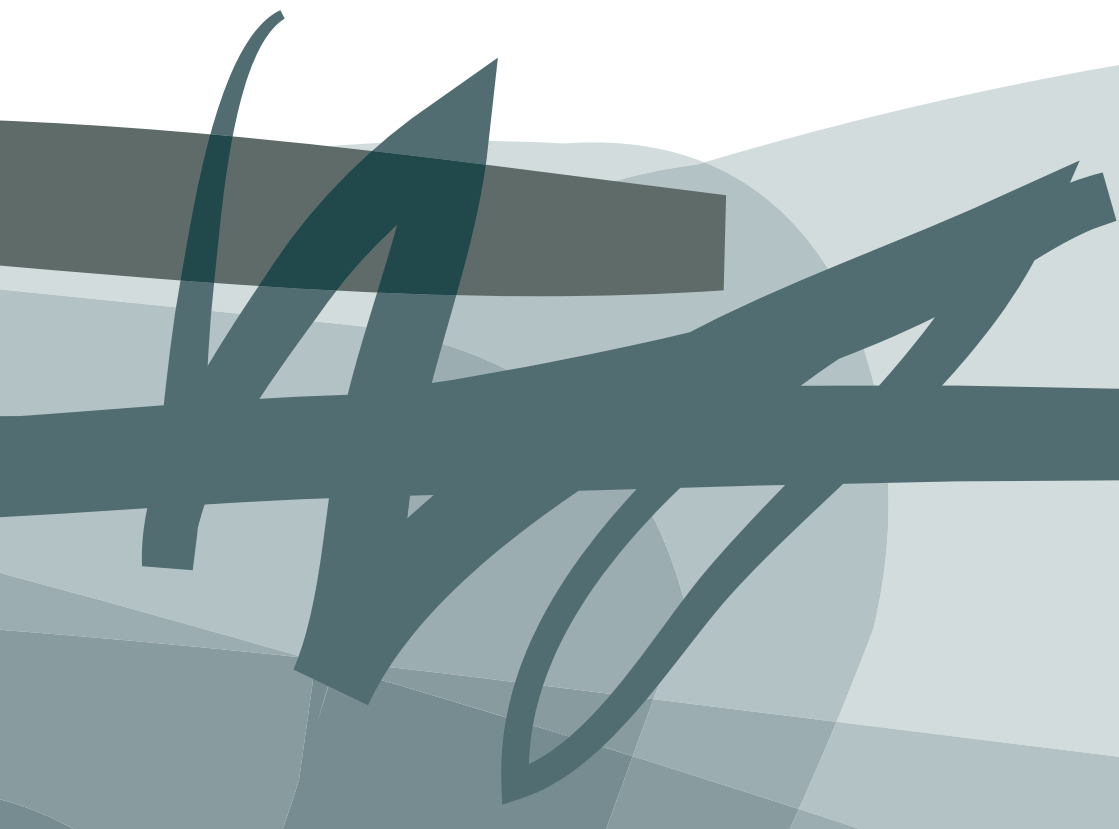


Baltijos

JŪROS KRANTŲ EROZIJOS
PROBLEMŲ ANALIZĖ
IR SPRENDIMO BŪDAI



Baltijos jūros krantų erozijos problemų analizė ir sprendimo būdai

Baltijos

jūros krantų erozijos problemų analizė
ir sprendimo būdai

GALIMYBIŲ STUDIJA

VILNIUS | 2015



Studijos rengėjai

Prof. dr. Inga Dailidienė – Klaipėdos universitetas

Dr. Leonora Živilė Gelumauskaitė – Gamtos tyrimų centras

Prof. habil. dr. Algimantas Grigelis – Gamtos tyrimų centras (darbo vadovas)

Dr. Saulius Gulbinskas – Klaipėdos universitetas

Dr. Loreta Kelpšaitė – Klaipėdos universitetas

Dr. Jūratė Kriauciūnienė – Lietuvos energetikos institutas

Dr. Petras Zemlys – Klaipėdos universitetas

Dailidienė, I., Gelumauskaitė, L. Ž., Grigelis, a., Gulbinskas, S., Kelpšaitė, L., Kriauciūnienė, J., Zemlys, P. Baltijos jūros krantų erozijos problemų analizė ir sprendimo būdai / sudarytojas Algimantas Grigelis. – Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 2015, 156 p., lent., iliustr.

3 puslapyje R. Dailidės nuotrauka

Turinys

Į v a d a s . A. Grigelis ... 7

- I. Duomenys apie LR Baltijos jūros krantus.
A. Grigelis, S. Gulbinskas ... 14
- II. Kranto zonos geomorfologija ir geodinamika.
L. Ž. Gelumauskaitė ... 38
- III. Vėjai, bangos, natūralus kranto maitinimas.
L. Kelpšaitė ... 54
- IV. Priekrantė, tėkmės, smėlio masės judėjimas.
S. Gulbinskas ... 65
- V. Vandens lygio kaita.
I. Dailidienė ... 84
- VI. Klaipėdos uostas ir įplaukos kanalas.
J. Kriaučiūnienė ... 102
- VII. Hidroinžineriniai įrenginiai ir jų įtaka.
P. Zemlys ... 138
- VIII. Išvados ir rekomendacijos (Klaipėdos miesto problemos).
S. Gulbinskas ... 149
- IX. Šaltiniai ... 155

Ivadas

Studijos pagrindimas

Baltijos jūros krantų erozijos problema tampa vis aktualesnė visai pietinės Baltijos smėlingajai juostai (*South Baltic Sandy Belt*), besitęsiančiai nuo Greifswaldo estuarijų (*Greifswald Bodden*) Vokietijoje iki Kolko kyšulio (*Kolkasrags*) Latvijoje. Iki XX a. 9-ojo dešimtmečio buvę sąlyginai stabilūs Lietuvos jūros krantai, XX a. pabaigoje kai kuriose atkarpose tapo intensyviai veikiami erozijos dėl daugelio gamtinių ir antropogeninių veiksnių, kurių svarbiausi yra šie:

- padažnęję katastrofiški atmosferos reiškiniai – štormai ir uraganai;
- priekrantėje sumažėjęs smėlio nešmenų srautas nuo Sambijos pusiasalio krantų;
- Klaipėdos uosto gilinimas, molų ilginimas ir įplaukos kanalo gilinimas;
- uosto molų pertrauktas nešmenų srautas šiauriau Klaipėdos miesto;
- litodinaminių sąlygų pakitimas, atstačius Palangos tiltą.

Lietuvos jūros krantų tyrimai atliekami gana ilgą laiką. Jau įgyvendintos dvi krantotvarkos programos (2003, 2007) siekiant užtikrinti pirmiausia Palangos kurorto rekreacijos poreikius. Aplinkos ministerijoje parengta Pajūrio juostos tvarkymo programa naujam 2014–2020 m. laikotarpiui. Tačiau itin kaitūs krantodaros procesai nepakankamai ištirti. Be to, neišvengiamos jūrinės industrijos plėtros tendencijos kelia didelį Klaipėdos miesto savivaldos ir visuomenės susirūpinimą.

Krantų erozijos ir apskritai jų stabilumo problema pastaraisiais metais buvo aktyviai tiriama naujais jūrinės geologijos ir geofizikos metodais (geologinio kartografavimo 1993–2000 m. programa, Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos institutas), rezultatų analizei taikomi analoginiai ir skaitmeniniai (modeliavimo) metodai (Klaipėdos universiteto Geofizikos katedra bei Baltijos pajūrio tyrimų ir planavimo institutas, Lietuvos energetikos instituto Hidrologijos laboratorija). Tai teikia galimybę naujai apibendrinti gautus rezultatus parengiant studiją *Baltijos jūros krantų erozijos problemų analizė ir sprendimo būdai*.

Bendrieji duomenys

Lietuvos Baltijos jūros kranto ilgis nuo sienos su Rusija iki sienos su Latvija yra 90,66 km: Kuršių nerijos krantas sudaro 51,03 km, Klaipėdos sąsiauris – 1,14 km, žemyninis krantas – 38,49 km¹. Pietryčių Baltijos jūros krantus suformavo natūralus išilginis priekrantės pietų–šiaurės smėlio nešmenų srautas. Kuršių nerijos krantai pasižymi nešmenų pusiausvyra ir yra akumuliaciniai arba kvazistabilūs, o žemyniniai – nešmenų deficitu ir yra kvazistabilūs arba eroziniai. Klaipėdos–Šventosios atkarpos krantai veikiami didelių antropogeninių procesų. Klaipėdoje, Palangoje ir Šventojoje įrengti hidrotechniniai įrenginiai: uosto molai, pirsas, pavienės bunos. Klaipėdos sąsiauriu per Kuršių marias išteka Nemuno upės baseino, Danės ir kitų mažų upių vanduo. Kuršių nerija įtraukta į UNESCO Pasaulio paveldo sąrašą.

Lietuvos jūros pakrantėje yra Neringos miesto, Klaipėdos miesto, Klaipėdos rajono ir Palangos miesto savivaldybių teritorijos. Jų plotas – 1 603 km², gyventojų skaičius – 227,6 tūkst., Klaipėdos mieste yra 157,3 tūkst. gyventojų. Klaipėdoje ir Šventojoje yra jūrų uostai, Būtingės terminalas, mažųjų laivų nuleidimo vietos (*slipway cradle*).

Didžioji jūros kranto zonos ir jūros dalis priskirta saugomoms teritorijoms. Tai Kuršių nerijos nacionalinis parkas, Pajūrio regioninis parkas, Karklės jūrinis draustinis, *Natura 2000* saugomos teritorijos. Išskirta 17 kultūros paveldo objektų.

Sąvokos ir terminai

Studijoje vartojamos pagrindinės sąvokos ir terminai, įtvirtinti Pajūrio juostos įstatyme² (pažymėti *) ir autorių adaptuoti pagal terminų žodynus^{3,4,5}:

- ***Akvatorija** – tam tikras natūralaus arba dirbtinio vandens baseino (jūros) plotas.
- **Apvelingas** – giluminių vandens masių išnešimas (išplūdis) į jūros ar vandenyno paviršių; apvelingo reiškinyje yra priešingas daunvelingo reiškinys.
- **Bangų režimas** – ilgalaikiai pagrindinių bangų parametrų, tokių kaip bangos aukštis, periodas, sklaidimo kryptis, pokyčiai.

¹ Žilinskas, G., 1997. Baltijos jūros Lietuvos kranto ilgis bei jo nustatymo problemos. *Geografijos metraštis* 30, 63–71.

² Valst. žin., 2002 07 19, Nr. 73–3091, Vilnius.

³ V. Gudelis. *Jūros krantotyros terminų žodynas*. Vilnius: Academia, 1993. 408 p.

⁴ *Jūros geomorfologija*. Terminų žodynas. Maskva: Mysl, 1980.

⁵ <http://www.coastalguide.org/icm/baltic/index.html>

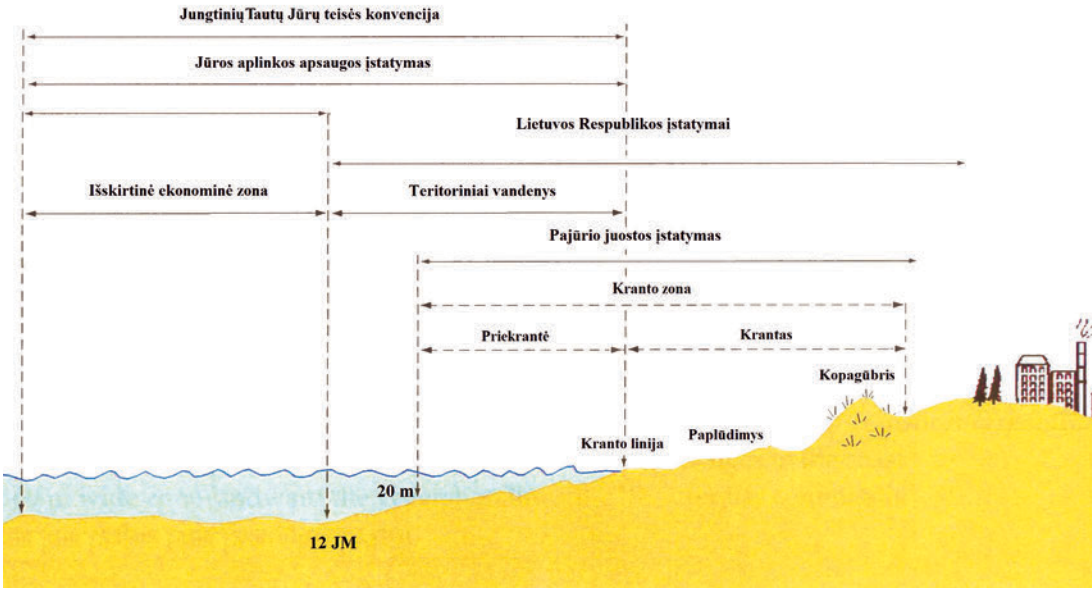
- **Hidrodinaminis modeliavimas** – dvimatė skaitmeninė modeliavimo sistema (MIKE 21), sukurta Danijos hidraulikos institute, susidedanti iš modelių:
 - hidrodinamikos modelis (MIKE 21 HD) – dvimatis netolygiai kintančios tėkmės modelis, apskaičiuojantis vandens lygio svyravimus, debito pokyčius ir tėkmės greičių pasiskirstymą modeliuojamoje vandens telkinio akvatorijoje;
 - smėlio pernašos modelis (MIKE 21 ST) – įvertina smėlio pernašos greitį ir galimus dugno pokyčius (erozijos ir akumuliacijos zonas), sukeltus tėkmių poveikio;
 - dumblo pernašos modelis (MIKE 21 MT) – aprašo suspensijų (dumblo ir dumblo-smulkaus smėlio) pernašos, erozijos ir akumuliacijos procesus, sukeltus tėkmių poveikio.
- **Hidroklimatiniai veiksniai** – gamtinės hidrologinės ir klimatinės sąlygos, kurios veikia ir keičia geografinį kraštovaizdį.
- **Hidrotechniniai įrenginiai** – techniniai įrenginiai (statiniai), skirti kranto erozijai mažinti ir apsaugoti nuo tiesioginio bangų poveikio.
- **Krantodaros procesai** – kranto zonos medžiaginės sudėties ir reljefo kaitos dinaminiai procesai, vykstantys dėl bangų ir kitų gamtinės bei antropogeninės kilmės veiksnių įtakos.
- **Kranto linija** – kintanti dinaminė linija, skirianti sausumą ir jūros (marių) akvatoriją (nulinė izobata).
- ***Krantotvarka** – natūralioms, svarbioms arba būdingoms krantų savybėms išsaugoti ar atkurti skirtų priemonių visuma.
- ***Klifas** – eroduojamas sausumos skardis.
- **Matematinis modelis** – sisteminis natūralių procesų aprašymas matematinėmis lygtimis ir formulėmis siekiant juos vizualizuoti.
- **Modeliavimas** – naujų matematinių modelių kūrimas arba esančių modelių taikymas tiriant konkrečias sistemas.
- **Molas** – statinys uosto akvatorijai apsaugoti nuo bangavimo, ledonešio ar užnešimo nuosėdomis (lot. *moles* – „užtvanka“).
- **Nešmenų pernaša** – išilgai kranto bangų ir srovių pernešama terigeninė medžiaga.
- **Pajūrio juosta** – sausumos (paplūdimys, paplūdimio kopagūbris, užkopė (*prieškopė), klifas) ir jūros akvatorijos (povandeninis kranto šlaitas iki

20 m gylio izobatos) dalis, kurios apsaugos ir naudojimo režimą nustato įstatymai ir kiti teisės aktai. Pajūrio juostai priskiriama:

- atsižvelgiant į kranto tipą, ne siauresnė kaip 100 m nuo jūros kranto linijos sausumos teritorija, į kurią įeina paplūdimys, paplūdimio kopagūbris, užkopė ir / arba klifas, besidriekianti nuo Latvijos Respublikos valstybės sienos iki Klaipėdos uosto šiaurinio molo;
 - Kuršių nerija iki Rusijos Federacijos valstybės sienos;
 - Lietuvos Respublikos teritorinių vandenų Baltijos jūros akvatorija iki 20 m gylio izobatos.
- **Pakrantė** – pajūrio ruožas nuo maksimalios poledynmetės transgresijos ribos iki kranto linijos, jį sudaro paplūdimys, kopagūbris ir terasinė lyguma.
 - **Paplūdimio kopagūbris (kopos)** – už paplūdimio dirbtinai ar vėjo natūraliai suformuotas smėlio gūbrys, saugantis nuo pustomo smėlio ar jūros poveikio už jo esančias teritorijas.
 - **Paplūdimys** – kintanti kranto dalis tarp jūros kranto linijos ir kopagūbrio arba klifo, formuojama iš smėlio nešmenų ir veikiama plūsmo srautų bei eolinių procesų.
 - **Priekrantė (jūros kranto povandeninis šlaitas)** – susideda iš sėklių zonos ir užsėklinio šlaito (priekrantės nuolaidumos).
 - ***Rekreaciniai ištekliai** – gamtinės ir kultūrinės kraštovaizdžio vertybės ir savybės, kurios gali būti ar yra naudojamos rekreacijai.
 - **Sėklius** – išilgai kranto nutįsęs smėliagūbris, suformuotas bangų ir srovių aktyvios hidrodinamikos viršutinėje povandeninio šlaito dalyje.
 - **Užkopė** – pažemėjimas pajūrio lygumoje sausumos link, tiesiogiai besiliejęs prie kopagūbrio arba klifo.
 - **Vandens lygio kitimas** – tai vandens paviršiaus vidutinio lygio pokytis per tam tikrą laiką tarpą; skiriamas ilgalaikis (daugiametis) ir trumpalaikis (per parą, sezoną, metus) vandens lygio kitimas.
 - **Vėjo režimas** – ilgalaikiai pagrindinių vėjo parametrų, tokių kaip vėjo greitis, vėjo gūgiai, vėjo kryptis, pokyčiai.

Krantų valdymo modelis

Krantų valdymo strategijos principai grindžiami dviem sąlygomis: pirma, kranto stabilumo įvertinimu ir antra, natūralių krantinių procesų apsauga (Pajūrio ir pamario juostos ..., 2006). Tokia nuostata pagrindžia krantotvarkos



1 pav. Lietuvos teritorinių vandenų ir išskirtinės ekonominės zonos principinė valdymo schema. Šaltinis: pagal *Kystinspektorat* (December 1999) ir *Pajūrio ir pamario juostos...* (2006)

ir krantosaugos priemonių taikymą, kai nuolat didėja kranto zonos ūkinis ir rekreacinis naudojimas.

Lietuvos Baltijos jūros ir Kuršių marių principinę kranto zonos valdymo schemą lemia pajūrio ir pamario juostos sandara bei jos atskiri komponentai, teritorijos ir akvatorijos rajonavimas, įsteigtų nacionalinių parkų, draustinių, rezervatų valdymas. Pajūrio juosta yra specifinė teritorija, kurios naudojimas, valdymas ir vadyba reglamentuojama šalies įstatymais ir kitais teisės aktais (1 pav.).

Studijos objekto ištirtumas

Kuršių nerijos ir žemyniniai krantai yra skirtingos būklės. Jų stabilumą arba pažeidžiamumą lemia išilginis nešmenų srautas nerijos priekrantėje, į jūrą išsikišę Klaipėdos uosto molai, žemyninio kranto zonos sandaros įvairovė. Studijos objekto ištirtumą nusako tam tikri vykdomi ar vykdyti projektai, susiję su Lietuvos Baltijos jūros ir kranto zonos tyrimais:

- Kasmetinis krantų monitoringas (stebėsena), vykdomas nuo 1992 metų. LR Vyriausybės 2011-03-02 nutarimu Nr. 315 2011–2015 m. valstybinėje monitoringo programoje (Žin., 2011-03-22, Nr. 34-1603) numatyta (8.1–8.4): *Atlikti Baltijos jūros išskirtinės ekonominės zonos monitoringą; Atlikti Baltijos jūros priekrantės ir teritorinės jūros veiklos monitoringą; Atlikti Baltijos jūros priekrantės ir teritorinės jūros tiriamąjį monitoringą; Atlikti Kuršių marių veiklos monitoringą.*
- Centrinės Baltijos dugno geologinės sandaros ir ekogeologinio stabilumo įvertinimas (LGI, 1994).
- Valstybinis jūrinis geologinis kartografavimas M 1:50 000 Klaipėdos–Šventosios akvatorijoje, I objektas (LGT ir LGI, 1994–1997).
- Valstybinis jūrinis geologinis kartografavimas M 1:50 000 Nidos–Klaipėdos akvatorijoje, II objektas (LGT ir LGI, 1997–2000).
- EUROSION projektas (Klaipėdos universitetas, EUCC, 2002).
- Kuršių marių geosistemos modelis (VMSF ir GGI, 2003).
- Baltijos jūros apsauga – gamtos apsauga ir subalansuota plėtra jūrų ekosistemoje erdvinio planavimo požiūriu (ES 6-oji Bendroji programa, BALANCE projektas, KU, 2005–2008).
- Pajūrio ir pamario juostos (Kuršių nerijos) krantų atstatymo eilės tvarkos programa (LMA ir GGI, 2006–2008).
- Klimato kaita ir potvynių pavojus Klaipėdos mieste (ASTRA INTERREG III B projektas, KU, 2007).
- Klimato kaita – poveikis, kainos ir prisitaikymas Baltijos jūros regione (Baltijos jūros regiono (BSR) projektas, BaltCICA, LGT, 2007–2013).
- Lietuvos Baltijos jūros atkūrimas ir išsaugojimas (ESF projektas, KU, 2008–2012).
- Lietuvos Baltijos jūros krantų pažeidžiamumo vertinimas (KRABAS, KU, 2009–2011).
- Europos jūrinių tyrimų ir duomenų tinklas: geologiniai duomenys (ES 7-oji Bendroji programa, EMODNET projektas, GGI, 2009–2012).
- Paneuropinė infrastruktūra jūros ir vandenyno geologiniams bei geofiziniams duomenims valdyti (ES 7-oji Bendroji programa, GEO-SEAS projektas, GGI, 2009–2013).
- Ekosisteminių principų taikymas parenkant ir valdant jūrinius grunto gramzdinimo sąvartynus Baltijos regione (Ecodump, KU, 2011–2014).

- Klaipėdos uosto plėtros projektai – poveikio aplinkai vertinimo ataskaitos (LEI su kitomis mokslinėmis institucijomis, 2009–2014).

Nuo 2008 m. Klaipėdos universitete kuriamas *Jūrinis slėnis* – integruotas mokslo, studijų ir verslo centras (slėnis) (2008-07-23 Vyriausybės nutarimas Nr. 786).

Kiti naudoti šaltiniai (krantotvarkos aspektas)⁶:

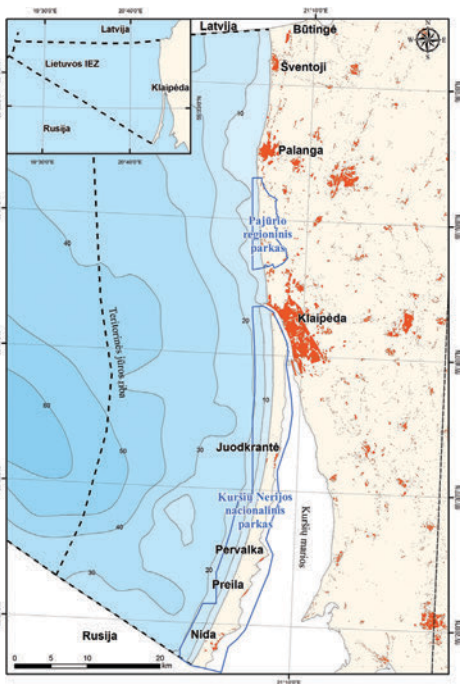
- Laustrup, Chr. (Project Manager). Expert evaluation of coastal zone measures and coastal zone management in Lithuania. Kystinspektorat, December 1999.
- Kuršių nerijos krantotvarkos tikslinė programa. Vilniaus archprojektas, 1999.
- Lietuvos Baltijos jūros krantotvarkos strateginės nuostatos. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2001.
- Kuršių nerijos krantinių poveikio pasekmių aplinkai įvertinimas: krantotvarkos strategija, metodai ir priemonės. Baltic ECO, Vilnius, 2002.
- Pajūrio juostos tvarkymo programa. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2003.
- Krantinių komplekso būklės, kranto ir dugno deformacijos mastų jų įtakos zonoje įvertinimas Kuršių marių nerijos priekrantėje. Baltic ECO, 2005.
- Juodkrantės uosto hidrotechninių įrenginių poveikio aplinkai tyrimas. Klaipėdos universiteto Jūreivystės institutas, 2005.
- Pajūrio juostos modifikuota krantotvarkos programa. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2005.
- Pajūrio ir pamario juostos (Kuršių nerijos) krantų atstatymo eiliškumo programa. Ekspertinė studija. Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 2006.
- Pajūrio ir pamario juostos (Kuršių nerijos) krantų atstatymo eiliškumo programa: galutinė ataskaita. Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 2008.
- Lietuvos Baltijos jūros atkūrimas ir išsaugojimas. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija ir Klaipėdos apskrities viršininko administracija. I etapas, 2005–2006; II etapas, 2007–2013.

