 0,02 mln. m<sup>3</sup> 3,2 km ruože) Kuršių nerijoje. Taigi iš šių dviejų trumpučių kranto ruožų (bendras ilgis apie 6 km) išplauto smėlio kiekis sudarė net 22% viso per uraganą prarasto smėlio. Taigi šie kranto ruožai išskirtini kaip jautriausi arda Lietuvos pajūryje ir jiems būtina neatidėliotina krantotvarkinė priežiūra.

Gauta 2005-03-30

## Literatūra

- Šimoliūnas J. (1933). Šventosios uostas. Kaunas.
- Žaromskis R. (1982). Uraganinių audrų poveikis Lietuvos pajūriui, *Geografijos metraštis*, t. 20, p. 89–97.
- Žilinskas G., Janukonis Z., Jarmalavičius D. (1995). Būtingės geomorfologinio draustinio morfodinaminis įvertinimas. *Geomorfologija*, p. 55–67.
- Žilinskas G., Janukonis Z., Lazauskas A. (1994). Ekstremalaus 1993 m. štormo padarinių Palangos rekreacinėje kranto zonoje įvertinimas, *Geografija*, t. 30, p. 40–44.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D. (2003). Lietuvos jūrinio kranto dinamikos tendencijos, *Geografijos metraštis*, t. 36(1), p. 80–88.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D., Kulvičienė G. (2000). Uragano „Anatolijus“ padariniai Lietuvos jūriniame krante, *Geografijos metraštis*, t. 33, p. 191–206.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D. (2003). Jūros priekrantės sąnašų papildymo poveikis kranto būklei, *Geografijos metraštis*, t. 36(1), p. 89–100.

- Кирилс В.** (1990). Воздействие ураганных штормов на отмелье песчаные берега юго-восточной части Балтийского моря. *Вопросы динамики берегов и палеогеографии Балтийского моря*, т. 1, с. 83–96.
- Коробова И. Я.** (1969). Исключительный шторм 17–18 октября 1967 г. и его влияние на режим Клайпедского подходного канала, *Океанология*, т. 9(6), с. 1124–1127.
- Шуйский Ю. Д.** (1969). О воздействии сильных штормов на песчаные берега восточной Балтики, *Океанология*, т. 9(3), с. 475–478.

**Gintautas Žilinskas**

*Institute of Geology and Geography, Vilnius  
Klaipėda University, Institute of Maritime and Cultural Landscapes*

**Darius Jarmalavičius, Donatas Pupienis**

*Institute of Geology and Geography, Vilnius*

## **Assessment of the effects of hurricane “Ervinas” on the Lithuanian marine coast**

### **Summary**

The intensity of hydro-lithodynamic processes in the coastal zone reaches its maximum during hurricanes. For this reason the morphological changes of the coastal zone by many times exceed the range of not only annual but also long-term changes (in a relatively short time span (from a few hours to a few days)). Unfortunately, instrumental measurements of hydro-lithodynamic processes in the coastal zone under extreme hydrometeorological conditions during hurricanes are not carried out (except water level and wind speed and direction recordings). 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 hurricane “Ervin” which blew over on January 8–9, 2005, were carried out right after its slackening – on January 13–20. 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 trends of the Lithuanian marine coast during the hurricane “Ervinas” 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, for example in Juodkrantė. Due to increased permeability of Šventoji jetty and weak erosion south of Šventoji, accumulation took place north of Šventoji (especially in the dune ridge). Intensive erosion in the coastal sector between the Palanga pier and Birutės Kalnas mount contributed to stabilization of the coastal sector (dune ridge in particular) north of Ražė. The coast of II Melnragė was replenished by the sand washed out from the nearshore recultivation area. The gradually reducing coast erosion in the Curonian spit moving from Koptgalis cape to Juodkrantė settlement was replaced by accumulation south of Juodkrantė. The eroded coasts of Sambian peninsula and southern part of Curonian spit are the main sources of “nourishment” of the Lithuanian part of the spit. It should be noted that the damage inflicted by the hurricane in the mainland and Curonian spit coast was considerably reduced by recently implemented measures of coastal protection.

Analysis of the sand mass circulation in the Lithuanian marine coast showed that the scale of sediment dynamics during the hurricane considerably exceeded the average annual changes (calculated based on the data of 1993–2004). The greatest negative (erosion) deviations from the long-term trends were recorded in the sector between the Palanga pier and Birutės Kalnas mount (exceeded by 1.5–2 times) and between Koptgalis cape and II Smiltynė (by 2–4 times). The highest positive deviations (accumulation) occurred in the Juodkrantė–Pervalka sector. Somewhere in this sector, the amount of accumulated sand was 10 times as high as the average value. The pattern of sand redistribution along

the coast during the hurricane also deviated from the long-term trends, i.e., the traditionally eroded coastal sectors were replenished by sand (Būtingė terminal–Šventoji; II Melnragė). In the sectors south of Šventoji, II Smiltynė–Juodkrantė and some very short coastal sectors, the processes of accumulation were replaced by erosion. In general, the amount of washed out sand from the mainland coast during “Ervin” exceeded the annual average value by 8 times whereas sand accumulation in the Curonian spit coast was twice as high.

Though sediment dynamics during “Ervin” exceeded the annual average values the total loss of sediments was smaller than during previous hurricanes. For example during the hurricane “Anatoly” the losses of sediments were 15 times as high.

Thus, the hurricane “Ervin” which blew over at the beginning of 2005 stood out neither for its power nor inflicted damage. The mainland coast lost about 0.42 mln m<sup>3</sup> (the beach 0.39 mln m<sup>3</sup> and the dune ridge and morainic cliff about 0.03 mln m<sup>3</sup>) of sediments. The Curonian spit coast was replenished by about 0.15 mln m<sup>3</sup> (the beach by 0.13 mln m<sup>3</sup> and the dune ridge by about 0.02 mln m<sup>3</sup>) of sand. The total loss of sand amounted to 0.27 mln m<sup>3</sup>.

Coastal erosion intensity was especially unevenly distributed along the coast. The greatest losses (exceeding the annual average by a few times) were recorded in the 2.8 km long sector between Ražė and Birutės Kalnas mount (about 0.04 mln m<sup>3</sup>) of the mainland coast and in the 3.2 km long sector between Kopgalis cape and II Smiltynė (about 0.02 mln m<sup>3</sup>) of the Curonian spit. The loss of sand from the two short coastal sectors (total length about 6 km) accounted for 22% of the total loss during the hurricane. These sectors should be distinguished as the most vulnerable in the Lithuanian coastal zone. They require prompt implementation of coastal protection measures.

The work was accomplished in the light of the aims of Interreg IIIB project ASTRA.