⁶ <http://www.am.lt/VI/>

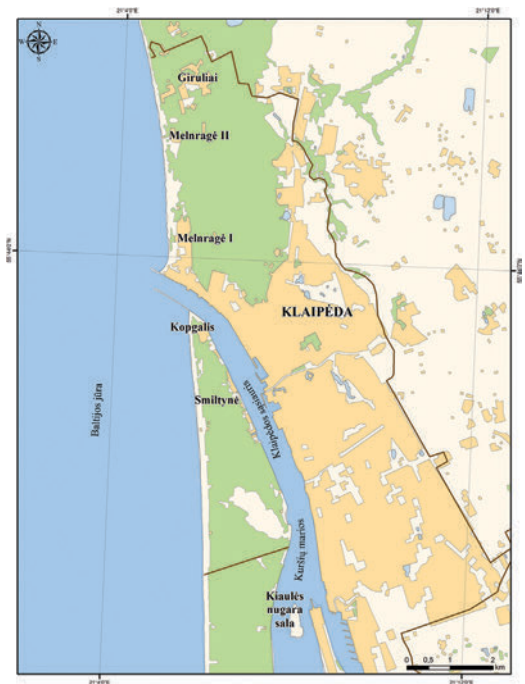
I. DUOMENYS APIE LR BALTIJOS JŪROS KRANTUS

1. Kranto linijos charakteristika

Lietuvai tenka 90,66 km Baltijos jūros kranto – nuo sienos su Rusija iki sienos su Latvija. Klaipėdos sąsiauris dalija Lietuvos jūros krantus į du segmentus. Kuršių nerijos krantas driekiasi 51,03 km, o šiauriau Klaipėdos esantis žemyninis krantas – 38,49 km (Žilinskas, 1997; Pajūrio juostos ribų specialusis planas, VĮ Valstybės žemės fondas, 2013). Atstumas tarp Klaipėdos sąsiaurio krantų – 1,14 km (1, 2 pav.).



1 pav. Lietuvos Baltijos jūros krantų situacinis žemėlapis



2 pav. Klaipėdos miesto teritorijos situacinis žemėlapis

2. Krantų klasifikacija

Kranto zona yra dinaminė, pokyčiams jautri aplinka, kurios gamtinė raida daro didelę ekonominę ir socialinę įtaką tų krantų populiacijai. Kranto linija apibrėžiama kaip fizinė riba tarp sausumos ir vandens. Jos padėtis yra vienas svarbiausių indikatorių, žyminčių krantų aplinkos kaitą, taip pat ir paplūdimių persitvarkymą istoriniame laike (Bagdanavičiūtė, Kelpšaitė, Daunys, 2012).

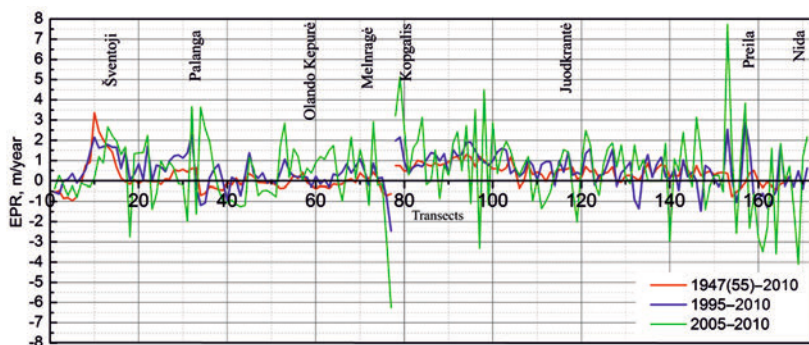
Geologinėje istorijoje, nuo Atlančio arba vidurinio holoceno laikotarpio, pietrytinius Baltijos jūros krantus formavo išilginis priekrantės pietų–šiaurės nešmenų srautas (Knaps, 1966). Kaip to rezultatas susidarė Kuršių nerijos pusiasalis. Klaipėdos sąsiauris iš dalies pertraukia šį natūralų nešmenų srautą, o šiais laikais dėl hidrotechninių konstrukcijų įtakos (pailginus uosto molus) šis srautas nuo pietinio (Smiltynės) molo sukasi jūros link į šiaurės vakarus (Gelumauskaitė, 2003). Dėl šių priežasčių Kuršių nerijos smėlingi krantai yra pusiausvyros būklės arba turi nešmenų perteklių, o žemyninio Klaipėdos–Šventosios segmento – nešmenų deficitą arba jų nebuvimą dėl moreninio plato įtakos Olando Kepurės–Karklės atkarpoje (Jarmalavičius ir kt., 2012). Be to, šis krantų segmentas veikiamas didelių antropogeninių procesų.

Naujausiais duomenimis, Lietuvos Baltijos jūros krantai klasifikuojami taip:

1 lentelė. Kranto linijos pokyčiai pagal kartografinius duomenis (1974–1990 m. laikotarpis (Bagdanavičiūtė ir kt., 2012) ir literatūros duomenis (1970–1990 m. laikotarpis (Gudelis ir kt., 1990) (Šaltinis: I. Bagdanavičiūtė ir kt., 2012)

Dinaminės atkarpos, 1970–1990 m. (pagal Gudelį ir kt., 1990); kranto tipas		Istoriniai duomenys, 1974–1990 m. (Bagdanavičiūtė ir kt., 2012)			
		EPR*, m/metai			
		Stebėjimų linijos (transektai)	vidutinė	max	min
Latvijos siena–Šventoji	Erozinis	1–13	-1,59	-0,37	-4,47
Šventoji–Nemirseta	Kvazistabilus	16–4	1,06	4,59	-1,58
Nemirseta–Giruliai	Erozinis	45–66	-0,37	0,75	-1,93
Giruliai–Klaipėda	Akumuliacinis	67–77	0,60	1,39	0,05
Kopgalis–Juodkrantė	Akumuliacinis	78–120	1,76	4,42	-1,92
Juodkrantė–Rusijos siena	Kvazistabilus	121–164	0,21	6,18	-1,20

* EPR – galutinė taško reikšmė (*end-point rate*)



3 pav. Lietuvos jūros krantų EPR reikšmės: ilgojo laikotarpio (žemyninis krantas, 1947–2010 m.; Kuršių nerija, 1955–2010 m.), vidutinio laikotarpio (1995–2010 m.), trumpojo laikotarpio (2005–2010 m.) (Šaltinis: I. Bagdanavičiūtė ir kt., 2012)

Kranto linijos dinamikos pokyčius per ilgąjį, vidutinį ir trumpąjį laikotarpius rodo 3 pav.

3. Demografiniai duomenys

Ties Baltijos jūros pakrante yra išsidėsčiusios keturių savivaldybių teritorijos (gyvenvietės): Palangos miesto (Palanga, Šventosios gyvenvietė, Nemirseta), Klaipėdos rajono (Šaipiai, Karklė), Klaipėdos miesto (Klaipėda, Melnragė, Giruliai) ir Neringos miesto (Juodkrantė, Pervalka, Preila, Nida) (2 lentelė). Savivaldybės administruoja skirtingo ilgio kranto ruožus: Neringos miestas – 45,03 km, Klaipėdos miestas – 11,2 km, Klaipėdos rajonas – 8,6 km ir Palangos miestas – 24,4 km (Žaromskis, 2006).

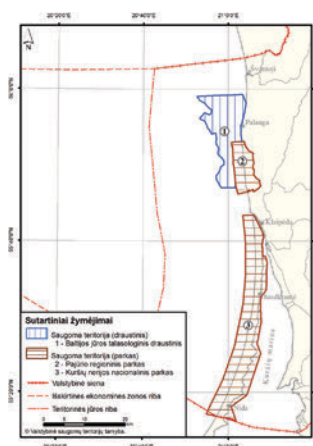
2 lentelė. Pakrantės savivaldybių gyventojai (Lietuvos statistikos departamentas, 2014)

Teritorija	Palangos m. sav. (2014 m.)	Klaipėdos r. sav. (2014 m.)	Klaipėdos m. sav. (2014 m.)	Neringos m. sav. (2014 m.)
Gyventojų skaičius	15 367	52 140	157 350	2 757
Gyventojų tankumas 1 žm./km ²	218,2	39,0	1 814,4	31,5
Plotas, km ²	79	1 336	98	90
Seniūnijos, esančios prie jūros	Šventosios	Melnragės ir Girulių	Kretingalės	

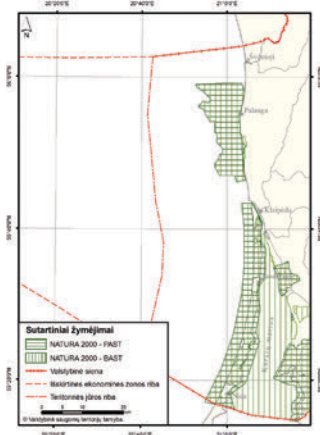
4. Saugomos teritorijos

Didelė jūros kranto zonos ir jūros priekrantės dalis dėl savo vertės turi Lietuvos Respublikos saugomų teritorijų įstatymu nustatytą specialų apsaugos ir naudojimo statusą¹. Šioms teritorijoms priklauso visa Kuršių nerija ir jūros priekrantė greta jos iki 20 m gylio izobatos. Kranto zonoje yra įsteigtos nacionaliniu ir Europos lygmeniu saugomos teritorijos (4 pav.). Jūroje ir kranto zonoje saugomos ir Europos tinklo *Natura 2000* teritorijos (5 ir 6 pav.). Apibendrinta informacija apie saugomas teritorijas pateikta 3 lentelėje.

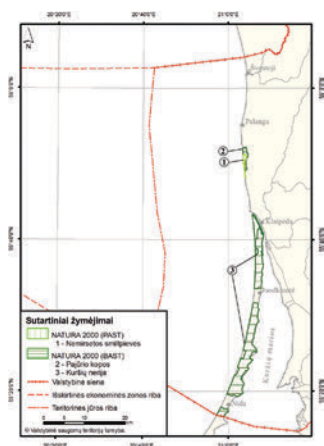
¹ Lietuvos Respublikos saugomų teritorijų įstatymas (Žin., 1993, Nr. 63-1188; 2001, Nr. 108-3902).



4 pav. Saugomos teritorijos Lietuvos kranto zonoje



5 pav. *Natura 2000* saugomos teritorijos pajūryje ir priekrantėje



6 pav. Kranto zonoje sausumoje esančios *Natura 2000* teritorijos

3 lentelė. Informacija apie saugomas teritorijas ir jose saugomas vertybės

Saugoma teritorija	Apsaugos statusas	Plotas, ha	Įsteigimo tikslai / saugomos vertybės
Baltijos jūros biosferos poligonas	Biosferos poligonas	31 959,3464	Išsaugoti vertingą Baltijos jūros ekosistemos dalį ties Kuršių nerija, ypač siekiant išsaugoti saugomų Europos Bendrijos svarbos migruojančių vandens paukščių – mažųjų kirų (<i>Larus minutus</i>) ir žiemojančių vandens paukščių (nuodėgulių (<i>Melanitta fusca</i>), alkų (<i>Alca torda</i>) reguliarių sankaupų vietą, vykdyti saugomų paukščių rūšių stebėseną (monitoringą), su rūšių apsauga susijusius mokslinius tyrimus, kaupti informaciją apie paukščių rūšių įvairovę ir jų būklę, analizuoti žmogaus veiklos poveikį jūros ekosistemai, užtikrinti, kad gamtos ištekliai būtų naudojami tvariai, propaguoti biologinės įvairovės išsaugojimo idėjas ir būdus.
Baltijos jūros priekrantė (kur paplitęs moreninis reljefas)	<i>Natura 2000</i> Buveinių apsaugai svarbi teritorija (LTPAL0001)	12 633,5689	1 170, Rifai; Upinė nėgė. Klaipėdos–Ventspilio plynaukštės Palangos–Karklės moreninio masvyvo plotai.
	<i>Natura 2000</i> Paukščių apsaugai svarbi teritorija (LTPALB001)	17 096,6980	Įsteigta sibirinių gagų (<i>Polysticta stelleri</i>), klykuolių (<i>Bucephala clangula</i>), didžiųjų dančiasnapių (<i>Mergus merganser</i>) ir mažųjų kirų (<i>Larus minutus</i>) žiemojimo ir migracinių sankaupų vietos apsaugai.
Karklės benčo (abrazinės terasos) jūrinis draustinis	Draustinis (0211000000002)	3 069,4910	Išsaugoti unikalią jūrinį kompleksą, pasižymintį didele biologine įvairove Lietuvos pajūryje, jūrinio riedulyno biotopus su midijų bendrijomis, banguolių kolonijomis, žuvų neršto ir maitinimosi vietomis.

3 lentelės tęsinys

Saugoma teritorija	Apsaugos statusas	Plotas, ha	Įsteigimo tikslai / saugomos vertybės
Kuršių nerijos nacionalinis parkas	LR nacionalinis parkas (06000000000002)	27 388,7050	Išsaugoti vertingiausią gamtinių ir kultūrinių požymių Lietuvos pajūrio kraštovaizdžio kompleksą su unikaliu Europoje kopagūbriu ir etnokultūrinio paveldo vertybes.
	<i>Natura 2000</i> PAST (LTKLAB001)	23 859,1296	Įsteigtas jūrinių erelių (<i>Haliaeetus albicilla</i>), ligučių (<i>Lullula arborea</i>), dirvoninių kalviukų (<i>Anthus campestris</i>), migruojančių mažųjų kirų (<i>Larus minutus</i>) ir upinių žuvėdrų (<i>Sterna hirundo</i>) sankaupų vietų Kuršių mariose ir Baltijos jūroje bei žiemojančių nuodėgulių (<i>Melanitta fusca</i>) ir alkų (<i>Alca torda</i>) sankaupų vietų Baltijos jūroje, taip pat paukščių migracinių srautų susiliejimo vietų apsaugai.
Kuršių nerija	<i>Natura 2000</i> Buveinių apsaugai svarbi teritorija (LTNER0005)	9 985,8411	2110, Užuomazginės pustomos kopos; 2120, Baltosios kopos; 2130, Pilkosios kopos; 2140, Kopų varnauogynai; 2170, Kopų gluosnynai; 2180, Medžiais apaugusios pajūrio kopos; 2190, Drėgnos tarpkopės; 2320, Pajūrio smėlynų tyruliai; Didysis auksinukas; Pajūrinė linažolė; Perpelė.
Neringos talasologinis draustinis	Draustinis (02110000000003)	12 537,6711	Išsaugoti seklios jūros priekrantės povandeninio kraštovaizdžio ekosistemas su Europos bendrijos svarbos buveinėmis. Teritorijai suteiktas UNESCO tarptautinės svarbos teritorijos statusas, taip pat dalis teritorijos turi paukščių ir buveinių apsaugai svarbių teritorijų statusą.
Pajūrio regioninis parkas	LR regioninis parkas (07000000000009)	5 869,9799	Išsaugoti žemyninio pajūrio kraštovaizdį, jo gamtinę ekosistemą ir kultūros paveldo vertybes. Tik dalis parko turi paukščių ir buveinių apsaugai svarbių teritorijų statusą.
Pajūrio kopos	<i>Natura 2000</i> Buveinių apsaugai svarbi teritorija (LTKLA0009)	425,0030	2110, Užuomazginės pustomos kopos; 2120, Baltosios kopos; 2130, Pilkosios kopos; 2170, Kopų gluosnynai; 2180, Medžiais apaugusios pajūrio kopos; 2320, Pajūrio smėlynų tyruliai; 6210, Stepinės pievos; 6510, Šienaujamos mezofitų pievos; Pajūrinė linažolė.
Nemirsetos smiltpievės	<i>Natura 2000</i> Paukščių apsaugai svarbi teritorija (LTKREB001)	150,7626 Pajūrio RP dalis	Įsteigta dirvoninių kalviukų (<i>Anthus campestris</i>) apsaugai.

5. Kultūros vertybės, marinistinės istorijos objektai

Pagal Lietuvos kultūros vertybių registre esamą informaciją, Lietuvos jūrinėje teritorijoje ir Pajūrio juostos ribose išskiriama 17 kultūros paveldo objektų. Kultūros paveldo objektų aprašas ir koordinatės pateiktos 4 lentelėje.

4 lentelė. Kultūros paveldo objektai jūroje ir pajūrio juostoje

Nr.	Registro kodas	Pavadinimas	Trumpas aprašymas	Koordinatės, LKS-94
Kultūros paveldo objektai pajūrio juostoje				
1	35607	Karklės kaimo I senosios kapinės	Kaimo etnokultūriniame draustinyje, vienintelės kapinės Lietuvoje ant jūros kranto, buvo skirtos skenduoliams laidoti, vėliau – Karklininkų kaimo gyventojams. Kapinėse išlikę XIX a. antrojoje pusėje gimusių Karklininkų kaimo gyventojų kapų, žymėtų lietais ir kaltais metaliniais kryžiais, mediniais antkapiais – krikštais. Kapai orientuoti į jūrą rytų–vakarų kryptimi. Daug medinių ir metalinių kryžių sunykę, dalis sukrauta patvoryje. Mediniai krikštai, metalinių kryžių porcelaniniai perkšmeliai su epitafijomis sunykę, likusi tik ikonografinė medžiaga, surinkta B. Aleknavičiaus leidinyje – fotoapbraižoje „Žvejų kaimelio kronika“; palaidotas poetas avangardistas, Lietuvos buriavimo sporto pradininkas Salys Šemerys-Šmorauskas; kapinėse apie 200 kapų.	X-316146,68 Y-6189752,05
2	30621	Karklės baterija	Tūrinė erdvinė kompozicija – centre – betono konstrukcijos ugnies valdymo postas (kaponyras), abipus jo, iš dalies užpilti kopų smėliu, yra du betono konstrukcijos artilerijos blokai, kurių kiekviename gale įrengtos pabūklų platformos bei amunicijos saugyklos ir tarp jų esančios patalpos įgulai. 1939 m. Klaipėdos krašte pastatyti vokiečių įtvirtinimai yra vienas unikalių vokiečių fortifikacijos istorijos faktų. Pastatyti pagal tipinius vokiečių karinio jūrų laivyno bunkerio modelius, liko beveik nepažeisti per karinius veiksmus, yra reikšmingi fortifikacijos paminklai.	X-316389,40 Y-6186571,90
3	29936	Nemirsetos laivų gelbėjimo stotis	Statiny's stačiakampio plano, 1 aukšto, susideda iš vienos didelės ir kelių vėliau atitvertų patalpų. XIX a. pab.	X-315701,19 Y-6197731,39

4 lentelės tęsinys

Nr.	Registro kodas	Pavadinimas	Trumpas aprašymas	Koordinatės, LKS-94
Kultūros paveldo objektai pajūrio juostoje				
5	12613	Palangos miesto istorinė dalis (įskaitant tiltą)	Tūrinės erdvinės struktūros, suformuotos visuomeninės-prekybinės, vasarviečių ir gyvenamosios zonų XIX a. – XX a. pirmojoje pusėje, užstatymo fragmentai	X-315903,31 Y-6202317,96
6	32633	Melno sutartimi nustatytos LDK valstybinės sienos atkarpa II	Griovys (iki 0,5 m gylio, viršuje – apie 3 m pločio, į apačią siaurėjantis, dugnas – apie 0,5 m pločio; iš dalies užslinkęs), pylimai (abipus griovio, iki 1 m pločio ir iki 0,3 m aukščio, suformuoti iš kasant griovį išmestų žemių; pylimai nuskliasti; FF Nr. 1–4; 2008 m.); 1422-09-27 Melno taikos sutartimi nustatyta tarpvalstybinė siena tarp Lietuvos Didžiosios Kunigaikštystės ir Vokiečių ordino. Sienos delimitacija natūroje pradėta 1423 m. gruodžio mėn. 1435-12-31 Breste pasirašyta sutartis, patvirtinanti sienos padėtį. Sieną egzistavo iki Versalio sutarties (pasirašyta 1919-06-28) ir 1939–1941 m. (iki Vokietijos–Sovietų Sąjungos karo pradžios).	X-315735,9 Y-6199470,7
7	10738	Neringos (Kopgalio) fortas	Pavienis objektas, įtrauktas į saugomų objektų sąrašą.	X-317787,53 Y-6179726,19
8	21089	Smiltynės gyvenvietė su kitais objektais	Smiltynė buvo vienas Rygos–Kariaučiaus pašto punktų. Nuo XIX a. antrosios pusės ėmė vystytis Smiltynės urbanistinė struktūra, 1865 m. pastatyta 107 m ilgio krantinė. 1897 m. Smiltynė priskirta Klaipėdos miestui. 1900 m. tarp Klaipėdos ir Smiltynės įrengta keleivinė perkėla. XIX a. pab. – XX a. pr. ruožas tarp Baltijos jūros ir Kuršių marių intensyviai želdinamas kalninėmis ir paprastosiomis pušimis. XX a. pr. ši teritorija tampa rekreacine zona. Pietinėje jos dalyje susiformuoja vasarnamių kvartalas.	X-318768,8 Y-6177985,1
9	30540	Alksnynės gynybinis kompleksas	Susijęs su Antrojo pasaulinio karo įvykiais: nacistinės Vokietijos administracijos statytas gynybinis įtvirtinimas, skirtas apsaugoti Klaipėdos miestą nuo sovietų aviacijos antskrydžių ir artilerijos apšaudymų 1945 m. pradžioje.	X-319379,6 Y-6173185,8
10	2070	Alksnynės viensėdis	Pastatai vieno aukšto, raudonų plytų, primena Smiltynės girininkijos pastatų architektūrą.	X-319413,28 Y-6170114,80

4 lentelės tęsinys

Nr.	Registro kodas	Pavadinimas	Trumpas aprašymas	Koordinatės, LKS-94
Kultūros paveldo objektai pajūrio juostoje				
12	2068	Pervalkos gyvenvietė	Pobūdis – architektūrinis (lemiantis reikšmingumą, retas), urbanistinis (lemiantis reikšmingumą, retas), kraštovaizdžio.	X-316327,85 Y-6146125,17
13	2069	Preilos gyvenvietė	Pobūdis – architektūrinis (lemiantis reikšmingumą, retas), urbanistinis (lemiantis reikšmingumą, retas), kraštovaizdžio.	X-314128,21 Y-6141475,10
14	16012	Namas	Pobūdis – architektūrinis (lemiantis reikšmingumą, svarbus), etnokultūrinis (lemiantis reikšmingumą, tipiškas).	X-312232,3 Y-6141964,9
15	17098	Nidos gyvenvietė	Pobūdis – architektūrinis (lemiantis reikšmingumą, retas), urbanistinis (lemiantis reikšmingumą, retas), kraštovaizdžio.	X-309972,21 Y-6133761,31
16	26019	Nidos senovinė gyvenvietė (Penkių Kalvelių gyvenvietė)	Saugomas valstybės objektas.	X-308187,64 Y-613352,08
17	12145	Sklandymo mokyklos vieta	Pavienis objektas-paminklas.	X-308196,31 Y-6133013,85

6. Antropogeninė apkrova (poilsiautojų srautai rekreacinėse zonose)

Daugiametės poilsiautojų srauto dinamikos tendencijos rodo, kad pastaraisiais metais žmonių, teikiančių prioritetą poilsiui pajūryje, sparčiai daugėja, todėl dalis paplūdimių per poilsio sezoną labai intensyviai naudojami. LR pajūryje turistams teikiamos jūrinio turizmo paslaugos: kruizinė laivyba, vidaus vandenių turistinė laivyba ir mėgėjiška žvejyba, nardymo paslaugos (Eidikonienė, 2013).

Esamos Palangos m. sav., Klaipėdos r. sav., Klaipėdos m. sav. ir Neringos m. sav. rekreacijos teritorijos yra svarbios gyventojų poilsiui ir turizmui (7 pav.).

Rekreacinės teritorijos yra pažymėtos savivaldybių bendruosiuose planuose:

- Palangos miesto savivaldybės bendrasis planas, patvirtintas Palangos miesto savivaldybės tarybos 2008-12-30 sprendimu Nr. T2-317;



7 pav. Rekreacinės teritorijos pakrantės savivaldybėse

- Klaipėdos rajono savivaldybės bendrasis planas, patvirtintas Klaipėdos rajono tarybos 2011-02-24 sprendimu Nr. T11-111;
- Klaipėdos miesto bendrasis planas, patvirtintas Klaipėdos miesto savivaldybės 2007-04-05 sprendimu Nr. T2-110;
- Neringos miesto savivaldybės teritorijos ir jos dalių bendrasis planas (rengiamas, planavimo organizatorius – Neringos miesto savivaldybė).

2011-07-28 aplinkos ministro įsakymu Nr. D1-601 patvirtintas Pajūrio juostos žemyninės dalies tvarkymo specialusis planas nustato žemės naudojimo režimą pajūrio juostos žemyninėje dalyje. Šio dokumento 7.4.2 punktas reglamentuoja, kad rekreacinės paskirties teritorijose, esančiose tiek urbanizuotoje, tiek neurbanizuotoje aplinkoje, apsaugos ir tvarkymo darbai vykdomi pagal detaliuosius ir specialiuosius planus. Turi būti užtikrinamas šių teritorijų prieinamumas, poilsiautojų saugumas, gerinamos poilsavimo sąlygos. Šiose teritorijose negalima bloginti fizinių rekreacinių kraštovaizdžio savybių, naikinti jo estetinio potencialo, statyti su rekreacija nesusijusių pastatų ir įrenginių.

Šiose teritorijose galioja Specialiųjų žemės ir miško naudojimo sąlygų bei kitų teisės aktų nustatyti reikalavimai rekreacinėms teritorijoms tvarkyti.

Pačiu Baltijos pajūrio pakraščiu tęsiasi jūros formuojamas reljefo ruožas – paplūdimys. Palangos miesto savivaldybės administracijos direktoriaus 2010-07-22 įsakymu Nr. A1-559 „Dėl maudyklų teritorijų nustatymo Palangos miesto paplūdimyje“ yra įteisintos Šventosios gyvenvietės ir Palangos miesto paplūdimių maudyklų teritorijos: bendrasis Botanikos parkas, Palangos moterų paplūdimys, Palangos bendrasis paplūdimys – Rąžės upės žiotys, Šventosios bendrasis paplūdimys, Šventosios moterų paplūdimys.

Klaipėdos miesto administracijos direktoriaus 2012-03-21 įsakymu Nr. AD1-592 „Dėl Klaipėdos miesto paplūdimių įteisinimo“ yra įteisinti Klaipėdos miesto paplūdimiai prie Baltijos jūros: Smiltynės I ir II paplūdimiai, Melnragės I ir II paplūdimiai, Girulių ir Neįgaliųjų paplūdimiai.

Neringos miesto savivaldybės administracijos direktorius, vadovaudamasis Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007-12-21 įsakymu Nr. V-1055 patvirtintos Lietuvos higienos normos „Paplūdimiai ir jų maudyklų vandens kokybė“ (Žin., 2007, Nr. 139-5716; 2008, Nr. 32-1121; 2009, Nr. 66-2642; 2011, Nr. 30-1403, Nr. 161-7657; 2012, Nr. 31-1456) 13 punktu, informavo, kad jo įsakymu iki 2013 m. kovo 24 d. numatoma įteisinti Neringos miesto savivaldybės Baltijos jūros Nidos, Preilos, Pervalkos ir Juodkrantės paplūdimius.

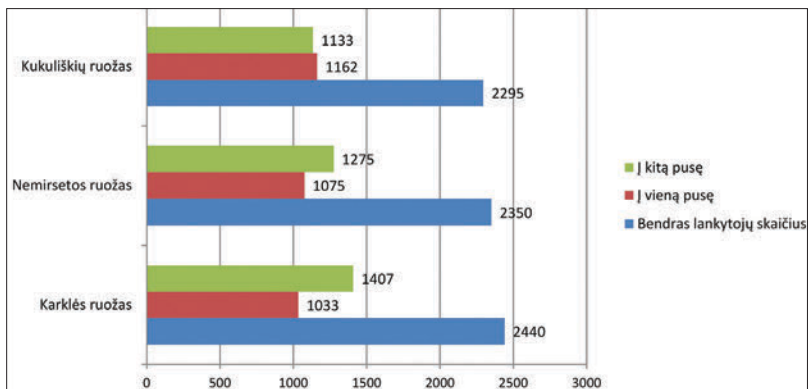
Klaipėdos rajono savivaldybė nėra įteisinusi paplūdimių.

7. Poilsiautojų srutai

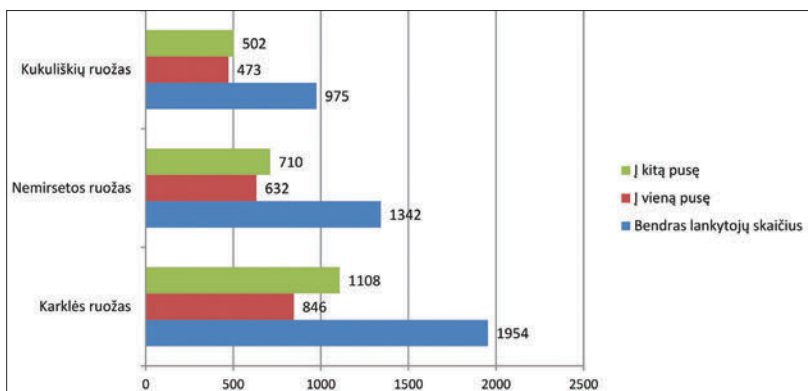
Pajūrio regioninio parko paplūdimiuose lankytojų stebėsenai (monitoringui) buvo pasirinkti 3 paplūdimių ruožai, sulaukiantys didžiausio poilsiautojų skaičiaus darbo dienomis ir savaitgaliais (Pajūrio regioninio parko lankytojų monitoringo 2012 m. ataskaita. Klaipėda, 2012). Tai:

- Karklės paplūdimio ruožas – 2 km;
- Kukuliškių paplūdimio ruožas – 3,2 km;
- Nemirsetos paplūdimio ruožas – 2,6 km.

Paplūdimiuose buvo skaičiuojama momentinė paplūdimių apkrova, pasirinktą dieną skaičiuojant lankytojus du kartus keturių valandų skirtumu pereinant pasirinktus paplūdimio ruožus ir suskaičiuojant juose visus esančius poilsiautojus. Lankytojams skaičiuoti dienos buvo pasirinktos taip, kad kiekviename ruože lankytojai būtų skaičiuojami tiek darbo, tiek ir savaitgalio dienomis. Apibendrinus lankytojų stebėjimo paplūdimiuose rezultatus, pa-



8 pav. Lankytojų srautai Pajūrio regioninio parko paplūdimiuose savaitgalio dienomis (Šaltinis: Pajūrio regioninis parkas, 2012)



9 pav. Lankytojų srautai Pajūrio regioninio parko paplūdimiuose darbo dienomis (Šaltinis: Pajūrio regioninis parkas, 2012)

aiškėjo, kad lankytojų srautų pokytis per savaitę priklauso nuo paplūdimio ruožo, t. y. arčiau miestų esančiuose paplūdimiuose (netoli Klaipėdos esantys Kukuliškių paplūdimiai ir pietinėje Palangos dalyje esantys Nemirsetos paplūdimiai) lankytojų srautai padidėja 2–3 kartus, o Karklės ruože jų padidėjimas tėra tik apie 20 % (8, 9 pav.).

Pateikti duomenys rodo, kad savaitgalio dienomis Pajūrio regioninio parko paplūdimių apkrova yra gana tolygi (Karklėje – 2 440 žmonių, Nemirsetoje –

2 350, Kukuliškėse – 2 295 žmonių). Darbo dienomis lankytojų gausa išsiskiria Karklės paplūdimio ruožas (1 954 žmonių), o Nemirsetoje ir Kukuliškėse lankytojų labai sumažėja. Tai galima susieti su tuo, kad Karklės paplūdimiuose pagrindinį srautą sudaro Karklės kaime poilsiaujantys asmenys, o Kukuliškių ir Nemirsetos paplūdimius lanko ne vietoje gyvenantys ar poilsiaujantys asmenys, o Klaipėdos ar Palangos miesto gyventojai ir svečiai.

Atsižvelgus į tai, kad poilsiautojų pikas paplūdimiuose tęsiasi tik apie 2,5 mėnesio ir įvertinus lankytojų pokyčius per savaitę, galima manyti, jog per metus Pajūrio regioninio parko paplūdimius aplanko apie 350 tūkst. lankytojų.

8. Hidrotechniniai įrenginiai, turintys įtakos kranto zonos būklei

Lietuvos jūros krantas dabartinius bruožus įgijo tiek dėl gamtinių, tiek dėl antropogeninių procesų. Antropogeninis poveikis krantams pirmiausia pasireiškia per nešmenų balanso pokyčius, kuriuos reguliuoja tiek „kietieji“ hidrotechniniai įrenginiai, tiek ir „minkštosios“ krantotvarkos priemonės. Hidrotechniniai įrenginiai didžiausią poveikį turi Lietuvos žemyniniam krantui (Žaromskis, 2008). Skirtingais laikotarpiais Lietuvos kranto zonoje buvo pastatyti įvairaus tipo ir paskirties hidrotechniniai įrenginiai (5 lent.).

5 lentelė. Hidrotechniniai įrenginiai Baltijos jūros Lietuvos krante

Atstumas nuo sienos su Rusija, km	Įrenginys	Įrenginio (rekonstrukcijos) metai	Paskirtis
12	Pavienė buna (Preila)	1977	Žvejų laivų ištraukimas
52	Klaipėdos uosto molai-bangolaužiai	1874, 2002	Uosto poreikiai
73	Palangos promenadinis pirsas	1882, 1998	Prieplauka, rekreacija
73	Pavienė buna, Palanga	2000	Krantosauga, pirsų apsauga
84	Senasis Šventosios uosto molas	1925, 1940	Uosto poreikiai
88	Pavienė buna (Būtingė)	1974	Vamzdyno (nuotekų išleistuvo) apsauga

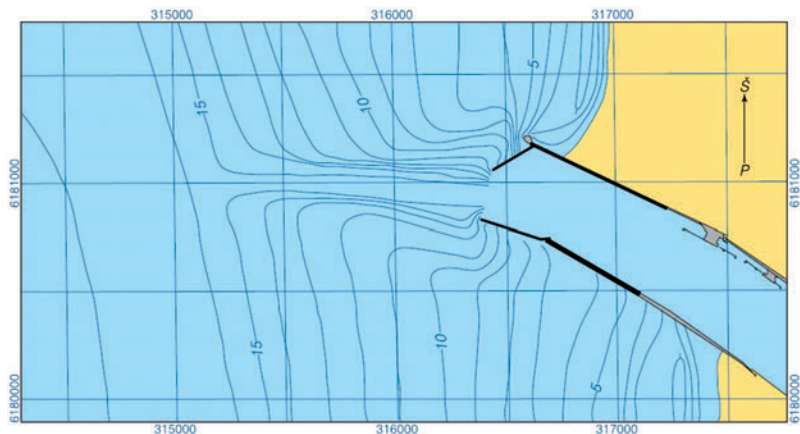
5 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad didžiausi hidrotechniniai įrenginiai pradėti statyti XIX a. antrojoje pusėje ir XX a. pradžioje. Jų statyba maždaug sutampa su apsauginio kopagūbrio įrengimu, žyminčiu esminę antropogeninę

kranto pertvarką. Kopagūbrio įrengimas vien Kuršių nerijoje sustabdė smėlio pernašą iš paplūdimio į didžiąsias kopas ir iš esmės pakeitė nešmenų balansą ne mažiau kaip 100 km į šiaurę nuo Klaipėdos nusidriekusiame krante. Kartu kopagūbris stabilizavo kranto liniją, kranto zonoje sukauptą rezervinį nešmenų kiekį, patenkantį į litodinaminę apykaitinę sistemą ekstremaliomis hidrometeorologinėmis sąlygomis. Nors kopagūbrio profilio palaikymas, jo stabilizavimas medžių šakomis, želdiniais ir kitomis priemonėmis reikalauja nemažų sąnaudų, bet jos yra nepalyginamai mažesnės negu taikant kitas krantosaugos priemones. Be to, kopagūbrio palaikymas garantuoja natūralių krantodaros procesų tęstinumą, ko negarantuoja nė viena „kietoji“ krantosaugos priemonė.

Pavienė buna ties Preilos gyvenvietė Kuršių nerijoje (12 km) buvo pastatyta 1977 m. mėginant jūros krante įrengti motorinę gervę žvejų motoriniams botams į krantą ištraukti. Ją sudaro 0,2–0,25 m storio vertikaliai vienas šalia kito sukalti poliai. Nuo 1977 m. kranto linija čia atsitraukė 12 m, t. y. 0,34 m per metus. Rytinis bunos galas atsidūrė ties kranto linija, nors vasarą, prasiplėtus paplūdimiui, iki kranto linijos susidaro 3–5 m. Tik 35–40 cm buna iškilusi virš vandens ir šiandien pusiau pralaidi nešmenims priekrantėje ir visiškai pralaidi paplūdimio šlaite. Esminio poveikio kranto raidai šiuo metu neturi. Nedidelis bunos poveikis jaučiamas apie 50 m šiaurę ir pietus nuo įrenginio.

Klaipėdos uosto molai-banglaužiai – didžiausias hidrotechninis įrenginys Lietuvos kranto zonoje. Pirmieji polinės konstrukcijos su rieduliu užkrova molai, stabilizavę Klaipėdos sąsiaurio krantus ir sąsiauriu tekančios srovės trajektoriją, buvo baigti 1874 m. Molai į jūrą buvo nutiesti maždaug iki 8 m izobatos. Jie turėjo užtikrinti projektinį 6,1 m įplaukos kanalo gylį. Viršvandeninė akmenų ir mūro molų dalis buvo iškelta apie 2 m virš vandens lygio. XX a. 3-iajame dešimtmetyje įplauka buvo pagilinta iki 10 m, o XX a. 9-ajame dešimtmetyje uostas turėjo jau 12 m įplaukos kanalą. Sovietiniais laikais molai buvo dar paaukštinti ir sutvirtinti betono masyvais. Bangų energijos sklaidai padidinti vidinė ir išorinė molų pusės buvo apkrautos tetrapodais. 1999 m. prasidėjo uosto vartų rekonstrukcija, kurios metu įplaukos kanalas pagilintas iki 14,5 m. Baigiant rekonstrukciją, t. y. 2002 m., pietinis molas buvo pagilintas 278 m, o šiaurinis – 202 m gravitacinio tipo granito masyvų klojiniu. Uosto vartai buvo susiaurinti 420–240 m, kartu iki 150 m paplatinant įplaukos kanalą (10 pav.). 2004 m. šiaurinio molo pradžia buvo 345 m, o pietinio – 1 225 m nuo kranto linijos.

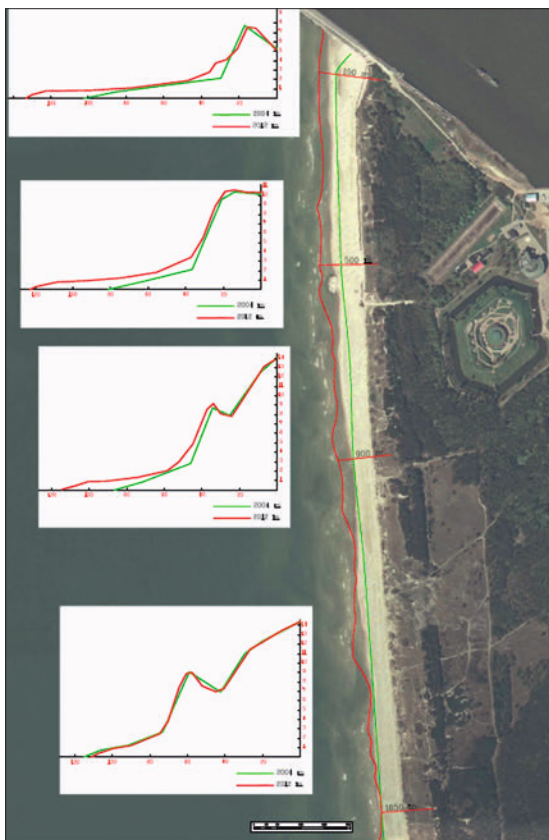
Iki 1999 m. didelė į šiaurę migruojančių nešmenų dalis uosto molus aplenk-davo ties 12–13 m izobotomis, kur dugno reljefas priešais uosto vartus įgaudavo



10 pav. Klaipėdos uosto vartų padėtis ir gylių pasiskirstymas ties įplauka po 2002 m. baigtos molų rekonstrukcijos; izobatos išvestos kas 1 m (Šaltinis: Žaromskis, 2008)

natūralių bruožų. Tą patvirtina ir vientisas nuosėdinės medžiagos laukas. Tiek piečiau, tiek šiauriau uosto čia dugno nuosėdose vyraudavo dalelės, kurių skersmuo (Md) buvo iki 0,13 mm. Stambesnių dalelių paplitimo arealas ties uosto įplauka baigdavosi 12–13 m gylyje ir tai liudija, kad šiame gylyje sumažėdavo sąsiauriu ištekančios srovės greitis (Žaromskis, 1999). Pertvarkius uosto vartus, srovių greitis prie jų dar padidėjo, o vientiso litodinaminio lauko riba šiaurinėje ir pietinėje uosto pusėse pasistūmėjo į 14–15 m gylį, kuriame vyrauja jau 0,08–0,11 mm medžiaga. Taip pailginti išoriniai uosto molai ir pagilintas įplaukos kanalas ne tik sumažino nešmenų pernašą išilgai kranto linijos, bet kartu pradėjo skirstyti nešmenis pagal dalelių dydį.

Prieš vartų rekonstrukciją uosto įrenginiai taip pat iš dalies riboję natūralią nešmenų migraciją išilgai kranto linijos, bet tiek pietinėje, tiek šiaurinėje uosto pusėse krantas jau buvo beveik įgavęs dinaminės pusiausvyros būseną. Rekonstravus prasidėjo aktyvi kranto arda prie pat pietinio molo, apimdama 200–300 m atkarpą. Tai lėmė sustiprėjusi išilgai pietinio molo į jūros pusę nukreipta srovė, kompensuojanti patvankinį vandens lygį kampe tarp pietinio molo ir kranto bei atviros jūros. Šios atkarpos arda ypač pasireiškė per 1999 m. gruodžio mėn. siautusį uraganą *Anatolijus* bei ką tik 2015 m. sausio 10–11 d. praūžusį uraganą *Feliksas*.



11 pav. Pakrantės skersiniai profiliai ir kranto linijos kaita 2004–2012 m. piečiau Klaipėdos uosto

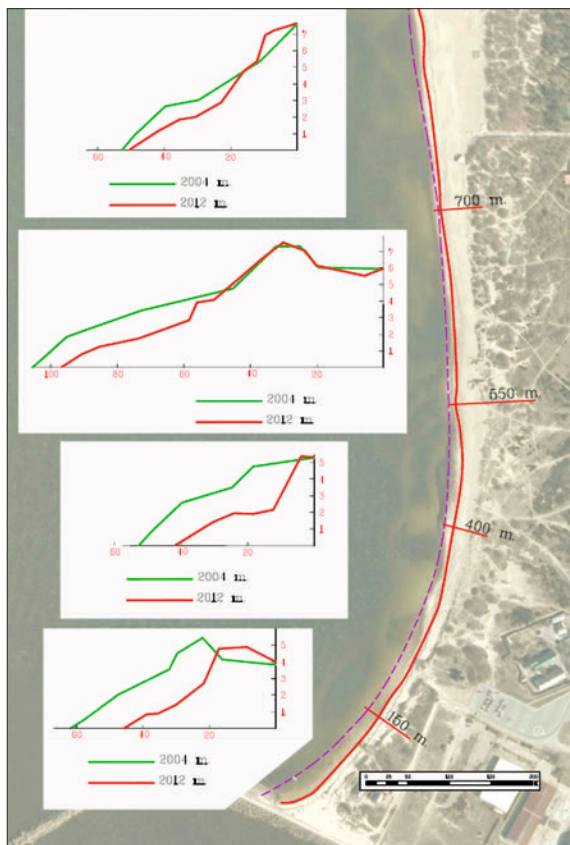
Iki 2004 m. prie molo esančioje 150 m atkarpoje kranto linija atsitraukė apie 60 m, o kopagūbrio papėdė – iki 18 m. Į pietus nuo molo esančiame 1,5 km ruože kranto arda siekė iki 20 m. Kasmetinės kranto stebėsenos (monitorinio) duomenys rodo, kad vėlesniais metais priešvėjinėje – pietinėje – uosto pusėje, maždaug 7–9 km atkarpoje, ėmė reikštis aktyvi nešmenų akumuliacija. 2004–2012 m. kranto linija 150 m atkarpoje nuo molo į jūros pusę pasistūmėjo 32 m, 500 m atkarpoje – 41 m, 900 m atkarpoje – 29 m (11 pav.). Panašios tendencijos išliko ir piečiau: 3 km į pietus vidutinis kranto prieaugis siekė 2,2 m per metus, 5 km atkarpoje – 1,1 m per metus. Taigi Klaipėdos uosto vartų rekonstrukcija sustiprino nešmenų akumuliacijos tendencijas visoje pietinėje Kuršių nerijos kranto dalyje.

Šiauriau uosto esantis krantas didžiausių pokyčių patyrė dar XIX a., iš karto pastačius šiaurinį molą. Kranto linija į jūros pusę prie molo pasistūmė apie 530 m, o pietinėje pusėje – tik 460 m (Žaromskis, 2008). Vėlesniais metais pamažu gilinant uosto įplaukos kanalą, šiaurinėje pusėje ėmė ryškėti išplovimo įlanka. Ši tendencija nebuvo vienareikšmė, bet 300 m atkarpoje nuo šiaurinio molo per 1878–1994 m. kranto linija į sausumos pusę pasistūmėjo apie 130 m, įgaudama kontūrą, artimą kranto linijai, buvusiai prieš 1999–2002 m. uosto vartų rekonstrukciją.

XX a. pabaigos tyrimai rodo, kad prieš įplaukos kanalo rekonstrukciją krantas šiauriau uosto buvo artimas dinaminei pusiausvyrai ir ardą patirdavo tik per labai stiprius štormus. Netgi 1999 m. siautuso uragano *Anatolijus* metu, kai 53–58 km atkarpoje krantas atsitraukė 10–12 m, prie šiaurinio molo esančioje apie 1 km ilgio atkarpoje (52–53 km) buvo užfiksuota nedidelė nešmenų akumuliacija. Visiškai kitaip krantas reagavo po 2002 m. užbaigtos uosto vartų rekonstrukcijos per uraganą *Ervinas*, siautusi 2005 m. Tada ypač nukentėjo šiauriau uosto esantis maždaug 600 m kranto ruožas. Po rekonstrukcijos šiame ruože labai padidėjo kranto povandeninio šlaito nuolydžiai ir priartėjo prie kranto 3 m izobata. Dėl to, esant 154 cm vandens lygio patvankai, šiame ruože apie 20 m į sausumos pusę atsitraukė kranto linija ir apie 11 m – kopagūbrio šlaitas. Paplūdimys tapo itin status (12 pav.).

Dar 2005 m. šiauriau uosto prasidėjusios kranto degradavimo tendencijos tęsiasi, tačiau abrazijos procesams dabar net nebūtini ekstremaliai stiprūs štormai. 2004–2012 m. krantas čia atsitraukė iki 25,3 m, t. y. vidutiniškai po 3,6 m per metus. Tai rodo, kad krantas šioje vietoje dar neprisitaikęs prie naujų sąlygų. Abrazijos procesai čia tęsiasi nepaisant to, kad 4 km šiauriau molo priekrantė 2001–2009 m. buvo dirbtinai papildyta 845 240 m³ smėlio.

Palangos promenadinis pirsas. Navigacijos interesams skirtas pirmasis pirsas Palangoje pastatytas 1882 m. Į jūros dugną buvo sukalti mediniai poliai, virš kurių nutiestas medinis grindinys siaurajam geležinkeliiui. Tarp polių dugne buvo sukrauti akmens rieduliai, iki vandens paviršiaus paliekant 0,43 m tarpą. Pirsas buvo statytas dviem etapais. Pirmajame – pastatytas trumpas pirsas, kurio galas buvo užlenktas į šiaurę, tikintis juo pridengti stovinčius laivus nuo vakarų krypties bangų. Šis pirsas dar statybos etape buvo užneštas smėliu, todėl imtas statyti beveik iki 4 m jūros gylio nusidriekęs 549,7 m ilgio įrenginys su 120,2 m į šiaurę užlenktu galu. Pirsas statybos vieta buvo parinkta ties Palangos kranto kyšuliu. Maždaug 400 m nuo kranto jūros dugne čia atsidedia rieduliais nuklotas more-



12 pav. Pakrantės skersiniai profiliai ir kranto linijos kaita 2004–2012 m. laikotarpiu šiauriau Klaipėdos uosto

nis gūbrys, virš kurio jūros gylis – tik apie 2 m. Jis, kaip povandeninis bangolaužis, šiek tiek dengė tiltą iš pietvakarių, o kartu skatino nešmenų akumuliaciją į pietus nuo kyšulio.

Pirso, kaip prieplaukos, konstrukcija nepasiteisino, todėl nuo 1890 m. jis tarnavo tik kaip promenada poilsiautojams. Pirmą kartą griovė audros, bet jis buvo vis atstatomas sukalant papildomus poliūs. Ypač smarkiai senasis pirsas buvo apgriautas 1981, 1982 ir 1993 m. siautusių audrų. Kalant vis naujus poliūs eilinio remonto metu pirsas konstrukcija tapo beveik nebepralaidi nešmenims, kas skatino šiauriau įrenginio išplovimo įlankos formavimąsi. Buvo nutarta po 1993 m. jį demontuoti ir pastatyti naują promenadinį pirsą ant betoninių polių atramų, paliekant tarp jų 6,5 m tarpus. Naujos konstruk-

cijos pirsas buvo baigtas 1997 m. Jį užbaigus, buvo ištraukti senieji poliai ir iškelti dugne sudėti akmenys.

Naujasis pirsas turi 4 m virš vandens iškeltą 7,7 m pločio medinį grindinį. Bendras pirsas ilgis – 465,2 m, iš jų 100 m sudaro į šiaurę pasuktas jo galas. Naujasis įrenginys yra visai pralaidus išilgai kranto linijos migruojantiems nešmenims, o jo lygiagrečiai užlenktas galas nebeatlieka bangolaužio vaidmens.

Senojo tilto demontavimas iš karto atsiliepė kranto morfo- ir litodinaminiam procesams: iš maždaug 1 km ilgio piečiau pirsas esančios atkarpos paplūdimio nešmenys buvo pernešti į šiaurę ir už pirsą buvusioje įlankoje susidarė kyšulys bei apie 140 m pločio paplūdimys. Krantas ypač nukentėjo 1999 m. per uraganinį štormą, kai piečiau pirsą kranto linija atsitraukė apie 40 m, o ties pirsu paplūdimys ir kopagūbris buvo nuskalauti taip, kad tarp pirsą ir jo susidarė 12 m tarpas.

Pirsą teko pailginti sukalant tris eiles naujų polių ir konstrukciją padengiant nauju grindiniu. Siekiant ateityje išvengti panašių atvejų buvo nutarta dešinėje pirsą pusėje įrengti buną. Tam tiko senieji iš po smėlio dangos išplauti pirmojo pirsuko, su į šiaurę užlenktu galu, poliai. Tarp jų iš naujo buvo sudėti akmenys, o pats įrenginys nusidriekė 122 m nuo kopagūbrio papėdės iki 1,5 m gylio. 2000 m., pastačius šią buną ir po pirsą įrengus gabioną, iš esmės buvo panaikinta abrazijs procesų keliama grėsmė pirsą pradžia. Artimiausioje jo aplinkoje ėmė kauptis purios nuosėdos. Tyrimai parodė, kad ties naujuoju pirsu skirtingomis hidrometeorologinėmis sąlygomis gana ženkliai kinta dugno reljefo amplitudė. Atokiau kranto, išilgai pirsą, reljefo kaita neviršijo 0,5 m, tačiau ties bunos galu, jai pasisukant išilgai kranto linijos, kaita siekė per 3 metrus. Per audras čia susidaranti srovė apnuogindavo net po smėlio storyme slūgsančius moreninio priemolio darinius, o silpnų bangavimų metu vėl suklostydavo purias nuosėdas (Žaromskis, 2005). Nauja morfodinaminė ir litodinaminė situacija Palangos krante susidarė ėmus dirbtinai pildyti paplūdimį smėliu.

Šventosios uosto hidrotechniniai įrenginiai. Iki XVIII a. pradžios buvęs Šventosios uostas jūros krante nepaliko jokių išorinių įrenginių. Šiuolaikinių hidrotechninių įrenginių statyba prie Šventosios upės žiočių buvo pradėta 1924 m. bandant čia įkurti žvejybos uostą. 1925 m. buvo pastatytas pietinis 380 m ilgio molas, o 1926 m. – 228 m ilgio šiaurinis molas. Jie buvo statomi iš 3,5 m gylio, paliekant 60 m pločio vartus. Po 10–12 metų priešvėjinėje – pietinėje – molų pusėje susidarė jau maždaug 1 km ilgio smėlio akumuliacijos zona, kur labai prasiplėtė paplūdimys, ir maždaug tokio pat ilgio nešmenų deficito zona šiaurinėje uosto pusėje su padidėjusiais priekrantės dugno nuo-

lydžiais ir kranto linijoje ryškėjančia įlanka. Paties avanuosto dugne taip pat kaupėsi smėlis, kurio nebespėjo valyti tuometinės mažo našumo žemsiurbės. 3 m siekiantys gyliai liko tik centrinėje avanuosto dalyje (Šimoliūnas, 1933). Buvo nutarta statyti didelį komercinį uostą, statant molus nuo 7,5 m gylio. 1938–1939 m. pastatytas 780 m ilgio pietinis molas, o kitais metais pradėtas ir šiaurinis. Socialinė politinė Lietuvos valstybės suirutė ir karas nutraukė šiuos darbus, o po karo Sovietų Sąjunga uosto statybos nebeatnaujino.

Ilgas polinės konstrukcijos su akmenis riedulių užkrova molas (84 m) pradžioje buvo visai nepralaidus nešmenims, todėl jo pietinėje – priešvėjinėje – pusėje prasidėjo gausi nešmenų akumuliacija. Iki 1965 m. pietinėje molo pusėje kranto linija jūros link pasistūmėjo apie 180 m ir atsідūrė netoli pirmųjų mažo uosto vartų (Dolotov ir kt., 1968).

XX a. 8-ajame dešimtmetyje priešvėjinė smėlio akumuliacijos zona jau apėmė apie 3 km kranto ruožą. Prie molo susidarė iki 14 m aukščio ir apie 100 m pločio kopagūbris, o smėlio paplūdimio plotis čia įvairavo tarp 80 ir 110 m. Maždaug 1 km piečiau molo jis susiaurėjo iki 40–60 m. Užuvėjinėje molo pusėje susidarė išplovimo įlanka, o smulkiagrūdį paplūdimio smėlį čia pakeitė vidutinių ir stambiagrūdės smėlio frakcijos. Padidėjo priekrantės dugno nuolydžiai. Pradėjus uosto išorinių įrenginių, kurie sumažino nešmenų pernašą šiaurės kryptimi, statybą, šiauriau uosto maždaug 4 km kranto atkarpoje įsivyravo kranto abrazijs procesai. Daug dešimtmečių neprižiūrimas ir neremontuojamas ilgasis molas ėmė irti. Iki 2004 m. jis jau buvo sutrumpėjęs apie 180 m (Žaromskis, 2008). XXI a. pradžioje molo būklė toliau blogėjo kartu didėjant jo laidumui nešmenims. Prasidėjo laipsniška priešvėjinėje uosto pusėje susikaupusio smėlio migracija į šiaurę. Dėl to 2004 m. paplūdimys prieš ilgąjį molą jau buvo susiaurėjęs iki 70–80 m. XX a. 8-ajame dešimtmetyje priešvėjinėje molo pusėje kranto povandeniniame šlaite moreninis priemolis iš po purios nuosėdų dangos pasirodydavo 14,4 m gylyje, o 2004 m. dugno nuosėdų dangos pobūdis ėmė artėti prie pirminės 1924 m. būklės, kai moreninio priemolio buvo aptinkama jau 3,7 m gylyje (Šimoliūnas, 1933).

Daugelį metų puoselėti Šventosios uosto atkūrimo planai nuo 2011 m. pradėti realizuoti: išvalyti vidiniai uosto baseinai, įrengtos plaukiojančiosios krantinės mažiesiems laivams. Deja, be naujų apsauginių molų net 2–3 m uosto įplaukos gyliai išsilaiko tik iki pirmojo stipresnio bangavimo. Viso Šventosios kranto ateitis priklausys nuo to, kokie ir kada bus pastatyti naujieji uosto molai. Jei jų nebus, kranto linija toliau artės iki buvusios 1924 m. padėties.

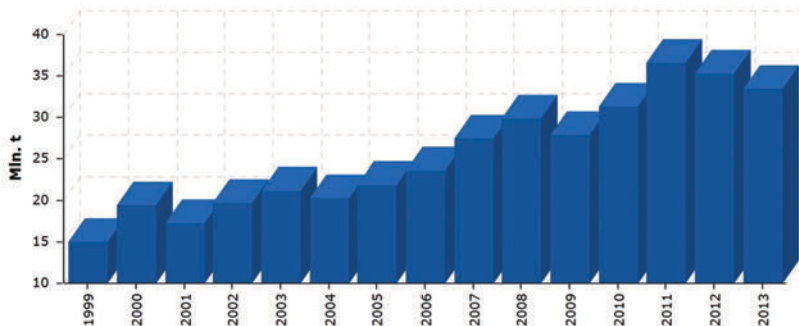
Pavienė buna ties Būtinge. Apleista buna yra apie 1,5 km nuo Lietuvos–Latvijos sienos. Ją sudaro dvi medinių polių eilės, tarp kurių prieš 34 metus į jūrą buvo nutiestas nuotekų vamzdynas. Jis buvo chaotiškai apkrautas betono laužo luitais ir rieduliais. Įrenginys daugelį metų nenaudojamas. Ties šia buna 1999 m. per uraganinį štormą apsauginis paplūdimio kopagūbris buvo paplautas daug labiau negu gretimuose ruožuose ir iki kopagūbrio susidarė 18 m tarpas. Šiuo metu buna vaidina tik nedidelį vaidmenį krantodaros procesuose. Jos poveikio zona apsiriboja 50–70 m ruožu į pietus ir į šiaurę nuo įrenginio. Bunos būklė bloga: dalis polių išvirtę, o patį įrenginį su kopagūbriu jungia tik senas vamzdis. Techniniai duomenys: ilgis – 53 m, plotis – 3 m, aukštis virš vandens lygio – 1,5 m. Būklė bloga, jokių pirminių funkcijų nebeatlieka.

9. Klaipėdos uosto jūrinio transporto srutai per paskutiniuosius 5 metus ir plėtros planai

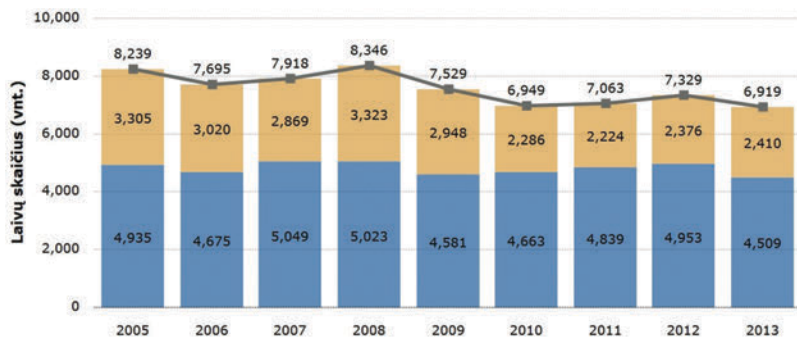
Lietuvos Respublikos teritorijoje yra du jūrų uostai – Klaipėdos valstybinis jūrų uostas ir Šventosios valstybinis jūrų uostas. Tanklaivius aptarnauja Būtingės terminalas, per kurį vyksta naftos krova. Ateityje numatoma plėsti Klaipėdos uostą į jūros akvatoriją arba statyti naują giliavandenį uostą Būtingės rajone. Be šių uostų, taip pat yra eksploatuojamos ir mažųjų uostų prieplaukos. Uosto kompanijų plėtros planai yra konfidencialūs.

Klaipėdos uostas – labiausiai į šiaurę nutolęs neužšalantis daugiarūšis, universalus, giliavandenis rytinės Baltijos jūros uostas. Uostas gali priimti iki 315 m ilgio ir iki 13,0 m grimzlės laivus. Uosto navigacinio kanalo plotis – 120 m, o gylis – 13–13,5 m. Uoste, kurio apskaičiuoti maksimalūs krovimo kiekiai yra 45 mln. t per metus, šiuo metu perkraunama per 35 milijonus tonų krovinių (13 pav.). Be to, uoste teikiamos ir keleivių gabenimo paslaugos. Iš Klaipėdos valstybinio jūrų uosto eina trys tarptautinės keleivinės laivybos linijos į Vokietijos (Kylis ir Zasnicas) ir Švedijos (Karlshamnas) uostus (14 pav.).

Klaipėdos uosto teritorijoje veikia 24 laivybos, 67 laivų agentavimo, 92 krovinių ekspedijavimo, 47 laivų aprūpinimo, 48 laivų remonto, statybos ir techninio aptarnavimo, 24 krovos darbų kompanijos, 3 kruizinių laivų aptarnavimo ir kitos su laivyba bei uosto veikla susijusios kompanijos. Su Klaipėdos uostu susijusių veiklą vykdo apie 800 įvairių bendrovių, kuriose dirba daugiau nei 23 000 žmonių. Šiose įmonėse sukurama 4,5 % Lietuvos bendrojo vidaus produkto. Augantys Klaipėdos uosto krovinių srutai, intensyvėjanti laivyba, didėjantis atplaukiančių laivų tonažas lemia giliavandenio uosto statybos projekto vystymą – reikalingos naujos teritorijos, didesni gyliai, platesnis laivybos



13 pav. Krovos dinamika Klaipėdos uoste
(Šaltinis: <http://www.portofklaipeda.lt/uosto-statistika>)



14 pav. Laivų apsilankymo skaičius Klaipėdos uoste
(Šaltinis: <http://www.portofklaipeda.lt/uosto-statistika>)

kanalas. Nuo 2003 m. svarstytos trys plėtros alternatyvos: uosto išvystymas (dirbtinės salos statyba) šiaurinėje Klaipėdos uosto dalyje, ties Melnragės gyvenvietė; uosto plėtra pietinėje ir šiaurinėje Klaipėdos uosto vietose arba naujo uosto statyba Būtingėje.

Prekybinio laivyno pokyčiai ir aplinkosaugos reikalavimai lemia prekybos laivyno modernizavimą, didelio tonažo laivų santykinio skaičiaus ir absoliutaus vežamo tonažo didėjimą. Prognozuojama, kad *PostPanamax* klasės konteineriniai laivai iki 2030 m. sudarys apie 27 % laivyno, kas atitinkamai sudarys apie 62 % bendro šios klasės laivų tonažo. Taip pat stebimas ir kitų laivų tipų – tanklaivių ir sausakrūvių – tonažo bei gabaritų, taip pat ir krovinių partijų stambėjimas. Atsižvelgiant į laivybos verslo tendencijas, KVJU ir jame

dirbančių krovos kompanijų poreikius galima būtų užtikrinti įrengus naują 250 m pločio ir 17,0–17,5 m gylio uosto įplaukos kanalą (pasukant jį apie 10–12° į šiaurę nuo esamo kanalo ašies, t. y. kanalo kryptis būtų apie 102–282), kanalo plotį uosto vartuose padidinus iki 180–200 m, vidinį laivybos kanalą paplatinus iki 175–200 m ir pagilinus iki 17,0 m, įrengus ne mažiau kaip 420 m skersmens laivų apsisukimo vietas. Taip būtų užtikrinta galimybė Klaipėdos uoste priimti ir aptarnauti praktiškai visus *PostPanamax* klasės laivus, kurių ilgis – iki 365 m, bortų plotis – iki 52 m, grmzlė – iki 16,4 m.

Išskirtinai naftos krovai įkurtas Būtingės naftos terminalas – vienintelis plūdūro tipo naftos perkrovai (eksportui ir importui) skirtas Baltijos jūros uostas. Per metus Būtingės terminalas gali perkrauti iki 14 mln. t naftos. Terminalas gali aptarnauti iki 150 tūkst. talpos tanklaivius. Skaičiuojamas naftos pumpavimo pajėgumas – iki 5 520 m³/val.

Šventosios uosto atkūrimo planuose numatoma, kad Lietuvoje veiks atviras modernus uostas, galintis aptarnauti pramoginius, žvejybos ir nedidelius kruizinius bei *ro-ro* keleivinius laivus, taip pat specializuotus gelbėjimo ir apsaugos laivus.

Be didelių uostų, svarbi ir mažųjų uostelių bei prieplaukų plėtra. Lietuvos pajūryje yra trys registruoti vidaus vandenų uostai: Klaipėdoje, Šilutėje ir Nidoje. Taip pat registruota keletas prieplaukų. Mažųjų uostelių ir prieplaukų tinklas nepakankamai išvystytas, atvirame jūros krante nėra įrengto nė vieno mažo uosto. Žvejų prieplaukos įrengimo galimybės svarstytos Karklėje. Kuršių nerijos krante – Nidoje ir Juodkrantėje – svarstomos galimybės įrengti žuvies iškrovimo vietas.

Literatūra

- Bagdanavičiūtė, I., Kelpšaitė, L., Daunys, D., 2012. Assessment of shoreline changes along the Lithuanian Baltic Sea coast during the period 1947–2010. *Baltica* 25 (2), 171–184.
- Dolotov, J. S., Kirlys, V., Yourkevitch, M. G., 1968. Apie kranto kontūrų ir povandeninio šlaito pakitimus dirbtinių įrenginių poveikyje. *Liet. TSR MA darbai, Biol. ser., 1* (52), 119–135. [Rusų k.].
- Eidikonienė, J., 2013. *Poilsiautojų sklaida jūros krante*. Daktaro disertacija, Klaipėda.
- Gelumbauskaitė, L. Ž., 2003. On the morphogenesis and morphodynamics of the shallow zone off the Kuršių Nerija (Curonian Spit). *Baltica* 16, 37–42.
- Jarmalavičius, D., Satkūnas, J., Žilinskas, G., Pupienis, D., 2012. Dynamics of beaches of Lithuanian coast (the Baltic Sea) for the period 1993–2008 based on morphometric indicators. *Environmental Earth Sciences* 65, 1727–1736.
- Gudelis, V., Kirlys, V., Stauskaitė, R., 1990. Long and short term change in different morpho and lithodynamic stretches on the beaches of Lithuanian coasts. In *Problems of coastal dynamics and palaeogeography of the Baltic Sea, I* (1), 22–37. [Rusų k.].

- Knaps, R. J., 1966. Перемещение наносов у берегов восточной Балтики [Nešmenų pernaša prie rytinės Baltijos krantų]. In *Развитие морских берегов в условиях колебательных движений земной коры*. Таллин: Валгус, 21–29. [Rusų kalba].
- Laustrup, Chr. (Project Manager), December, 1999. *Expert evaluation of coastal zone measures and coastal zone management in Lithuania*. Kystinspektorat, 42 p.
- Pajūrio regioninio parko lankytojų monitoringo ataskaita, 2012 m. 32 p.
- Pajūrio juostos ribų specialusis planas. VĮ Valstybės žemės fondas, 2013.
- Šimoliūnas, 1933. *Šventosios uostas*. Kaunas.
- Žaromskis, R., 1999. Klaipėdos uosto įtaka priekrantės nešmenų migracijai. *Geografija* 35 (1), 20–27.
- Žaromskis, R., 2005. Skirtingų hidrometeorologinių sąlygų poveikis Palangos kranto zonos reljefui. *Geografija* 41 (2), 17–24.
- Žaromskis, R., 2006. *Lithuanian Seaside and Dunes*. Klaipėda, 47 p.
- Žaromskis, R., 2008. *Baltijos jūros uostai*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 431 p.
- Žilinskas, G., 1997. Baltijos jūros Lietuvos kranto ilgis bei jo nustatymo problemos. *Geografijos metraštis* 30, 63–71.

Saugomų teritorijų planavimo dokumentai

- Pajūrio juostos ribų planas, patvirtintas LRV nutarimu 2005-02-10 Nr. 155 (Žin., 2005, Nr. 22-681).
- Pajūrio regioninio parko ir jo zonų bei buferinės apsaugos zonos ribų planas, patvirtintas Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2005-03-09 nutarimu Nr. 259 (Žin., 2005, Nr. 34-1101).
- Valstybinio Baltijos jūros talasologinio draustinio ribų planas; Valstybinio Baltijos jūros talasologinio draustinio nuostatai, patvirtinti Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2005-05-19 nutarimu Nr. 561 (Žin., 2005, Nr. 65-2336).
- Pajūrio regioninio parko tvarkymo planas, patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2005-06-02 įsakymu Nr. D1-282 (Žin., 2005, Nr. 72-2620).
- Pajūrio regioninio parko tvarkymo plano grafinė dalis, patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007-10-18 įsakymu Nr. D1-530 (Žin., 2007, Nr. 115-4722).
- Klaipėdos apskrities ir ją sudarančių savivaldybių nekilnojamojo kultūros paveldo tinklų schemos, patvirtintos Lietuvos Respublikos kultūros ministro 2009-06-01 įsakymu Nr. IV-290 (Žin., 2009, Nr. 2009, Nr. 73-3001); Kuršių nerijos nacionalinio parko ribų ir jo zonų ribų planas, patvirtintas 2010-12-22 LR Seimo nutarimu Nr. XI-1248 (Žin., 2010, Nr. 153-7802).
- Pajūrio juostos žemyninės dalies tvarkymo specialusis planas, patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2011-07-28 įsakymu Nr. D1-601 (Žin., 2011, Nr. 98-4628).
- Kuršių nerijos nacionalinio parko tvarkymo planas, patvirtintas Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2012-06-06 nutarimu Nr. 702.
- Baltijos jūros biosferos poligono ribų planas ir nuostatai, patvirtinti LR AM 2013-05-16 įsakymu Nr. D1-350 (Žin., 2013, Nr. 53-2646).

II. KRANTO ZONOS GEOMORFOLOGIJA IR GEODINAMIKA

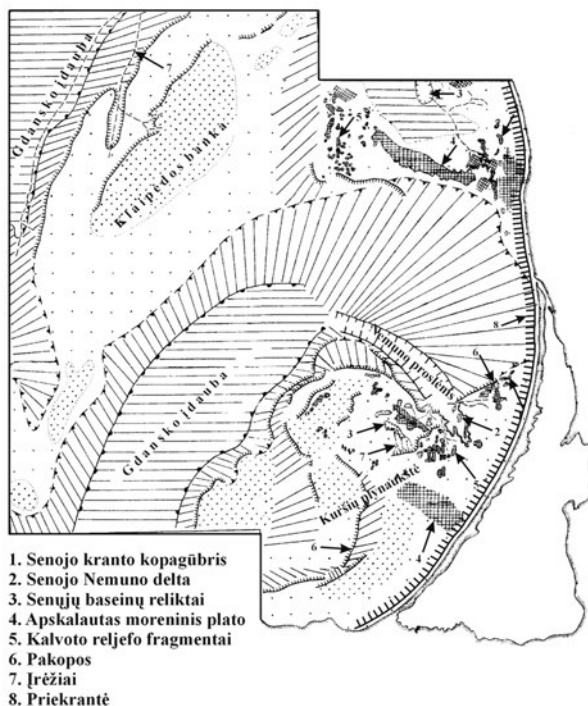
1. Orografija

Kranto zona – pakrantė ir priekrantė – yra Baltijos duburio geosistemos dalis. Žemyninėje dalyje, einant iš šiaurės į pietus, paplūdimys kartu su apsauginiu paplūdimio kopagūbriu sudaro 150–200 m pločio smėlėtą kranto juostą, sausumos link besiremiančią į Litorinos jūros kranto pakopą ir terasinę lygumą. Tik vienoje – Olando Kepurės – atkarpoje, tarp Melnragės ir Karklininkų, 25 m santykinio aukščio moreninis klifas, kaip erozinio kranto pavyzdys, puošia mūsų pajūrį. Pietuose Kuršių nerijos kranto zona formavosi kartu su barjeriniu pusiasaliu kaip siaura, laipsniškai į šiaurę priauganti akumuliacinė forma, skirianti Kuršių marių estuariją nuo atvirosios jūros. Paplūdimio, apsauginio kopagūbrio ir didžiųjų kopų juostos plotis čia kinta nuo 400–4 000 m, o didžiųjų kopų aukštis siekia 64–67 metrus.

Povandeninis kranto šlaitas, kitaip priekrantė, Kuršių nerijoje ir žemyniniame krante taip pat pasižymi tiek geologinės sandaros, tiek morfologinių bruožų skirtumais (Gelumauskaitė, 2003). Priekrantės, kurią sudaro sėklių zona ir užsėklinis šlaitas, plotis kinta 1 000–3 700 m. Einant iš pietų, užsėklinio šlaito papėdė 18–23 m gylyje prisišlieja prie Kuršių plynaukštės, Juodkrantės platumoje pereinančios į Nemuno paleoslėnį. Klaipėdos platumoje priekrantė pamažu pereina į lėkštą Gdansko įdaubos šlaitą. Šiauriau, Karklės–Palangos platumoje, priekrantės morfologija yra glaudžiai susieta su čia prisišliejusio Klaipėdos plynaukštės apskalauto moreninio masyvo reljefu. Čia priekrantės plotis siekia kelis šimtus metrų, o užsėklinio šlaito papėdė atsekama 9–10 m gylyje. Ir tik Būtingės–Šventosios platumoje priekrantė, atsišliejusi į vidurinio holoceno metu Ancyliaus ežero suformuotos povandeninės lygumos reljefą, plėtėja iki 2 800 m (1 pav.).

2. Geologinė sandara

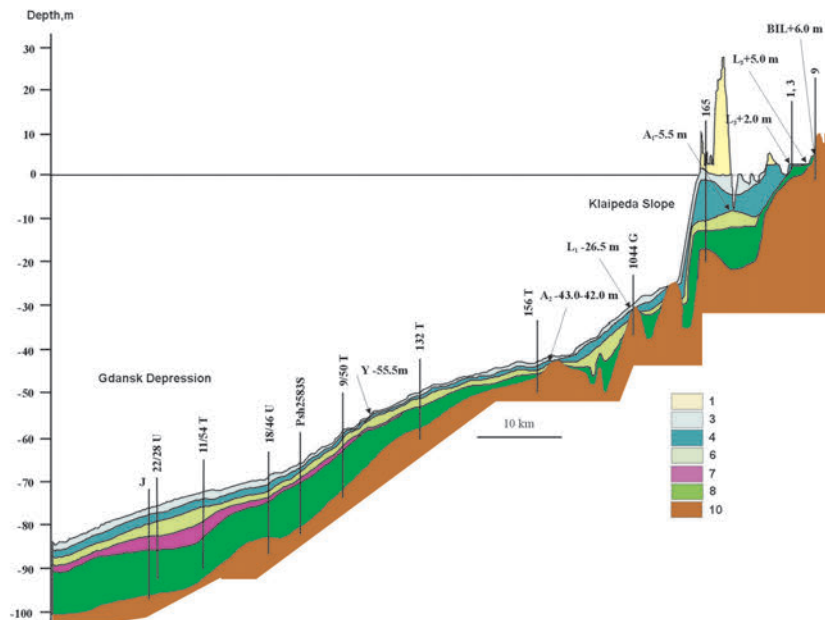
Sekliosios plynaukščių ir kranto zonų pokvarterinę aslą, einant iš šiaurės vakarų į pietryčius kranto link, sudaro apatinio triaso, vidurinės ir viršutinės jūros bei apatinės ir viršutinės kreidos geologinių sistemų uolienos. Jos formavosi su pertraukomis nuo vidurinio jūros laikotarpio (160 Ma) iki vėlyvosios kreidos pabaigos (65 Ma). Uolienų amžius jaunėja iš šiaurės į pietus, nuo



1 pav. Pietryčių Baltijos geomorfologinė schema (Šaltinis: Gelumbauskaitė, 2010)

šiaur rytinėje dalyje smėlingų-molingų jūros sistemos nuosėdų, šiaurinėje dalyje – apatinės kreidos smėlingų-glaukonitinių nuosėdų iki pietinėje dalyje viršutinės kreidos karbonatinių mergelingų nuosėdų. Kuršių nerijai gretima jūros akvatorija sudaryta iš apatinės (šiaurinėje dalyje) ir viršutinės (pietinėje dalyje) kreidos sistemos nuosėdų. Litologinė sudėtis analogiška gretimos sausumos nuosėdoms.

Pokvarteriniame paviršiuje išryškėja plynaukščių morfostruktūrinės pakopos 30–35 m gylyje ir įduba, nuosekliai žemėjanti kranto zonos link iki 55–60 m gylio. Pokvarteriniame paviršiuje atsidedgiančios uolienos lėmė aukščiau slūgsančių kvartero periodo nuosėdų ypatybes. Kvartero nuogulas atvirosios jūros seklojoje ir kranto zonose sudaro priemolis, limnoglacialiniai ir fluvioiglacialiniai dariniai bei limninės ir jūrinės holoceno nuosėdos. Jos slūgso ant nelygaus, paleojrėžiais suskaidyto pokvarterinio paviršiaus. Vyraujantis kvartero nuogulų storis – 25–50 m, paleojrėžiuose siekia 80 m. Šios nuosėdos susiformavo maždaug per 730 tūkst. metų (2 pav.).



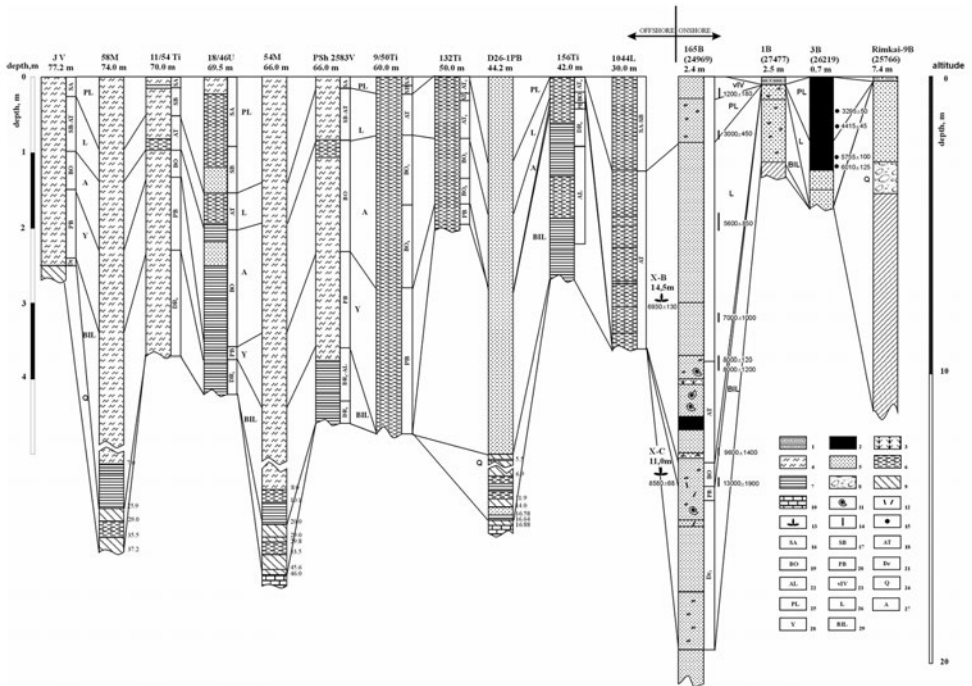
2 pav. Jūros sekliosios zonos seismogeologinis pjūvis Klaipėdos traverse.

1 – eoliniai smėliai; Baltijos jūros stadijų nuosėdos: 3 – Postlitorinos, 4 – Litorinos, 6 – Ancyliaus, 7 – Joldijos; 10 – Viršutinio Nemuno (vėlyvojo Weichselio) Baltijos–Grūdų morena (Šaltinis: Gelumbauskaitė, 2009)

Pleistoceno skaidmoje skiriamos vidurinio pleistoceno Dainavos, Žemaitijos, Medininkų ir viršutinio pleistoceno Viršutinio Nemuno (Grūdų ir Baltijos posvitės) svitos. Atvirojoje jūroje Kuršių moreninė plynaukštė, tįsanti tarp Nidos ir Preilos, liekaninio moreninio reljefo salos tarp Pervalkos, Juodkrantės ir Klaipėdos bei Karklės–Palangos moreninis plato 30–20–15 m gilyje atsidenigia beveik dugno paviršiuje. Čia morenos stuomuo pridengtas vieno metro nesiekiančiomis Litorinos–Postlitorinos nuosėdomis.

Poledynmečio–holoceno, t. y. prieledyninių ežerų ir Baltijos ledyninio ežero (aleriodas–vėlyvasis driasas, 12 300–10 300 cal. yr BP), Joldijos jūros (preborealis, 10 300–9 300 cal. yr BP), Ancyliaus ežero (borealis, 9300–8000 cal. yr BP), Litorinos jūros (atlantis–subborealis, 8 000–4 000 cal. yr BP) ir Postlitorinos jūros (subborealis–subatlantis, 4 000 cal. yr BP iki dabar), nuosėdų geologinis pjūvis sudaro 20–25 m storį. Pilnų pjūvių, išskyrus Joldijos jūros nuosėdas, aptinkama šiaurinėje Kuršių marių dalyje.

Atvirosios jūros sekliosios ir kranto zonų vėlyvojo ledynmečio–holoceno pjūvis daug plonesnis ir sudėtingesnis. Prieledyninių baseinų ir Baltijos ledyninio ežero nuosėdų 30–12–10 m gyliuose aptinkama tik pažemėjimuose ir įrėžiuose. Šių baseininių nuosėdų storiai gali siekti 5 m, tačiau dažniausiai tai krantinių smėlių, siekiančių vieną metrą, nuosėdos. Priekrantėje holoceno storiai siekia 8 m ir pasiskirstę gana netolygiai. Vidurkiniai 4–5 m storiai paprastai sudaro visą A_{1-2} , L_{1-2-3} bei PL storumę (3 pav.).



3 pav. Seismogeologinio pjūvio (2 pav.) kolonėlių ir gręžinukų pjūvių koreliacija. 1–14 – nuosėdų sudėtis: 1 – dirvožemis; 2 – durpės; 3 – gijta; 4 – dumblas; 5 – smėlis; 6 – aleuritas; 7 – molis; 8 – žvirgždas; 9 – morena; 10 – prekvartero uolienos; 11 – moliuskų geldelės; 12 – organinės medžiagos liekanos; 13 – medžio kamienų datavimas; 14 – liuminescencijos analizės (OSL) duomenys; 15 – radioaktyviosios anglies datavimas; 16–21 – holoceno–vėlyvojo glaciale chronozonos: 16 – subatlantis; 17 – subborealis; 18 – atlantis; 19 – borealis; 20 – preborealis; 21 – driasas; 22 – aleriodas; 23 – eoliniai smėliai; 24 – ledyninės nuogulos. Baltijos jūros stadijos: 25 – Postlitorinos jūra; 26 – Litorinos $_{1-2-3}$ jūra; 27 – Ancyliaus $_{1-2}$ ežeras; 28 – Joldijos jūra; 29 – Baltijos ledyninis ežeras (IL+BIL) (Šaltinis: Gelumbauskaitė, 2009)

3. Dugno nuosėdų pasiskirstymas

Sedimentacijos pasiskirstymo dėsningumus atskleidžia detalūs dugno nuosėdų granulometrinės sudėties tyrimai, atlikti jūrinių geologinių nuotraukų M 1:200 000–1:50 000 metu. Pagrindiniai nuosėdų tipai atvirosios jūros seklojoje zonoje ir Kuršių marių duburyje yra rieduliai, gargždas ir žvirgždas, stambūs, vidutingrūdžiai ir smulkūs smėliai, stambūs aleuritai ir aleuritingi dumblai.

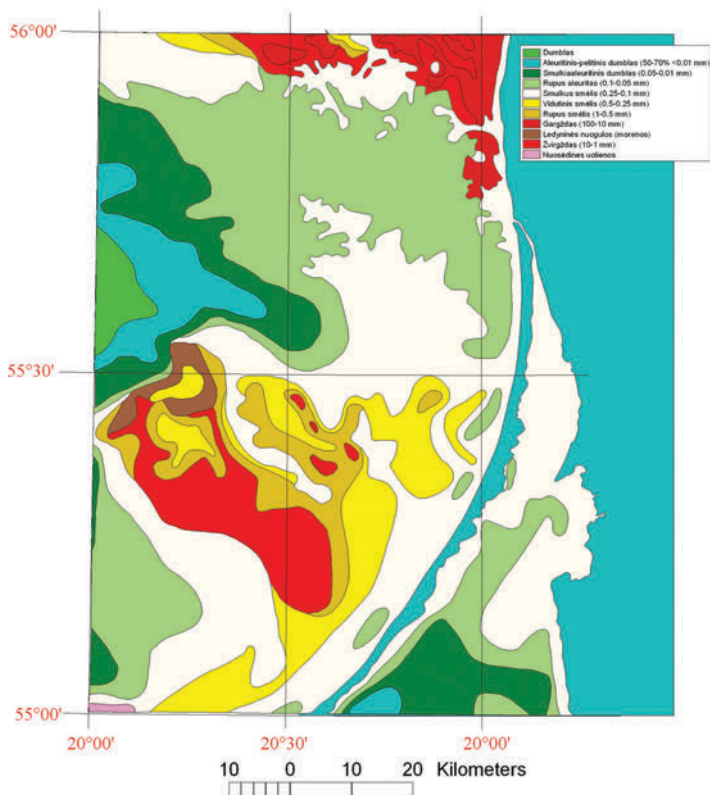
Atvirosios jūros sekliosios zonos nuosėdų šaltiniai yra abraduojamų moreninių plynaukščių reliktai, terigeninės medžiagos srautai iš Kuršių marių ir priedugnio srovių išilgai kranto transportuojami nešmenys. Stambiagrūdė riedulių-žvirgždo-gargždo abraduota medžiaga padengti Kuršių ir Klaipėdos plynaukščių rytiniai šlaitai turi sudėtingą, daugiaplanį ryšį su povandeninio kranto zonos, plytinčios sekiau nei 30–20 m, bangų hidrodinamika. Vidutingrūdžio (0,5–0,25 mm) ir smulkaus smėlio (0,25–0,1 mm) provincija praktiškai išplitusi visoje priekrantėje, einant iš pietų į šiaurę. Tikrai Smiltynės platumoje ŠV–ŠR kryptimis šie smėliai pridengti stambiaaleuritine (0,1–0,05 mm) medžiaga, kuri siejasi su Kuršių marių–Nemuno nešmenų srauto diferencijuotu paskleidimu.

Per Klaipėdos sąsiaurį 25 % terigeninės ir 65 % biogeninės medžiagos išnešama į atvra jūrą, kuri dėl gėstančio hidrodinaminio aktyvumo, veikiama reljefo plastikos, nusėda šiaurės vakarų kryptimi. Smėlis su žvirgždu ir vidutingrūdis smėlis, einant kranto link, paplitęs tarpsekliniuose pažemėjimuose, ypač tarp įjūrinio ir antro sėklaus. Vidutingrūdis smėlis paprastai vyrauja ir antro sėklaus zonoje bei užsekliniame šlaite. Smulkus smėlis dažniausiai paplitęs įkrantinio sėklaus ir bermos zonoje.

Kuršių mariose pagrindinę dugno paviršiaus dalį užima vidutingrūdis ir smulkus smėlis. Vakarinėje marių priekrantėje ir duburiuose vidutinis smėlis kaupiasi dėl eolinės veiklos (pustomų kopų). Centrinėje ir rytinėje pusėje vyrauja Nemuno atnešta medžiaga – smulkus smėlis. Aleuritų ir aleuritingų dumblių daugiausia aptinkama tik Vidmarių, Preilos, Pervalkos duburių centrinės dalyse (4 pav.).

4. Priekrantės morfodinamika

2002 m. vykdant EUROSION projektą buvo adaptuota nauja Baltijos jūros krantų klasifikacija. Lietuvos krantai šioje klasifikacijoje įvardyti kaip bangų–mikropotvynių–atoslūgių dominavimo, kopų akumuliaciniai smėlingi krantai (Povilanskas, 2002).



4 pav. Atvirosios jūros paviršinių dugno nuosėdų tipai
(Šaltinis: Repečka, 1999)

Priekrantę, bangų transformacijos ir deformacijos (kitais žodžiais) zoną ties Kuršių nerija paprastai sudaro 2–3 sėkliai. Pagal morfologinius bruožus sėklių zona, plytinti nuo 0 iki 6–8 m gylio, yra 250–700 m pločio. Sėklių viršūnės fiksuojamos 1,3–1,8–4,0 m, o tarpinė linijos pažemėjimai – 3,8–5,6–8,0 m gylyje. Užsėklinio šlaito nuolaiduma išėjusi iki 18–23 m gylio. Bendras priekrantės plotis – apie 3 000 m.

Sėklių skaičius, jų aukščiai, tarpinė linijos gyliai ir jų migracija lemiami bangų hidrodinamikos, srovių ir nuosėdų pernašos. Morfodinamiškai užsėkliniame šlaite vyrauja litoralinė pernaša. Sėklių zonoje, įjūriniame tarpinė linijoje, kuris paprastai būna giliausias, vyrauja išilginė pernaša, o į krantės sėkliuose ir tarpinė linijoje nuosėdų pernaša nukreipta kranto link (Kirlys, 1974). Remiantis

eksperimentiniais tyrimais, atliktais Lubiato (Lenkija) jūrinėje stotyje, nustatyta, kad esant bangos aukščiui $H > 1,5\text{--}2\text{ m}$ 80 % bangos energijos gęsta 2–3 jūrinių sėklių zonoje, o 20 % pasiekia įkrantės sėklių. Esant mažesniai bangavimui, kai $H = 0,5\text{--}1,0\text{ m}$, 1-ąją įkrantės sėklių pasiekia 30–50 % bangu energijos (Ostrowski, 2004). Taigi sėklių zonos morfologija ir morfodinamika, skersinio profilio forma, kaip pusiausvyros parametrai, lemia visos kranto zonos geodinaminę būklę, jos gebėjimą atsistatyti (Pruszek, 1993; Rozynski, 2003).

Žemiau pateikiama priekrantės kartografavimo, atlikto 1999 m. ir 2007–2008 m. pavasarį–rudenį laivais *Doktor Lubecki* (Lenkija) ir *Varūna* (Lietuva), duomenų lyginamoji charakteristika Nidos, Preilos–Pervalkos, Juodkrantės ir Smiltynės atkarpose; tirti profiliai parodyti 5 pav.

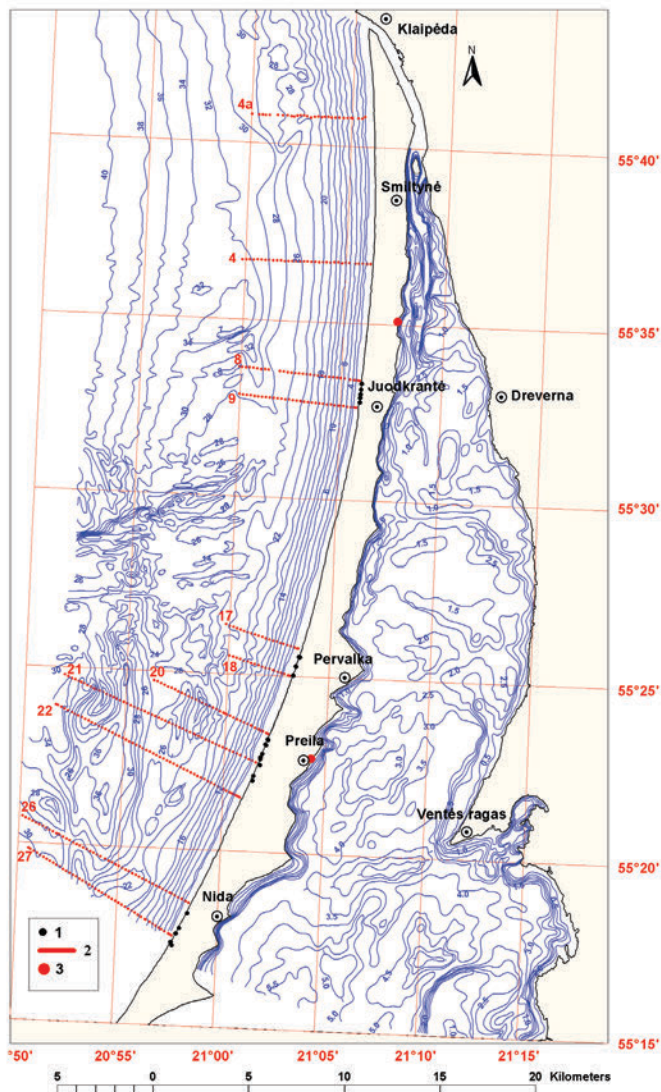
Pirmas atsektas dėsniumas – tai sezoninė sėklių zonos kaita. Matavimai parodė, kad rudens laikotarpiu sėklių zona siauresnė, sėklių santykiniai aukščiai didesni ir tarpinė gilesnė negu pavasario laikotarpiu. Pavasarį sėklių zona išplatėja, sėkliai migruoja gelmėjimo link, jų skaičius beveik visur išauga iki trijų, plastika tampa gerai išvystyta.

Antras pastebimas dėsniumas tas, kad palyginus 1999 m. ir 2007–2008 m. matavimų duomenis, sėklių zonos vidurkinis plotis yra sumažėjęs 100 m. Tai gali būti siejama ir su išilginio nešmenų fronto, judančio nuo Sambijos pusiasalio, susilpnėjimu, sumažėjus eoceno gintaringos Žemės pulpos išmetimui į jūrą iš Jantarno gintaro kasyklų.

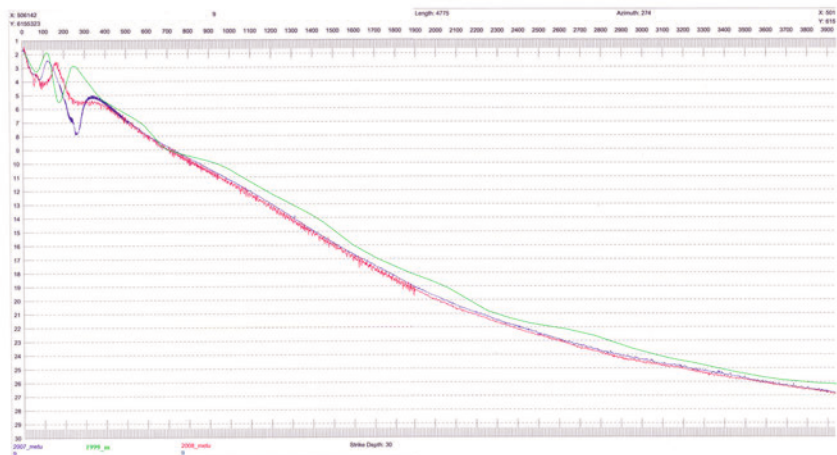
Ir trečia, buvo nustatyta, kad Kopgalyje geodinaminė pusiausvyra pažeista dėl uosto gilinimo darbų prie pietinio molo. Į pietus nuo Juodkrantės, ypač tarp Preilos ir Pervalkos, sėklių zona siauriausia, užsėklinis šlaitas trumpiausias, tarpinė giliausi. Ši atkarpa buvo išskirta kaip suaktyvėjusios erozijos ir nešmenų persikirstymo zona Kuršių nerijos priekrantėje (6 pav.).

Žemyninio kranto priekrantė tiek savo morfologija, tiek geodinamika gerokai skiriasi nuo Kuršių nerijos. Moreninio cokolio įsiterpimas į priekrantės zoną ir nuolatinis nuosėdinės medžiagos deficitas pablogina sąlygas formuoti sėkliams. Jūrinės geologinės nuotraukos, atliktos 1995–1997 m., duomenimis, 2–3 sėklių gerai išvystytos zonos čia neatsekta. Paprastai tai 200–300 m ilgio, apie 1,0–1,5 m aukščio volai, besiformuojantys tarp antros ir trečios arba trečios ir ketvirtos izobatų (2–3–4 m). Visą Klaipėdos–Šventosios priekrantę pagal morfologinius-morfodinaminius bruožus galima būtų suskirstyti į tris atkarpas.

Pirmoji atkarpa – tai Smiltynės–Melnragės dviejų sėklių ir užsėklinio šlaito, kurio papėdė yra 22 m gylyje, 3 000 m bendro pločio zona. Tai akumuliacijos pasireiškimo zona. Antroji – Melnragės–Kunigiškių – atkarpa yra 1 000–1 500 m



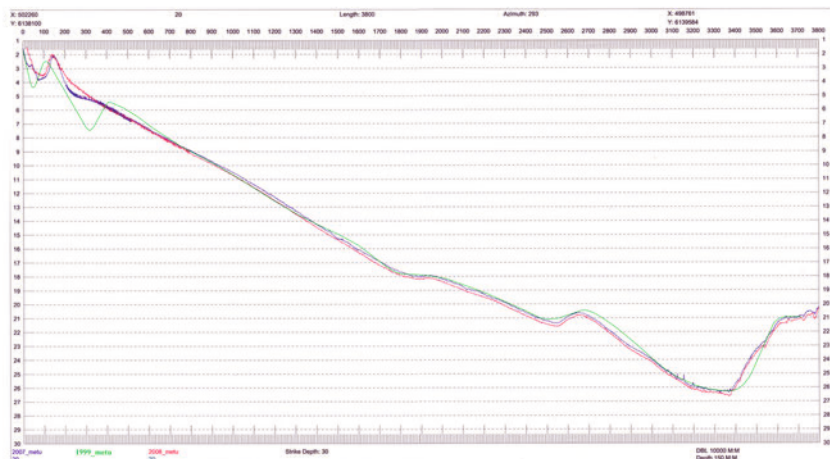
5 pav. Kuršių nerijos priekrantės ir Kuršių marių batimetrinė schema (Gelumbauskaitė, 2003, 2006). Jūros dugno gylių izobatos vestos kas 2 m, Kuršių marių – kas 0,5 m. 1 – jūros paplūdimio matavimai pasirinktose atkarpose; 2 – pasirinkti jūros povandeninės kranto zonos seismoakustinių matavimų profiliai ir jų numeris; 3 – stebėjimo taškai paplūdimyje (Šaltinis: Pajūrio ir pamario juostos..., 2006)



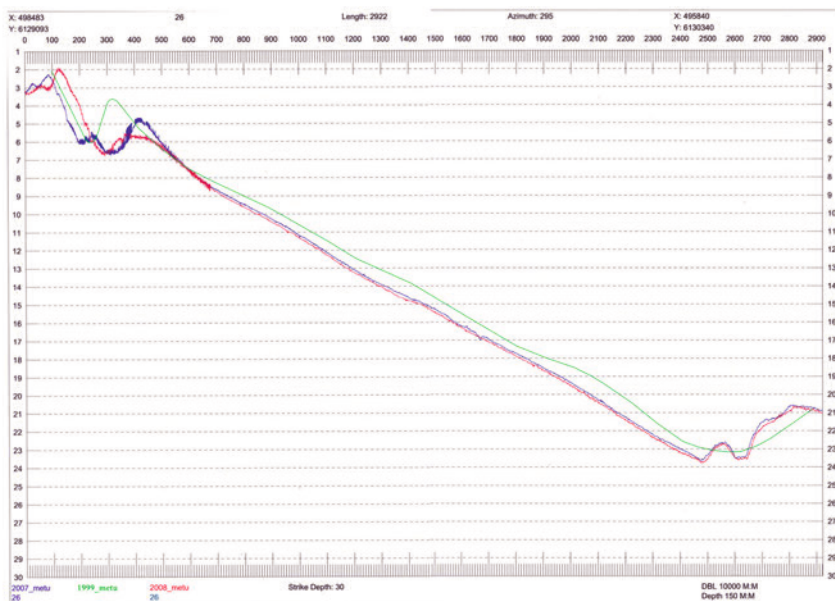
9



17



20



26

6 pav. Skersinių priekrantės profilių lyginamoji charakteristika: žalia – 1999 m. pavasaris, mėlyna – 2007 m. ruduo, raudona – 2008 m. pavasaris; 9, 17, 20 ir 26 pjūvių vietos parodytos 5 pav. (Šaltinis: Pajūrio ir pamario juostos..., 2008)

pločio priekrantė, su vienu fragmentiškai besiformuojančiu sėkliumi. Užsėklinis šlaitas išgaubtas, laiptuotas cokolinių terasių, šlaito papėdė fiksuojama 8–12 m gilyje. Tai abrazijos pasireiškimo zona. Trečioji – Kunigiškių–Būtingės – atkarpa yra laipsniškai lėkštėjanti, 2 000 m pločio, tarp pirmos ir antros izobatų (1–2 m) formuojanti fragmentinį sėklių, gali būti priskirta dinaminės pusiausvyros zonai.

Šiandien nėra visapusiško žemyninio kranto priekrantės dinaminės būklės įvertinimo dėl pastarojo dešimtmečio kranto stabilizavimo darbų, t. y. krantų maitinimo smėliu atskirose atkarpose, kas neabejotinai pakeitė priekrantės skersinio profilio parametrus.

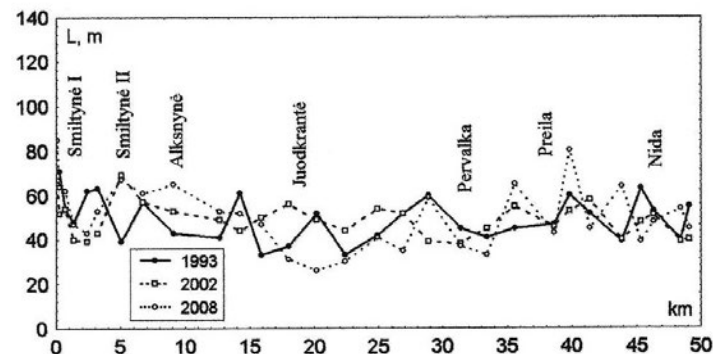
5. Paplūdimio ir kopagūbrio morfodinamika

Kuršių nerija, kaip kranto akumuliacinė smėlio nerija, susiformavo Litorinos jūros antrosios ir trečiosios transgresijos fazės metu (L_{2-3} , 6100–5200–4500 yr ^{14}C BP). Vidutinis paplūdimio plotis yra 50 m, o į jį atsišliejusio apsauginio kopagūbrio plotis – 30–150 m, santykinis aukštis – 4–12 m. Palvė, kaip užkopės pustoma žemuma, plyti 5–6 m absoliutiniame aukštyje ir dar labiau išryškina išilgai Kuršių nerijos tįsiančią didžiųjų kopų (vidurkinis aukštis – 50–60 m) grandinę.

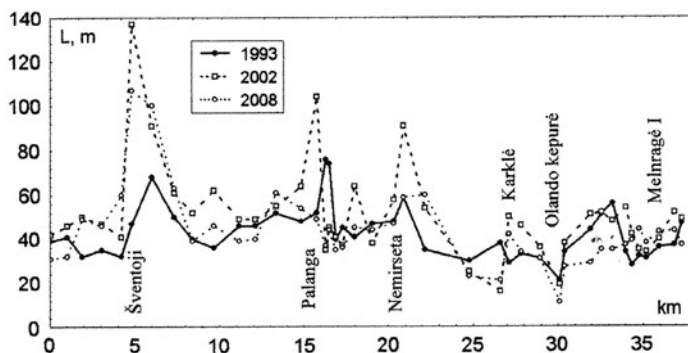
Žemyninis krantas, einant iš pietų į šiaurę, pagal morfologinius-morfodinaminius bruožus skirstomas į tris atkarpas. Pirmoji yra Smiltynės–Melnragės 50–70 m pločio paplūdimio, atsirėmusio į 12–14 m apsauginį kopagūbrį, akumuliacinė zona. Antroje, abrazinėje, kranto atkarpoje nuo Girulių iki Nemirsetos, reprezentuojamoje Olando Kepurės klifo, paplūdimio plotis tesiekia 10–15 m, o Litorinos jūros terasos pakopa išryškėja 8–11 m aukštyje. Trečioje, šiauriau Nemirsetos, paplūdimys išplatėja iki 90 m, į jį atsišliejęs apsauginis kopagūbris yra 3–6 m aukščio (Povilanskas, 2002).

Remiantis morfometrinių indikatorių matavimais, atliktais 1993–2008 m., galima būtų teigti, kad paplūdimio plotis Kuršių nerijoje yra stabilėnis negu žemyniniame krante (Jarmalavičius ir kt., 2011). Čia jis kinta tarp 40–60 m. O paplūdimio svyravimo amplitudė ties Šventąja siekia 40–140 m (7 a, b pav.).

Krantų dinamikos tyrimai aktualūs visoms jūras supančioms valstybėms. EUROSION projekto (2002) duomenimis, metinės vidurkinės PR Baltijos krantų erozijos reikšmės Rygos įlankoje siekia 1,0–2,0 m/metus, ties Klaipėda – 0,5–1,0 m/metus, Helio nerijoje – 1,2–1,8 m/metus. Šiaurės jūros Olandijos krantų erozijos greičiai didesni, siekia 2,0–3,0 m/metus.



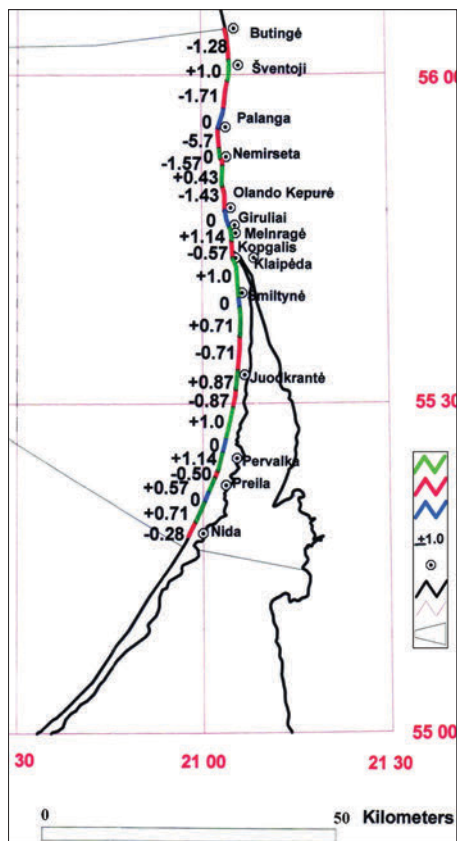
a



b

7 pav. Lietuvos Baltijos jūros kranto (paplūdimio) pločio dinamika 1993–2008 m.: a – Kuršių nerijoje Smiltynės–Nidos atkarpoje (abscisės „0“ žyma – Klaipėdos uosto vartai); b – žemyniniame krante Šventosios–Melnragės atkarpoje (abscisės „0“ žyma – valstybinė siena su Latvija) (Šaltinis: Jarmalavičius ir kt., 2012)

Esantys priekrantės ir sausuminės kranto dalies koreliaciniai ryšiai sudėtingi, priklauso nuo išilginio nešmenų srauto nuo Sambijos pusiasalio, nuo vėjo krypties, bangavimo stiprumo, kranto linijos konfigūracijos, užsėklio šlaito ilgio ir statumo, sėklių zonos pločio. Atkreiptinas dėmesys į blogėjančią kranto zonos būklę Kaliningrado srityje. Dėl uraganų poveikio minimalus paplūdimio plotis piečiau Rasytės tesiekia 10 m, kranto regresija – 4,0–6,0 m/metus (2008). Detalus sekliosios zonos kartografavimas ties Sambijos pusiasaliu atseka aktyvios erozijos pėdsakus, grįžtamų poštorminių srovių išgraužtų vagelių,



8 pav. Lietuvos Baltijos jūros kranto dinamika 2000–2010 m.: žalia linija – akumuliacinis, raudona – erozinis, mėlyna – stabilus; $\pm 1,0$ – kranto pokytis (m per metus); juoda – kranto linija (Šaltinis: Gelumbauskaitė, EMODNET projektas, 2012, nepubl.)

orientuotų statmenai krantui, tinklą. Akumuliacijos deficitas povandeniniame kranto šlaite siekia 40 milijonų kubinių metrų (Spiridonov ir kt., 2011).

Pagrindinis rodiklis, lemiantis krantų dinaminę būklę, – tai daugelį metų vykdomas sąnašų kiekio pokyčių Qm^3/m krante skaičiavimas (J. Dubra, 2008; Žilinskas, 2008). Naudojant šiuos duomenis atliktas akumuliacijos ir erozijos greičio skaičiavimas Lietuvos jūros krantams 2000–2010 m. (Gelumbauskaitė, 2012). Maksimalus metinis erozijos greitis siekė 5,7 m/m ir akumuliacijos greitis – 1,14 m/m (8 pav.).

6. Apibendrinimas

Lietuvos jūros kranto zonos žemyninėje dalyje paplūdimys kartu su apsauginiu kopagūbriu sudaro 150–200 m pločio smėlėtą kranto juostą. Kuršių nerijos kranto zona formavosi kartu su barjeriniu pusiasaliu kaip siaura, laipsniškai į šiaurę priauganti akumuliacinė forma, skirianti Kuršių marių estuariją nuo atvirosios jūros. Sedimentacijos pasiskirstymo dėsninumus rodo dugno nuosėdų granulimetrinė sudėtis. Atvirosios jūros sekliosios zonos nuosėdų šaltiniai yra: abraduojamų moreninių plynaukščių reliktai, terigeninės medžiagos srautai iš Kuršių marių ir išilgai kranto priedugnio srovių transportuojami nešmenys. Per Klaipėdos sąsiaurį 25 % terigeninės ir 65 % biogeninės medžiagos išnešama į atvirą jūrą, kur pagrindinis nešmenų srautas pasiskirsto šiaurės vakarų kryptimi. Nuosėdos pamažu smulkėja, ir Gdanskio įdubą 80 m gylyje pasiekia tik pelitinės dalelės. Smėliai su žvirgždu ir vidutingrūdžiai, einant kranto link, paplitę tarpsekliniuose pažemėjimuose, ypač tarp įjūrinio ir antro sėklaus. Vidutingrūdžiai smėliai paprastai vyrauja ir antro sėklaus zonoje bei užsekliniame šlaite. Smulkus smėlis dažniausiai paplitęs įkrantinio sėklaus ir bermos zonoje.

Priekrantę, bangų transformacijos ir deformacijos (kitaip gožos) zoną ties Kuršių nerija paprastai sudaro 2–3 sėkliai. Sėklių skaičius, jų aukščiai, tarpseklių gyčiai ir jų migracija nulemta bangų hidrodinamikos, srovių ir nuosėdų pernašos. Morfodinamiškai, užsekliniame šlaite vyrauja lateralinė pernaša. Sėklių zonoje, įjūriniame tarpseklyje, kuris paprastai būna giliausias, vyrauja išilginė pernaša, o įkrantės sėkliuose ir tarpusėkliuose nuosėdų pernaša nukreipta kranto link. Sėklių zonos morfologija ir morfodinamika, skersinio profilio forma, kaip pusiausvyros parametrai, lemia visos kranto zonos geodinaminę būklę. Ilgamečių matavimų duomenimis, iki 2013 m. sėklių zonos vidurkinis plotis yra sumažėjęs 100 m. Tai gali būti siejama ir su išilginio nešmenų fronto, judančio nuo Sambijos pusiasalio, susilpnėjimu, sumažėjus eoceno gintaringos Žemės pulpos išmetimui į jūrą iš Jantarno gintaro kasyklų.

Kopgalyje geodinaminė pusiausvyra pažeista dėl uosto gilinimo darbų prie pietinio molo. Į pietus nuo Juodkrantės, ypač tarp Preilos ir Pervalkos, sėklių zona siauriausia, užseklinis šlaitas trumpiausias, tarpsekliai giliausi. Ši atkarpa Kuršių nerijos priekrantėje išskirta kaip suaktyvėjusios erozijos ir nešmenų persikirstymo zona. Žemyninio kranto priekrantė tiek morfologija, tiek geodinamika išsiskiria tuo, kad čia moreninio cokolio įsitraukimas į priekrantės zoną ir nuolatinis nuosėdinės medžiagos deficitas pablogina sąlygas formuoti sėkliams. Jūrinės geologinės nuotraukos (1995–1997 m.) duomenimis, 2–3 sėklių

zonos čia neatsekta. Paprastai tai 200–300 m ilgio, apie 1,0–1,5 m aukščio volai, besiformuojantys tarp antros ir trečios arba trečios ir ketvirtos izobatų (m).

Remiantis morfometrinių indikatorių matavimais (1993–2008 m.), galima būtų teigti, kad paplūdimio plotis Kuršių nerijoje yra stabilesnis negu žemyniniame krante. Čia jis kinta tarp 40–60 m. O paplūdimio svyravimo amplitudė ties Palanga siekia 40–110 m, ties Šventaja – 40–140 m. Esantys priekrantės ir sausuminės kranto dalies koreliaciniai ryšiai priklauso nuo vėjo krypties, bangavimo stiprumo, kranto linijos konfigūracijos, užsėklinio šlaito ilgio ir statumo, sėklių zonos pločio.

Pagrindinis rodiklis, lemiantis krantų dinaminę būklę, – tai daugiametis sąnašų kiekio pokyčių Qm^3/m krante skaičiavimas. Panaudojus šiuos duomenis, Lietuvos jūros krantų akumuliacijos ir erozijos greičio 2000–2010 m. skaičiavimas parodė, kad maksimalus metinis erozijos greitis siekė 5,7 m/m, o akumuliacijos – 1,14 m/m.

Literatūra

- Dubra, J., 2008. Coastal changes. In *Baltic Sea and its problems*. Marine Research Center of the Ministry of Environment, 165–175.
- Gelumbauskaitė, L. Ž., 2003. On the morphogenesis and morphodynamics of the shallow zone off the Kuršių Nerija (Curonian Spit). *Baltica* 16, 37–42.
- Gelumbauskaitė, L. Ž. ir kt., 2006. Pajūrio ir pamario juostos (Kuršių nerijos) krantų atstatymo eiliškumo programa. Ekspertinė studija / Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 85 l., 54 il., 9 lent. [L. Ž. Gelumbauskaitė, A. Grigelis, P. Rusteika, J. Šečkus, J. Paškauskaitė, A. Ručys].
- Gelumbauskaitė, L. Ž. ir kt., 2007. Kuršių nerijos krantų atstatymo geodinaminė aplinka ir jų apsauga / Lietuvos mokslų akademija, Neringos miesto savivaldybė, Vilnius–Neringa, 96 p. [L. Ž. Gelumbauskaitė, A. Grigelis, P. Rusteika, J. Šečkus, J. Paškauskaitė, A. Ručys].
- Gelumbauskaitė, L. Ž. ir kt., 2008. Pajūrio ir pamario juostos (Kuršių nerijos) krantų atstatymo eiliškumo programa: galutinė ataskaita / Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 70 l. [L. Ž. Gelumbauskaitė, A. Grigelis, P. Rusteika, V. Dubra, J. Medzvieckas, A. Ručys].
- Gelumbauskaitė, L. Ž., 2009. Character of sea level changes in the subsiding south-eastern Baltic Sea during Late Quaternary. *Baltica* 22 (1), 23–36.
- Gelumbauskaitė, L. Ž., 2010. Palaeo-Nemunas delta history during the Holocene time. *Baltica* 23 (2), 109–116. [Morphogenetic sketch map of the south-eastern Baltic Sea].
- Gelumbauskaitė, L. Ž. ir kt., 2012. Europos jūrinių tyrimų ir duomenų tinklas: antra dalis – geologiniai duomenys / Geologijos ir geografijos instituto darbo grupės atskaita vykdymo L. Ž. Gelumbauskaitė / ES 7-oji Bendroji programa, EMODNET projektas. Šaltinis: <http://www.emodnet-geology.eu/OneGeology/1GE Portal>.
- Jarmalavičius, D., Satkūnas, J., Žilinskas, G., Pupienis, D., 2012. Dynamics of beaches of the Lithuanian coast (the Baltic Sea) for the period 1993–2008 based on morphometric indicators. *Environmental Earth Sciences* 65, 1727–1736.
- Kirlys, V., 1974. Morphodynamics peculiarities of the upper part of the submarine coastal slope of the southeast sector of the Baltic Sea. *Trudy Akademii Nauk Litovskoy SSR, Ser. B, t. 6 (85)*, 153–163.

- Leeder, M., 1999. Beach dynamics and sedimentation. In *Sedimentology and Sedimentary Basins. From Turbulence to Tectonics*. Blackwell Science Ltd., 400–406.
- Ostrowski, R., 2004. *Morphodynamics of a multi-bar coastal zone*. Institute of Hydroengineering, Polish Academy of Sciences. Gdansk, 163 p.
- Povilanskas, R., 2002. EUROSION projektas.
Šaltinis: [http://www.euroasion.org/European case studies/Lithuania](http://www.euroasion.org/European%20case%20studies/Lithuania).
- Pruszek, Z., 1993. The analysis of beach profile changes using Dean's method and empirical orthogonal functions. *Coastal Engineering* 19, 245–261.
- Repečka, M., 1999. Pietrytinės Baltijos jūros sedimentacijos procesai. Kn. *Geomokslai. Monografija* / red. A. Liekis, A. Grigelis. Vilnius, 307–323 (Lietuvos mokslas, kn. 23).
- Rozynski, G., 2003. *Coastal nearshore morphology in terms of large data sets*. Institute of Hydroengineering, Polish Academy of Sciences. Gdansk, 170 pp.
- Spiridonov, M., Ryabchuk, D., Zhamoida, V., Sergeev, A., Sivkov, V., Boldyrev, V., 2011. Geological hazard potential at the Baltic Sea and its coastal zone: examples from the Eastern Gulf of Finland and the Kaliningrad area. In J. Harff et al. (eds), *The Baltic Sea Basin, Central and Eastern European development studies (CEEDES)*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 345–362.
- Žilinskas, G., 2008. Distinguishing priority sectors for the Baltic Sea coastal management. *Baltica* 21 (1–2), 85–94.

III. VĖJAI, BANGOS, NATŪRALUS KRANTO MAITINIMAS

1. Ilgalaikis vėjo režimas Lietuvos priekrantėje

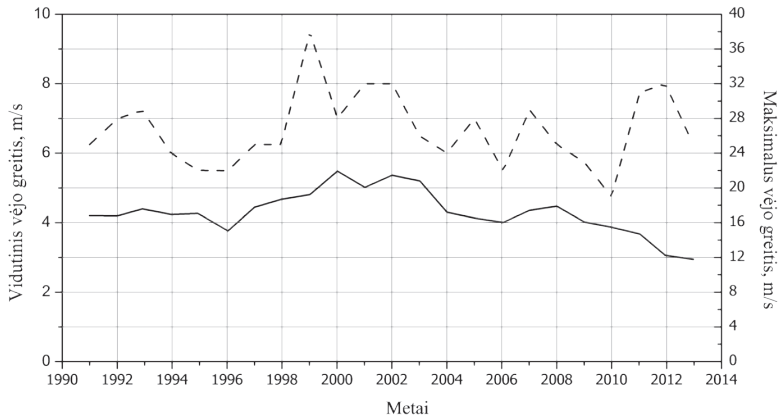
Vėjas, viena svarbiausių orų klimato charakteristikų, yra apibūdinamas kaip oro judėjimas Žemės paviršiaus atžvilgiu (Galvonaitė, 2007). Su vėjo veikla yra susiję daugelis gamtos procesų ir reiškinių. Ypač didelę įtaką turi smarkūs vėjai, sukeliantys audras, pasižyminčias didele griaujamąja jėga. Vėjo suintensyvėjimas XX a. pabaigoje dažnai buvo įvardijamas pagrindiniu klimato kaitos įrodymu (Alexanderson ir kt., 1998) ir viena pagrindinių krantų ardos priežasčių (Žaromskis, Gulbinskas, 2010). Krantų tyrimams vėjas turi didelę reikšmę kaip pagrindinis energijos šaltinis, perduodantis savo galią bangoms ir krantui. Stiprūs pietvakarių krypties vėjai Lietuvos priekrantėje gali sukelti patvankas, kurios kartu su aukštomis bangomis yra pavojingas reiškinyss vakarinėje Baltijos jūros dalyje (Valdman ir kt., 2008).

Vėjo stebėjimai Klaipėdos mieste buvo pradėti nuo 1830 m., tačiau sisteminiai stebėjimai, palygintini su šiuolaikiniais matavimais, buvo pradėti vykdyti 1924 m. Turint ilgalaikius vėjo duomenis galima lyginti vėjo greičius skirtinguose Lietuvos regionuose. Atlikus šiuos palyginimus, buvo nustatyta, kad stipriausi vėjai pučia pajūryje ir Kuršių nerijoje, Baltijos jūros įtaka jaučiama 10–15 km pločio pajūrio ruože, dienų skaičius su stipriais ir štorminiais vėjais pajūryje yra 2–3 kartus didesnis negu kituose Lietuvos rajonuose (Galvonaitė, 2007).

Klaipėda, kaip pajūrio miestas, pasižymi didesniais vėjo greičiais, palyginti su visa šalimi (1 pav.). Vidutinis vėjo greitis 1961–1990 m. buvo 5,2 m/s (LHMT, 1997). Stipriausi vėjai stebimi rudenį – 5,9 m/s ir žiemą – 5,7 m/s, pavasarį ir vasarą vidutinis metinis vėjo greitis siekė 4,5 m/s. Taip pat žinoma, kad 1961–1990 m. Klaipėdoje vyravo pietryčių krypties vėjai – 18 %, o šiaurės, šiaurės rytų ir pietų krypties vėjai sudarė po 9 %.

1991–2013 m. Klaipėdoje vidutinis metinis vėjo greitis neviršijo 6 m/s, o maksimalūs vėjo greičiai siekė 38 m/s 1999 m., 32 m/s 2001, 2002 ir 2012 m. Vidutinis metinis vėjo greitis Klaipėdos mieste nuo 2002 m. silpnėjo. 1996 m. buvo ramiausi praėjusio šimtmečio paskutinio dešimtmečio metai, vidutinis metinis greitis siekė 3,8 m/s, o po 2011 m. vidutinis metinis vėjo greitis nesiekia 3 m/s.

1991–2013 m. vyraujančios vėjo kryptys Klaipėdoje buvo vakarų ir pietvakarių – 15 %, šiaurės vakarų krypties vėjai pasikartoję 14 %, o šiaurės ir pietų



1 pav. Vidutinis metinis (juoda linija) ir maksimalus (punkttyrinė linija) vėjo greičiai Klaipėdos mieste 1991–2013 m. (Šaltinis: Ramonaitė, Navašinskienė, 2013)

krypties vėjai tesudarė po 8 %. Stipriausi vėjai (vidutinis greitis 6 m/s) pasiekė Klaipėdą iš pietvakarių ir vakarų (1 ir 2 lentelės).

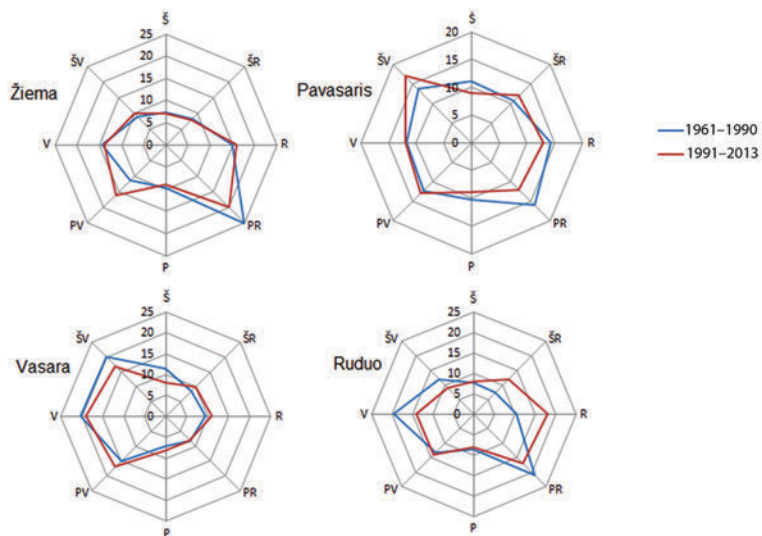
1 lentelė. Vidutinis vėjo greitis (m/s) pagal vėjo kryptis 1961–1990 m. ir 1991–2013 m.

	Š	ŠR	R	PR	P	PV	V	ŠV
1961–1990	4	4	3,4	4,5	4,9	6,5	7,1	6,1
1991–2013	3	2,8	3,6	4,2	4,7	5,7	5,7	7,4

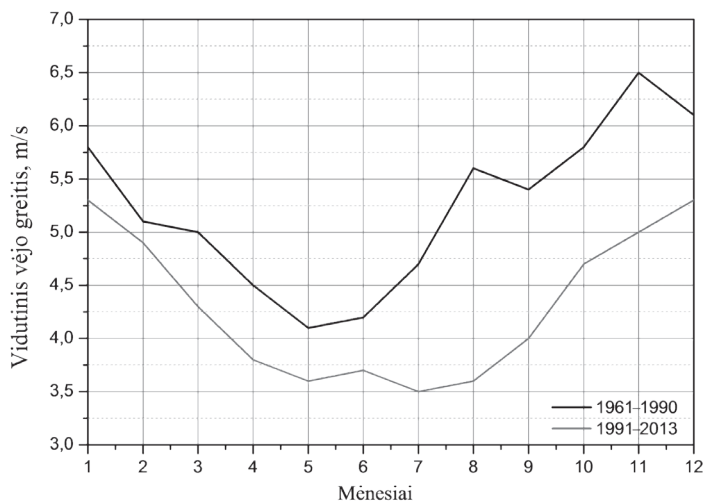
2 lentelė. 1961–1990 m. ir 1991–2013 m. vėjo krypčių kartojimasis (%) pagal vėjo kryptis

	Š	ŠR	R	PR	P	PV	V	ŠV
1961–1990	9	8,5	12	18	9,5	13	16	14
1991–2013	8	11,5	13	14	9,5	15	15	14

Palyginti 1991–2013 m. laikotarpį su klimatine norma (1961–1990 m.), vyraujančios vėjo kryptys pakito: pietvakarių krypties vėjų pasikartojimas padidėjo 13–15 %, o pietryčių krypties vėjų pasikartojimas sumažėjo 18–14 %.



2 pav. Vėjo kryptių pasiskirstymas Klaipėdoje 1961–1990 m. ir 1991–2013 m. (Šaltinis: Ramonaitė, 2014)



3 pav. Vėjų greičiai Klaipėdoje 1961–1990 m. ir 1991–2013 m. skirtingais mėnesiais (Šaltinis: Ramonaitė, 2014)

Taip pat 1 % sumažėjo vakarų ir šiaurės kryčių vėjų (2 pav.), o šiaurės rytų ir pietvakarių vėjų padažnėjo. Pažymėtina, kad šiaurės vakarų krypties vėjai 1991–2013 m. vyravo pavasario, o ne vasaros ir rudens mėnesiais, kaip buvo 1961–1990 m. Pietvakarių krypties vėjų padažnėjo palyginti su klimatine norma visais sezonais. 1991–2013 m. vidutinis vėjo greitis sumažėjo 5,2–4,3 m/s palyginti su klimatine norma (1961–1990 m.). 1991–2013 m. liepos–gruodžio mėnesiai buvo ramesni (3 pav.).

Reiškiny, kai vėjas pasiekia 20,8–24,4 m/s greitį (vidutiniškai 23 m/s), vadinamas audra. 1956–2012 m. Klaipėdoje buvo užfiksuotos 124 audros, vėjo greičiui viršijus 25 m/s. Vidutiniškai pajūryje būna dvi audros per metus. Pasak J. Navašinskienės (2013), audringiausi metų sezonai yra žiema (59 audros) ir ruduo (50 audrų). Per smarkias audras dažniausiai pūtė pietvakarių, vakarų, vakarų–pietvakarių ir šiaurės vakarų krypčių vėjai, kitų krypčių vėjai per smarkią audrą yra retesni. 60 % visų audrų truko vieną dieną, 36 % – dvi dienas ir 4 % – tris dienas.

2. Bangų režimas Lietuvos priekrantėje

Baltijos jūroje bangavimo režimas tapatus vėjų režimui (Soomere, 2008). Didžiausios bangos stebimos rudenį ir žiemą, o mažiausios – vasarą. Analizuojant bangų režimą Lietuvos priekrantėje yra atlikta daug teorinių darbų skaičiuojant bangų parametrus, remiantis vėjo duomenimis. Žinyne (Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР, 1983) bangų parametrų skaičiavimams naudoti tipiniai vėjo laukai, kurie sudaryti naudojant 14 600 sinoptinių žemėlapių. Pagal išsamias žinyno vėjo režimo charakteristikas yra pateiktos apskaičiuotos bangų elementų ir vėjo režimo įvairių sezonų tikimybių charakteristikos, bangų aukščio ir periodo pasiskirstymas priklausomai nuo vėjo krypties, bangų aukščio, vėjo greičio bei bangų aukščio ir periodo derinių pasikartojimas (%), taip pat bangų energija ir suminė jų veikimo trukmė pagal įvairias kryptis. Žemiau pateikta bangų elementų pasikartojimo tikimybė, priklausanti nuo vėjo greičio (3 lentelė).

A. Bukančio (1994) žinyne pateikti bangų parametrai yra skaičiuoti naudojant 1955–1975 m. laivų bangų stebėjimo duomenis. Duomenų bazėje buvo per 155 tūkst. matavimų, gana tolygiai apimančių visus sezonus. Vizualūs bangų aukščio stebėjimų duomenys perskaičiuoti į 3 % tikimybės bangos aukščius. Atlikta statistinė analizė, įvertinta ilgo periodo bangavimo kaita ir pateiktas bangų elementų bei vėjo dvimačio pasiskirstymo dėsningumų vertinimas. Darbe (LHT, 2003) taip pat pateikta vėjo ir bangų matavimų analizė bei kaitos

3 lentelė. Vėjo greičio ir bangų elementų tikimybių charakteristikos pietrytinėje Baltijos jūros dalyje (sudarė B. Gailiusis pagal Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР, 1983)

Sezonas	Elementas	Tikimybė, %			
		50	20	5	1
1	2	3	4	5	6
Žiema					
	$\bar{h}$	1,1	1,8	2,7	3,5
	$h_{1\%}$	3,0	4,8	7,2	8,6
	T	4,6	6,0	7,4	8,4
	V	11	16	21	25
Pavasaris					
	$\bar{h}$	0,6	1,2	2,0	2,8
	$h_{1\%}$	1,7	3,2	5,2	7,3
	T	3,2	4,8	6,2	7,4
	V	8	12	17	22
Vasara					
	$\bar{h}$	0,7	1,2	1,9	2,6
	$h_{1\%}$	2,0	3,2	5,0	6,8
	T	3,6	5,0	6,2	7,0
	V	8	12	16	20
Ruduo					
	$\bar{h}$	0,8	1,5	2,1	3,1
	$h_{3\%}$	1,7	3,2	4,4	6,5
	$h_{1\%}$	2,2	3,9	5,5	7,8
	T	4,0	5,4	7,0	8,0
	V	9	14	18	23

Pastaba: $\bar{h}$ – vidutinis bangos aukštis m; $h_{1\%}$, $h_{3\%}$ – 1 ir 3 % tikimybės bangos aukštis, m; T – vidutinis bangos periodas, s; V – vėjo greitis, m/s.

dėsningumų vertinimas. Pagal statistinius duomenis apskaičiuotą vėjo greičių ir bangų aukščių derinių pasikartojimo pobūdį iliustruoja 4 lentelė.

Apibendrinus archyvinių leidinių analizę, daroma išvada, kad nepaisant skirtingų skaičiavimo metodų gauti rezultatai rodo, jog Baltijos jūros Lietuvos teritorinių vandenų akvatorijoje vyrauja PV, V, P ir ŠV krypčių vėjų sukeltos bangos, kurių aukštis – iki 3,0 m (~80 %), o stiprių štorminių vėjų sukeltos 4,0–7,0 m bangos sudaro tik apie 2 %.

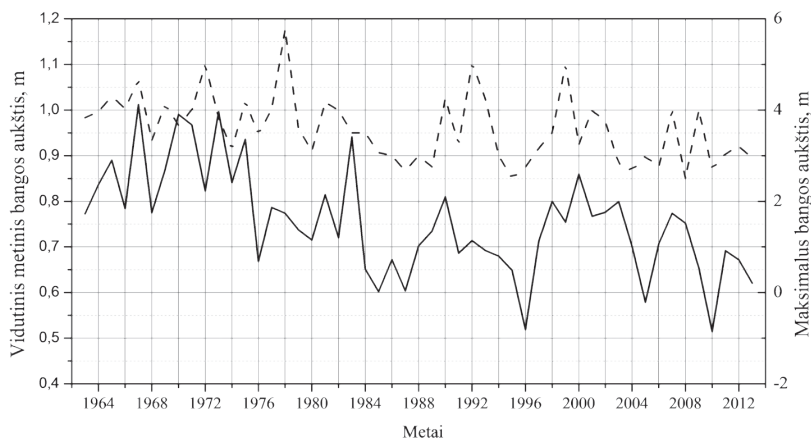
4 lentelė. Vėjo greičių ir bangų aukščio derinių pasikartojimas (%) pietrytinėje Baltijos jūros dalyje žiemos (gruodžio–vasario) mėn. (sudarė B. Gailiusis pagal žinyną Pajūrio klimatas, 2003)

Bangos aukštis, m	Vėjo greitis, m/s											
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
0-0,5	4,9	1,4	2,9	1,7	2,3	1,5	1,2	0,4	0,2			0,2
0,5-1	0,1	1,0	1,5	2,8	5,4	5,8	5,6	3,9	2,4	2,5	1,0	0,3
1-1,5			0,2	0,2	1,3	1,3	3,2	3,9	3,1	2,7	2,3	1,7
1,5-2						0,2	1,2	0,9	1,7	1,0	2,1	1,0
2-2,5					0,1	0,1	0,3	0,1	1,3	0,4	0,6	1,0
2,5-3						0,1			0,2		0,3	0,4
3-3,5								0,1		0,1		0,4
3,5-4									0,1		0,1	
4-4,5									0,1		0,1	
4,5-5												

Tęsinys

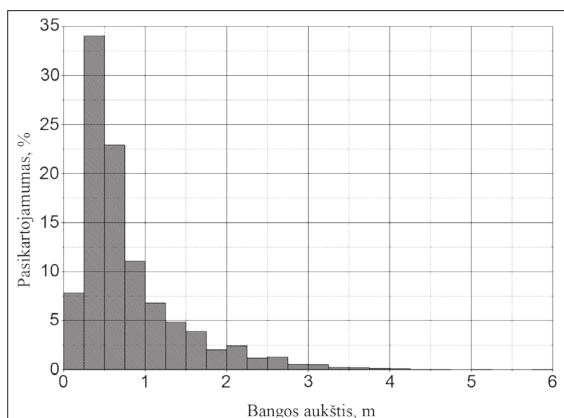
Bangos aukštis, m	Vėjo greitis, m/s											
	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	24-25	%
0-0,5	0,2											16,9
0,5-1	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2							33,8
1-1,5	1,0	1,0	0,5	0,6		0,2		0,1				23,3
1,5-2	1,5	1,3	0,6	0,2	0,2			0,1				12,0
2-2,5	0,8	0,7	0,4	0,7	0,3	0,1						6,9
2,5-3	0,6	0,6	0,4	0,3	0,2		0,2	0,2		0,1		3,6
3-3,5		0,5		0,1	0,3	0,3	0,2		0,1		0,1	2,2
3,5-4							0,1					0,3
4-4,5					0,4	0,2						0,8
4,5-5			0,1					0,1				0,2
%	4,6	4,4	2,3	2,1	1,6	0,8	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	100

Klaipėdos hidrometeorologinėje stotyje nuo 1963 m. vykdomas pagrindinių bangų parametru (aukščio, krypties ir periodo) stebėjimas. Remiantis ilgamečiais vizualiniais bangų stebėjimais, metinis vidutinis bangų aukštis Klaipėdoje neviršija 1,0 m (4 pav.).



4 pav. Vidutinės metinės (juoda linija) ir maksimalios (punktyrinė linija) bangų aukščių reikšmės ties Lietuvos priekrante

Bangų aukščių pasikartojimo stebėjimai (5 pav.) rodo, kad 6,0 m aukščio banga buvo stebima Klaipėdoje vieną kartą 1978 m. gruodžio 12 d. 5,0 m aukščio bangos nuo 1963 m. buvo fiksuotos tris kartus (1972, 1992 ir 1999 m.). Bangos, kurių aukštis iki 3,0 m, sudaro apie 99 % visų stebėtų bangų aukščių.



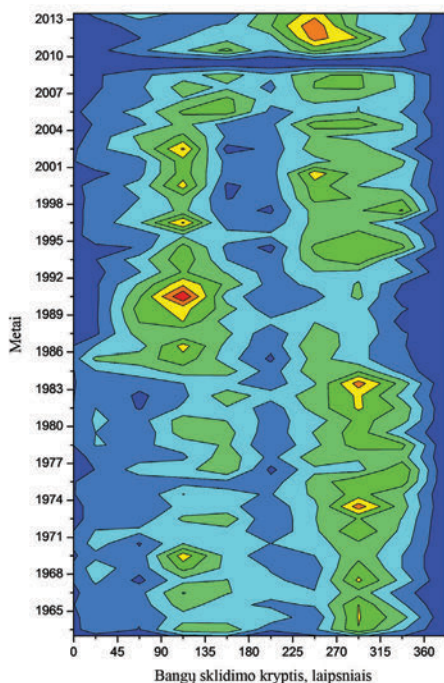
5 pav. Bangų aukščių pasikartojimas 1963–2013 m.

5 lentelė. Vidutinis Baltijos jūros bangavimas (m) mėnesiais 1963–2013 m. (Klaipėda)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1963–1990	0,9	0,66	0,7	0,62	0,52	0,59	0,76	0,71	0,95	1	1,14	1,03
1991–2013	0,92	0,81	0,67	0,52	0,51	0,6	0,56	0,63	0,66	0,81	0,82	0,89

Aukščiausios bangos pasiekia krantą rudens ir žiemos mėnesiais (5 lentelė). Liepos–gruodžio mėnesiais bangų aukščiai 1991–2013 m., palyginti su klimatine norma, buvo vidutiniškai 0,2 m mažesni.

Kaip ir vyraujanti vėjo kryptis, bangų sklaidimo kryptis yra nepastovi. Lietuvos priekrantę siekiančios bangos turi dvi vyraujančias kryptis: pietryčių ir šiaurės vakarų (6 pav.). Vyraujanti bangų kryptis po 1984 m. keitėsi iš šiaurės vakarų į pietų–pietryčių. 1990–1992 m. vakarų krypties komponentė beveik visai išnyksta ir grįžta tik 1994 m. Pažymėtina, kad po 2010 m. šiaurės vakarų krypties bangos tapo vyraujančios.

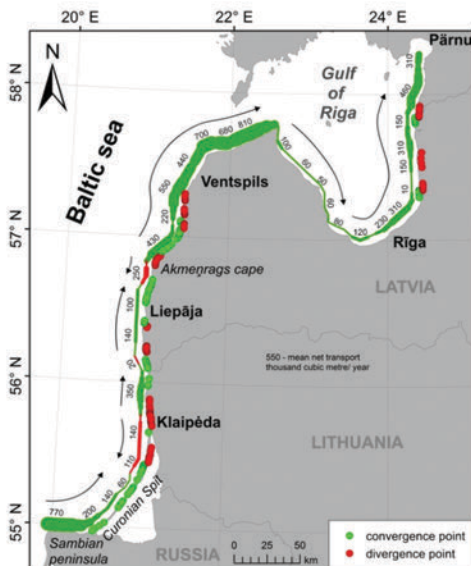
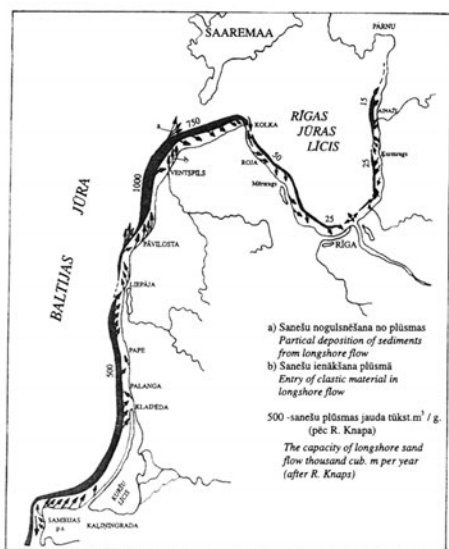


6 pav. Bangų sklaidimo krypties pasikartojimo dažnumas Klaipėdoje 1963–2013 m.

Bangų parametrai turi didelę įtaką tiek hidrodinaminiams, tiek nešmenų pernašos procesams Baltijos priekrantėje. Lietuvos priekrantėje nėra daug bangų stebėjimo duomenų, todėl būtina sumodeliuoti bangų parametrų sklaidą Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje pučiant stipriems vėjams.

3. Natūrali nešmenų pernaša

Natūrali nešmenų pernaša rytinėje Baltijos jūros pakrantėje prasideda nuo Sambijos pusiasalio Kaliningrado srityje (Rusija) ir keliauja lygiagrečiai kranto į šiaurę Rygos įlankos (Latvija) link (Knaps, 1965; Gudelis ir kt., 1977; Žaromskis, Gulbinskas, 2010), sudarydama pastovią sedimentacinę sistemą. Bendra natūralios nešmenų pernašos schema Baltijos jūroje yra gerai žinoma. Jos vyraujanti kryptis paveldėta iš Litorinos jūros laikotarpio. Bendru atveju suminė išilginė nešmenų pernaša yra sudaryta iš atskirų sedimentacinių ruožų, galinčių skirtis tiek nešmenų koncentracija, tiek pernašos kryptimi (7 pav). Pirmieji teoriniai bangų sukeltos išilginės nešmenų pernašos kiekiai buvo įvertinti XX a. 4-ajame dešimtmetyje pagal Munch–Petersen taisyklę. Išilginė



7 pav. Išilginės nešmenų pernašos vertinimas: a) pagal Knapsą, b) pagal skaičiuotą nešmenų pernašą. Rodyklės rodo galimą nešmenų pernašos kiekį ($1\,000\text{ m}^3$) (Šaltinis: Viška, Soomere, 2013)

nešmenų pernaša, prasidėjusi ties Sambijos pusiasaliu, tęsiasi prieš laikrodžio rodyklę iki Kolkos iškyšulio Latvijoje. Bendra jos talpa (iki $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{metus}$) buvo vaizduojama R. Knapso darbuose jau praėjusio šimtmečio viduryje (7 a pav.) (Viška, Soomere, 2013).

Vėlesni tyrimai papildė turimą informaciją. R. Žaromskis ir S. Gulbinskas (2010), remdamiesi litodinaminiais ir morfologiniais povandeninio šlaito ir kranto rodikliais, įvertino galimas išilginės nešmenų pernašos kryptis Kuršių nerijos krante. T. Soomere ir M. Viška (2014) įvertino galimą išilginės pernašos kiekį CERC (*Coastal Engineering Research Centre*) metodu. Bangų sukeltos išilginės nešmenų pernašos intensyvumas vertinamas nuosėdų tūriais (pvz., kubiniais metrais), perneštais per kranto atkarpą per vienetinį laiko matą. CERC metodas remiasi prielaida, kad galima išilginę nešmenų pernašą yra proporcinga bangų energijos srautui per vienetinę kranto atkarpą. Išilginę nešmenų pernašą buvo vertinama remiantis WAM modelio bangų rezultatais Baltijos jūrai 1970–2008 m. (Räämet, Soomere, 2010). Bendras išilginės nešmenų pernašos kiekis siekia apie $2,6 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ per metus (7 b pav.). Tai teorinis rezultatas, apskaičiuotas idealioms sąlygoms, ir jis pervertina natūralią nešmenų pernašą. Teoriniai nešmenų pernašos vertinimo rezultatai parodė, kad ir nežymus vyraujančios bangų krypties pokytis gali sukelti priešingos krypties nešmenų pernašą ir tuo pakeisti Kuršių nerijos formavimosi ypatumus (Viška, Soomere, 2012).

Literatūra

- Alexandersson, H., Schmith, T., Iden, K., Tuomenvirta, H., 1998. Long-term variations of the storm climate over NW Europe. *Global Atmos. Ocean Syst.* 6, p. 97–120.
- Bukantis, A., 1994. *Lietuvos klimatas*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 188 p.
- Galvonaitė, A., 2007. *Lietuvos klimatas*. Monografija. Vilnius: ARX Baltica spaudos namai, 207 p.
- Gudelis, V., Kirlys, V., Močiekienė, S., 1977. Littoral drift regime and dynamics along the eastern coast of the Baltic Sea in the off-shore zone of the Curonian Spit according to the data of 1956–1974. *Transactions of the Lithuanian Academy of Sciences B4 (101)*, 123–128.
- Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Т. 1. Балтийское море. Выпуск 1. Л., 1983.
- Knaps, R. J., 1965. Перемещение наносов у берегов восточной Балтики [Nešmenų pernaša prie rytinės Baltijos krantų]. Riga: Latgdroprom, 27 p. [Rusų kalba].
- LHT, 2003. *Pajūrio klimatas*. Klaipėda.
- LHMT, Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, 1997. *Klaipėdos klimatas*.
- Klaipėda: Klaipėdos hidrometeorologijos observatorija, 55 p.
- Navasinskienė, J., 2013. Smarkios audros pajūryje. *Jūros ir krantų tyrimai 2013*, p. 172–175.

Räämet, A., Soomere, T., 2010. The wave climate and its seasonal variability in the northeastern Baltic Sea. *Estonian Journal of Earth Sciences* 59 (1), 100–113.

Ramonaitė, R., Navašinskienė, J., 2013. Vyraujančios vėjo kryptys ir smarkių vėjų pasikartojimas Lietuvos pajūryje 1991–2013 metais. *Jūros mokslai ir technologijos 2014*, Jaunųjų mokslininkų sesijos darbai, p. 45–52.

Ramonaitė, R., 2014. Vyraujančios vėjo kryptys ir stiprių vėjų kartojimasis Klaipėdoje 1991–2013 m. Bakalauro darbas. Klaipėdos universitetas.

Soomere, T., Viška, M., 2014. Simulated wave-driven sediment transport along the eastern coast of the Baltic Sea. *Journal of Marine Systems* 129, 96–105.

Soomere, T., 2008. Extremes and decadal variations of the northern Baltic Sea wave conditions. In E. Pelinovsky, C. Kharif (eds). *Extreme Ocean Waves*, Springer, 139–157.

Valdmann, A., Käärd, A., Kelpšaitė, L., Kurennoy, D., Soomere, T., 2008. Marine coastal hazards for the eastern coasts of the Baltic Sea. *Baltica* 21 (1–2), 3–12.

Viška, M., Soomere, T., 2013. Simulated and observed reversals of wave-driven alongshore sediment transport at the eastern Baltic Sea coast. *Baltica* 26 (2), 145–156.

Viška, M., Soomere, T., 2012. Hindcast of sediment flow along the Curonian Spit under different wave climates. In *Proceedings, IEEE/OES Baltic-2012 International Symposium*, 8–11 May 2012, Klaipėda, Lithuania, p. 7.

Žaromskis, R., Gulbinskas, S., 2010. Main patterns of coastal zone development of the Curonian Spit, Lithuania. *Baltica* 23 (2), 149–156.

IV. PRIEKRANTĖ, TĖKMĖS, SMĖLIO MASĖS JUDĖJIMAS

1. Kranto zonos dinamiką lemiantys veiksniai

Kranto zonos dinamikos tendencijas lemia geologinė sandara ir priekrantės energetinio lauko ypatybės. Šių veiksmų sąveika reguliuoja nuosėdinės medžiagos kiekį ir sudėtį kranto zonoje, nešmenų išilginę ir skersinę migraciją povandeniniame šlaite. Lietuvos kranto zonai ypač aktuali nešmenų migracija išilgai kranto linijos, kuriai reikšmingą įtaką daro krante esantys hidrotechniniai įrenginiai, ypač Klaipėdos uosto molai. Klaipėdos sąsiauris ir uosto hidrotechniniai įrenginiai suskaido Lietuvos krantą į dvi morfologiškai skirtingas atkarpas. Jų specifinius bruožus lemia skirtinga geologinė sandara ir skirtingos litodinaminės sąlygos.

Kranto zonos skersiniame profilyje išskiriamos morfologinės dalys: jūros priekrantė su povandeniniu šlaitu, paplūdimys ir apsauginis paplūdimio kopagūbris arba kranto klifas.

2. Krantų paplūdimių charakteristika

Kuršių nerijos krantui dažniausiai būdingas vienšlaidis paplūdimys, o kai kuriose atkarpose, kur paplitusios stambesnės sudėties nuosėdos, susidaro neaukštas volas ir pats paplūdimys tampa dvišlaidis. Viršutinė paplūdimio dalis, išskyrus abrazijs veikiamas atkarpas, laipsniškai pereina į kopagūbrio papėdę. Jos formavimąsi lemia jau ne bangų plūsmo srautas, bet eoliniai procesai. Žemyniniame krante kaitaliojasi abradojamos ir akumuliacinės kranto atkarpos. Plačiausias paplūdimys į pietus nuo Šventosios uosto molo siekia 70–90 m ir net daugiau. Siauriausias paplūdimys yra prie šiaurinio Klaipėdos uosto molo ir Olando Kepurės, Karklės, Šaipių klifinio kranto ruožuose.

Palangos ir šiauriau jos esančio kranto (maždaug iki Vanagupės, 75 km) zonoje iki 2000 m. stebėtas ryškus nešmenų deficitas. Dėl nepakankamo smėlio kiekio ir suintensyvėjusios išilginės nešmenų pernašos Palangos paplūdimiai centrinėje dalyje buvo nuplauti ir susiaurėję iki 14–20 m. Šiame ruože kranto povandeninis šlaitas smėlio nešmenimis buvo padengtas tik iki 4–5 m gylio, o vietomis stebėta dar siauresnė smėlio zona. 2008–2012 m. Palangos kranto paplūdimiai buvo atkurti, juos papildžius smėliu. 2013–2014 m. paplūdimių plotis čia pasiekė 70 m ir daugiau.

Duomenys apie paplūdimio plotį ir aukštį Lietuvos jūros krante pateikti 1 ir 2 lentelėse:

1 lentelė. Kranto dalis (%) su skirtingo pločio paplūdimiu

Atkarpa	Paplūdimio plotis					
	<20 m	20–30 m	30–40 m	40–50 m	50–60 m	> 60 m
Kuršių nerija			9,6	17,8	29,5	
Žemyninis krantas	6,2	1,7	9,5	12,4	7,6	5,6
Visas Lietuvos krantas	6,2	1,8	19,1	30,2	37,1	5,6

2 lentelė. Kranto dalis (%) su skirtingo aukščio paplūdimio apsauginiu kopagūbriu arba klifu

Atkarpa	Kopagūbrio, arba klifo, aukštis					
	<2 m	2–4 m	4–6 m	6–8 m	8–10 m	> 10 m
Kuršių nerija			18,3	18,4	13,0	7,4
Žemyninis krantas	4,9	13,2	17,7	3,1		3,9
Iš viso	4,9	13,2	36,0	21,5	13,0	11,3

Taigi paplūdimių būklė Kuršių nerijoje ir žemyniniame krante yra labai skirtinga. Kuršių nerijoje net 47,3 % paplūdimių yra 40–60 m pločio. O atkarpoje šiauriau Klaipėdos tokie paplūdimiai sudaro tik 20 %, siauresni kaip 20 m pločio – 6,2 % (Žaromskis, 2008). Paplūdimio apsauginio kopagūbrio ir klifo aukštis yra mažas, net 36 % šių formų yra tik 4–6 m aukščio. Taigi į šiaurę nuo Klaipėdos esančią kranto atkarpą galima vertinti kaip neturinčią nešmenų rezervo, nes apie 18 % kranto turi tik iki 4 m virš paplūdimio iškilusį kopagūbrį, o apie 3,5 km ilgio atkarpoje driekiasi klifas, kurio medžiaga mažai dalyvauja apykaitiniuose procesuose.

3. Jūros priekrantė

Jūros priekrantė – tai su krantu besiribojanti jūros akvatorijos dalis, kurioje jūros dugną veikia banginiai procesai. Kuršių nerijos ir žemyninio kranto priekrantė (jūros kranto povandeninis šlaitas) ir jūros akvatorijos dalis, apribota 20 m izobata, užima apie 427 km² teritorinės jūros plotą. Priekrantė yra hidrodinamiškai aktyviausia zona, kurios būklė lemia krantų stabilumą ir pokyčių dinamiką.

Kranto būklė ir dinamikos tendencijos tiesiogiai priklauso nuo priekrantės (povandeninio šlaito) morfologijos ir litodinamikos. Einant iš pietų į

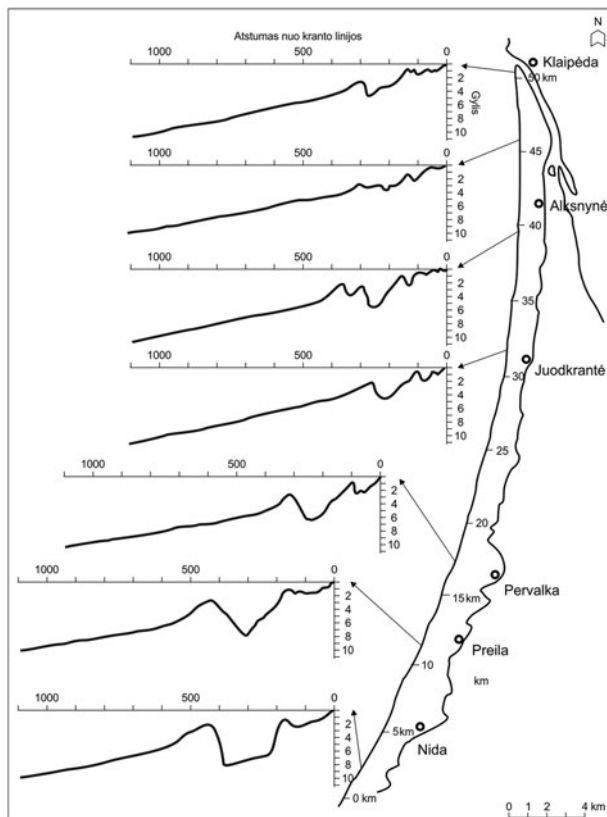
šiaurę jūros priekrantės charakteristikos labai skiriasi. Kuršių nerijos kranto povandeninis šlaitas – tai smėlingas lygus dugnas su gerai išreikštu sėklių ir tarpseklių reljefu. O šiauriau Klaipėdos kranto povandeninis šlaitas įsiremia į abraduotą plynaukštę (Gelumbauskaitė, 2000). Prie Kuršių nerijos vyrauja vieno tipo hidrodinamikos procesų suformuotas ryškių akumuliacinių formų dugno reljefas, o šiauriau Klaipėdos priekrantėje yra daug mažesnis purių nešmenų dangos storis ir siauresnė smėlio juosta. Be to, daugelyje vietų čia matyti smėlio dangos neپردengti, įvairiu laipsniu abrazijos procesų paveikti moreniniai dariniai: žvirgždas, gargždas, rieduliai. Neretai jie sudaro smulkiai arba stambiai lėkštai kalvoto-dauboto reljefo laukus, turinčius įtakos tiek hidrodinaminėms, tiek ir litodinaminėms priekrantės sąlygoms.

Kranto povandeniniame šlaite būdingos akumuliacinės reljefo formos yra smėlio sėkliai su tarp jų esančiais tarpsekliais. Sėklių skaičius įvairiuose priekrantės ruožuose skirtingas. Akumuliacinėse atkarpose, centrinėje Kuršių nerijos dalyje, formuojasi du gerai dugno reljefe išreikšti sėkliai, o šiaurinėje, artėjant prie Klaipėdos uosto, gali susidaryti keturi ir daugiau sėklių. Žemyniniame krante, atkarpose su nešmenų deficitu ir silpnai išreikštu priekrantės nešmenų srautu, sėkliai formuojasi fragmentiškai arba visai nesusidaro. Informacija apie sėklių skaičių visoje Lietuvos priekrantėje pateikta 3 lentelėje.

3 lentelė. Priekrantės dalis (%) su skirtingu povandeninių sėklių skaičiumi

Priekrantės dalis	Sėklių skaičius					
	Nėra	1	2	3	4	>5
Kuršių nerija		0,9	28,5	20,7	5,4	1,9
Žemyninis krantas	9,1	24,9	8,6			
Visa Lietuvos priekrantė	9,1	25,8	37,1	20,7	5,4	1,9

Kuršių nerijos pietinėje dalyje nuo Rusijos sienos maždaug iki Pervalkos (21 km) galima išskirti kelis priekrantės ruožus, kuriuose skirtingai išsivystę povandeniniai sėkliai skiriasi nešmenų sudėtimi, priekrantės dugno nuolydžiais. Visoje atkarpoje dažniausiai būna du labai gerai išsivystę povandeniniai sėkliai, o jų zonos plotis skirtinguose ruožuose keičiasi tarp 480 ir 785 m (1 pav.). Šioje atkarpoje vidutinis sėklių zonos plotis siekia 612 m, o paties didžiausio – antrojo – sėkliaus santykinis aukštis – 5,5 m (Žaromskis, Gulbinskas, 2010). Pietiniame šios atkarpos ruože įjūrinė sėklių zonos riba yra maždaug 7 m gylyje, o šiauriniame – 6 m.



1 pav. Būdingi kranto povandeninio šlaito reljefo profilai Kuršių nerijos priekrantėje

Kuršių nerijos priekrantėje labiausiai išsivystę povandeniniai sėkliai yra ruože tarp 4-ojo ir 14-ojo km (atstumą skaičiuojant nuo Lietuvos–Rusijos sienos). Čia ne tik didelis sėklių aukštis, bet ir labai platus bei gilus tarpsėklis. Šiauriau Pervalkos, nuo 21-ojo km į šiaurę, povandeniniame šlaite sėklių skaičius didėja, dažnai susidaro 3–4 sėkliai. Nors sėkliai dar gerai išreikšti dugno reljefe, tačiau jų aukštis mažėja, o sėklių zona darosi siauresnė. Šio ruožo pradžioje (ties 22-uoju km) didžiausias santykinis sėkliaus aukštis siekia 6,3 m. Ruože nuo 22-ojo iki 33-iojo km sėklių zona siauresnė (462 m) negu tarp 34-ojo ir 42-ojo km (Juodkrantės ir Alksnynės ruožas) – net 542 m. Tačiau sėklių santykinis aukštis einant į šiaurę mažėja. Taip pat mažėja įjūrinės sėklių zonos ribos gylis (1 pav.).

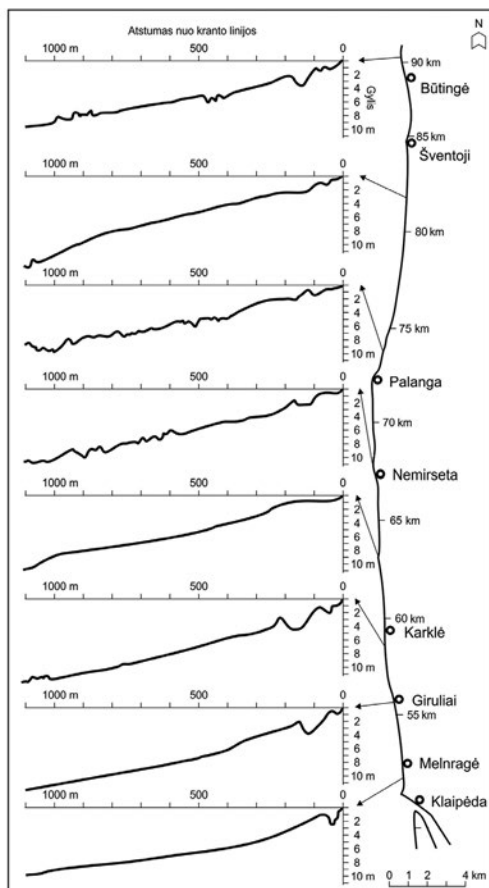
Pačioje siaurinėje Kuršių nerijos atkarpoje (tarp 42-ojo ir 51-ojo km), kranto povandeniniame šlaite susidarę sėkliai dažnai nebeišlaiko ritmiškumo, atstumas tarp jų viršūnių būna labai įvairus. Maksimalų aukštį šiame ruože gali turėti nebūtinai paskutinis sėklius skaičiuojant nuo kranto, kas yra būdinga piečiau esančioms atkarpoms. Sėklių zonos plotis dažniausiai yra iki 400 m, o jos įjūrinės ribos gylis kinta 3,5–4,0 m.

Povandeninio šlaito nuolydžiai ryškiau pradeda mažėti tik artėjant prie Klaipėdos. 15-os metrų izobata ties Nida buvo maždaug 1 550 m atstumu nuo kranto linijos, ties Juodkrante – 1 430 m, o Smiltynės–Kopgalio ruože – 1 960 m ir net kiek daugiau. Kuršių nerijos krante dugno nuolydžiai iki 15 m gylio yra gana panašūs, bet sėklių zona plačiausia Nidos–Pervalkos atkarpoje, kur didžiausias ir povandeninių sėklių aukštis. Didžiausiu povandeninių sėklių skaičiumi išsiskiria Juodkrantės–Smiltynės atkarpa, nors patys sėkliai čia mažesni, o jų išsidėstymas chaotiškesnis.

Žemyninio kranto atkarpoje už šiaurinio uosto molo, povandeninio šlaito skersiniame profilyje išsiskiria trys morfologinės dalys (2 pav.): viršutinė (nuo kranto linijos iki 1,3 m gylio, plotis apie 130 m), didelio nuolydžio vidurinė (iki 8 m gylio, nuolydis $tg\angle\alpha - 0,0453$), mažo nuolydžio apatinė (iki 14–15 m gylio, nuolydis $tg\angle\alpha - 0,0053$). Apatinėje povandeninio šlaito dalyje kai kur atsidendia moreninių nuogulų išėigų fragmentai. Nuo 53-ojo iki 64-ojo km povandeniniame šlaite formuojasi vienas arba du sėkliai. Sėklių zona siaura – 150–250 m, įjūrinės ribos gylis – 2,5–4,5 m, sėkliai žemi.

Einant tolyn į šiaurę priekrantėje smėlio zona vis labiau siaurėja. Ties 62-uju km 0,5 m gylyje jau galima aptikti žvirgždo, gargždo ir riedulių. Po stipraus bangavimo 58–60 km ruože smėlis povandeniniame šlaite nuplautomas ir formuojasi benčas. Tarp 64-ojo ir 75-ojo km priekrantėje smėlio juosta taip pat yra siaura – 100–400 m. Povandeniniai sėkliai formuojasi fragmentiškai, o jų parametrai – maži. Priekrantės dugno reljefe išryškėja moreninių darinių išėigos, kai kur aptinkamos jau vieno metro gylyje. Moreninės pakilumos povandeniniame šlaite vietomis atskirtos smėlio ploteliais. Skersiniam priekrantės profiliui yra būdingas išgaubimas (Žaromskis ir kt., 2010). Moreniniai dariniai suskaido priekrantės dugno reljefą ir lemia izobatų konfigūraciją (2 pav.).

Moreninio reljefo įtaka priekrantės morfologijai ypač ryški Palangos ruože. Čia povandeniniame šlaite moreniniai dariniai atsidendia jau 4–5 m gylyje. Priešais Palangos tiltą yra susiformavusi apie 2 m aukščio moreninė sekluma, turinti įtakos hidrodinamikai ir nešmenų pernašai. Slopindama artėjančių prie



2 pav. Būdingi kranto povandeninio šlaito profiliai žemyninio kranto priekrantėje

kranto bangų energiją, ji veikia kaip povandeninis bangolaužis, užuovėjinėje pusėje kaupdama nešmenis. Tolstant į šiaurę nuo Palangos, pradedant 75-uju km, priekrantėje vėl ima formuotis 1–2 sėkliai. Sėklių zonos plotis artėjant Šventosios link išlieka nedidelis 150–250 m, nors pati smėlio paplitimo juosta prasiplečia iki 12–18 m gylio. Šiaurinėje Šventosios uosto pusėje sėklių zona vėl siaurėja, o 5–7 m gylyje vietomis aptinkama moreninio priemolio, žvirgždo, gargždo ir riedulių.

Taigi Kuršių nerijos priekrantėje sėklių zona yra daug geriau išsivysčiusi negu į šiaurę nuo Klaipėdos. Nerijos priekrantėje yra susikaupęs didelis smėlio kiekis, užtikrinantis viršutinės kranto zonos dalies stabilumą ir sudarantis pa-

lankias sąlygas po stiprių audrų išplautiems kranto ruožams atsistatyti. Smėlio kiekis priekrantėje didele dalimi nulemia ir paplūdimio morfo- ir litodinaminės raidos tendencijas.

4. Tėkmės

Lietuvos akvatorijai būdinga foninė Baltijos jūros tėkmių „cikloninė“ kryptis (prieš laikrodžio rodyklę) (Žaromskis, 1996). Jūros priekrantėje vyraujančioms tėkmės kryptims didelę reikšmę turi kranto linijos ekspozicija. Tolstant nuo Sambijos pusiasalio Kuršių nerijos link jūros kranto linija pamažu įgauna šiaurės kryptį. Tokia kranto linijos kryptis ir aktyvi ciklonų veikla lemia ir cikloninį vandens tėkmių pobūdį. Net pučiant šiaurės ir šiaurės vakarų vėjams susidaro vandens lygių gradientas, lemiantis vyraujančią dugninę vandens tėkmę į šiaurę išilgai Kuršių nerijos. Šios tėkmės greitis siekia iki 10 cm/s.

Didelę įtaką tėkmėms priekrantėje turi upių prietaka. Klaipėdos sąsiauriu ištekančios Nemuno ir kitų į Kuršių marias įtekančių upių vandens masės, veikiamos lygių skirtumo, iškreipia jūros paviršinių tėkmių pasiskirstymą. Gėlas vanduo plinta jūroje veikiamas vėjo ir inercinių tėkmių. Ištekancio debito dydis priklauso nuo Baltijos jūros ir Kuršių marių vandens lygių, vėjo krypties bei upių nuotėkio dydžio. Iš Kuršių marių ištekančios gėli vandenys dažniausiai teka apie 0,5 m/s greičiu. Per pavasarinį potvynį Kuršių marių vandenys išplinta ties Klaipėda paviršiniame 5–14 metrų sluoksnyje net 9–11 mylių nuo kranto. Jūroje greta Klaipėdos sąsiaurio tėkmių cirkuliaciją taip pat lemia uosto molai ir dirbtinai palaikomas įplaukos kanalo dugno reljefas.

Skirtingas sezoninis atmosferinių procesų virš Baltijos jūros aktyvumas matyti iš tėkmių greičių metinės kaitos. Mažiausi tėkmių greičiai būdingi pavasario–vasaros sezonui, o didžiausi – rudens–žiemos sezonui. Stebėjimai rodo, kad visoje Lietuvos jūros priekrantėje visais metų laikais vyrauja šiaurinės krypties tėkmės. Tik pavasarį pietinių krypties tėkmės srautų dažnis susilygina su srautų į šiaurę dažniu.

Kranto zonos dinamikos procesams įtakos turi tėkmės, sukeliamos vėjo ir bangų, taip pat gradientinės ir kompensacinės. Gradientinių bei kompensacinių tėkmių įtaka krantų dinamikos reiškiniams mažesnė ir mažai tyrinėta. Tačiau tais atvejais, kai įvairios kilmės tėkmių kryptys sutampa, suminio srauto energetinis potencialas padidėja.

Vėjo ir bangų sukeliamos tėkmės jūros priekrantėje (iki 15–20 m gylio) priklauso nuo vėjo krypties ir greičio. Šios tėkmės turi lemiamą reikšmę priekrantės dinaminio pusiausvyros profilio formavimuisi. Vėjo sukeltų tė-

4 lentelė. Tėkmės greičio ir krypties priklausomybė nuo vėjo krypties

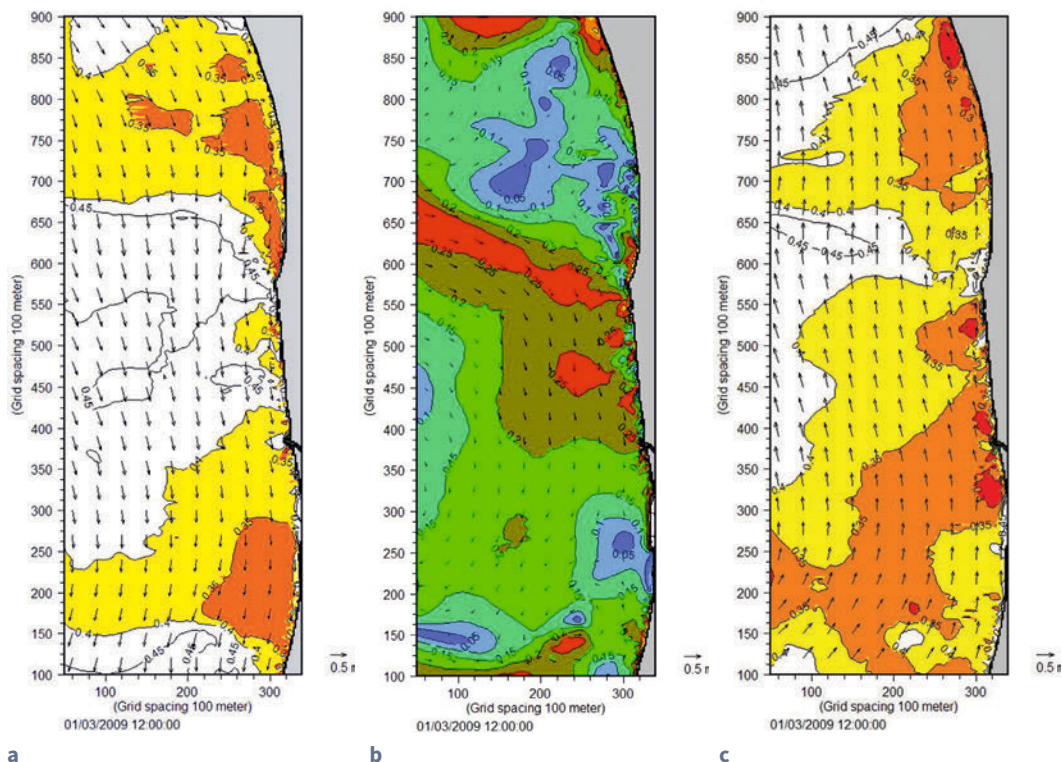
Vėjas	Tėkmės kryptis	Vidutinis tėkmės greitis, m/s	Dažnis, %
Š	P	10–20	3,6
ŠV	PV	10–15	10,3
V	ŠR–R	10–20	13,0
PV	ŠR	10–20	4,6
P	Š	15–20	7,0
PR	ŠV	10–15	11,4
R	V	10–15	5,1
ŠR	PV	10–15	5,6

kmių greitis priklauso nuo vėjo greičio ir gylio. 4 lentelėje pateikta paviršinių tėkmių greičio ir krypties priklausomybė nuo vėjo krypties, kai vėjo greitis 10–15 m/s.

Priekrantės zonoje vyrauja ir didžiausius greičius turi vėjinės tėkmės. Pučiant V, PV, P ir PR rumbų vėjams tėkmės paprastai yra nukreiptos į šiaurę, o pučiant Š, ŠV, R, ŠR rumbų vėjams susidaro į pietus nukreiptos tėkmės. Tėkmės neretai yra reversinės ir dažnai, ypač vasarą, pasireiškia apvelingas: pučiant rytų vėjams išilęs pakrančių vanduo išnešamas į jūrą, o į jo vietą pakyla šaltas gilumos vanduo. Vėjinės tėkmės maksimaliai išsivysto rudenį ir žiemą. Per štormus jų greitis būna didesnis nei 0,5 m/s. Ekstremaliomis sąlygomis jų greitis gali siekti net 1,0 m/s, maksimalus išmatuotas greitis – 1,5 cm/s.

Sudėtingomis vandens masių cirkuliacijos sąlygomis ypač svarbu tėkmės struktūras modeliuoti dideliame Baltijos jūros plote. Jūros priekrantės tėkmių modeliavimas yra atliktas Lietuvos energetikos instituto Hidrologijos laboratorijoje (Gailiušis, Kriaučiūnienė, 2011). Hidrodinaminė situacija modeliuota pučiant PV, V ir ŠV krypčių 20 m/s greičio vėjui. Apskaičiuoti bangų parametrai yra naudoti kaip pradiniai duomenys hidrodinaminiam modeliui. Pučiant ŠV krypties vėjui tėkmės kryptis – iš pietų į šiaurę, o tėkmės greičiai siekia 0,2–0,5 m/s (3 a pav.). Kai pučia V krypties vėjas, susidaro tėkmės cirkuliacijos (nėra vienos krypties srovių). Tokiomis sąlygomis tėkmės greičiai kinta 0,05–0,40 m/s (3 b pav.). Kai pučia PV krypties vėjas, tėkmės yra nukreiptos į šiaurę, o tėkmės greičiai yra 0,2–0,6 m/s (3 c pav.). Didžiausi tėkmės greičiai yra apskaičiuoti pučiant PV krypties vėjui.

Baltijos priekrantės bangų ir hidrodinaminio režimo modeliavimo rezultatai yra labai svarbūs ir gali būti naudojami kaip kraštinės sąlygos modeliuojant nešmenų pernašos priekrantėje ir krantodaros procesus.



3 pav. Baltijos priekrantės tėkmės greičių pasiskirstymas, kai pučia 20 m/s greičio vėjas: a) ŠV vėjo kryptis, b) V kryptis, c) PV kryptis (Šaltinis: Gailiusis, Kriaučiūnienė, 2011)

5. Smėlio masės judėjimas

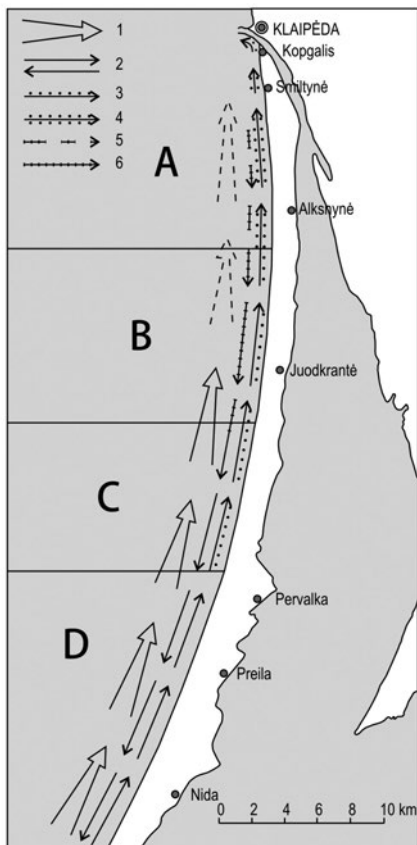
Vienas svarbiausių paplūdimių būklę lemiančių veiksnių yra krantodaros procese dalyvaujančio smėlio kiekis. Pagrindiniai nuosėdinės medžiagos šaltiniai, dalyvaujantys formuojantis Kuršių nerijos krantams, yra už Lietuvos teritorijos ribų, Sambijos pusiasalyje. Tačiau dėl krantotvarkos priemonių taikymo ir kitų veiksnių šie smėlio ištekliai nuosėdinės medžiagos mobilizacijos zonoje senka. Kita aplinkybė, mažinanti krantodaros procesuose dalyvaujančios nuosėdinės medžiagos kiekį, yra uostų hidrotechninių įrenginių ir gilinimo darbų poveikis, stabdantis nešmenų migraciją arba iš viso eliminuojantis nuosėdinę medžiagą iš priekrantės nešmenų biudžeto. Lietuvos kranto zonai būdinga iš pietų į šiaurę nukreipta vyraujanti nešmenų pernaša. Nešmenų

srauto galingumas XX a. antrojoje pusėje ties Lietuvos krantais buvo vertinamas 300 000–500 000 m³/m (Knaps, 1966), tačiau dabar jis yra gerokai mažesnis (Žaromskis, 1999).

Kuršių nerijos krante, einant iš pietų į šiaurę, galima išskirti skirtingo litodinaminio aktyvumo atkarpas. Kaip minėta, nešmenų mobilizacijos zona yra piečiau Lietuvos teritorijos esančioje Kaliningrado srityje, o tranzito ir akumuliacijos – Lietuvos kranto zonoje. Be priekrantės nešmenų srauto galingumo, atskirų litodinaminių atkarpų pasiskirstymą Kuršių nerijoje lemia ir kranto linijos ekspozicija vyraujančių vėjų ir bangavimo atžvilgiu. Prie sienos su Rusija kranto linijos azimutas yra 28°, o ties Alksnyne – 358°. Tai lemia, kad keičiasi ir bangų energijos atstojamosios kryptis (Žaromskis, 1999). Vyraujant vakarų–pietvakarių rumbų bangavimui nešmenų migracija vyksta šiaurės kryptimi, tačiau esant ŠV krypčių bangavimui nešmenų migracija nukrypsta į pietus.

Kuršių nerijos atkarpa, kurioje pasireiškia nuosekli akumuliacija, plyti nuo Alksnynės į šiaurę. Čia besikaupianti medžiaga tik nedidele dalimi dalyvauja tolesnėje išilgai kranto vykstančioje nešmenų apykaitoje. Tam lemiamą įtaką turi Klaipėdos uosto hidrotechniniai įrenginiai. Šioje atkarpoje nesiformuoja ryškesni priekrantės nešmenų srautai, nes juos į šiaurę blokuoja uosto vartai (Žaromskis, Gulbinskas, 2010). Tam tikrais atvejais, kai ilgesnį laiką vyrauja šiaurės vakarų bangavimai, Kuršių nerijoje susidaro gana ryški nešmenų pernaša į pietus. Tada nešmenų mobilizacijos zona persikelia į šiaurinę nerijos dalį, o nuo maždaug 27-ojo km įsivyrąja į pietus nukreiptas nešmenų tranzitas. Tokiu atveju maždaug tarp Pervalkos ir Alksnynės susidaro specifinė kranto atkarpa, turinti ir nešmenų akumuliacijos, ir tranzito požymių, o piečiau Pervalkos – vien tranzito, t. y. atitinkanti dinaminę pusiausvyrą (4 pav.).

Kuršių nerijos krantas sudaro bendrą krantodaros procesų lauką, gana gausiai papildomą nešmenimis iš piečiau esančių kranto atkarpų, o žemyninėje dalyje litodinaminės sąlygos labai skirtingos. Visų pirma krantas šiauriau Klaipėdos pasižymi daug sudėtingesne kranto linijos tįsa. Tarp kranto kyšulių esančioje priekrantės erdvėje susidaro sąlygos lokalioms litodinaminėms sistemoms formuotis (Žaromskis, Gulbinskas, 2011). Dėl šių kranto linijos ypatumų čia daug silpniau išreikštas šiaurės krypties išilginis priekrantės nešmenų srautas. Pagal nešmenų pernašos charakteristikų skaičiavimo hidro-meteorologiniu metodu duomenis, maždaug nuo 57-ojo km į pietus nukreipta pernašos energija netgi šiek tiek viršija energiją, nukreiptą šiaurės kryptimi (Žaromskis, 1999). Kranto zonoje iki Palangos litodinaminė situacija yra labai

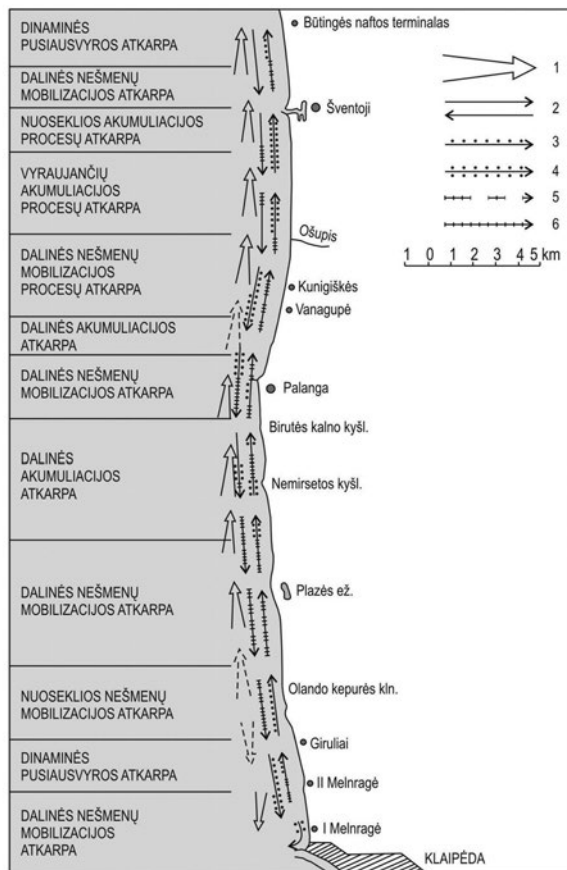


4 pav. Litodinaminiai procesai Kuršių nerijos kranto zonoje, A, B, C – litodinaminės atkarpos. 1 – vyraujanti priekrantės nešmenų srauto kryptis išilgai Kuršių nerijos; litodinaminio proceso kryptis; 2 – nešmenų pernaša; 3 – dalinė akumuliacija; 4 – nuosekli akumuliacija; 5 – dalinė mobilizacija; 6 – nuosekli mobilizacija (Šaltinis: Žaromskis, Gulbinskas, 2010)

kaiti ir tik trumpuose ruožuose pasireiškia nuosekli nešmenų mobilizacija arba nuosekli akumuliacija (5 pav.).

Į šiaurę nukreiptas nešmenų srautas tarp Olando Kepurės ir Nemirsetos kyšulio nėra visiškai įsotintas, ir ši kranto zonos atkarpa dar yra srauto mobilizacijos zona. Palangos priekrantę pasiekia nevisiškai įsotintas nešmenų srautas ir tai kartu su kitais nepalankiais veiksniais lėmė 1998–2004 m. vykusią Palangos kranto degradaciją.

Kunigiškių–Šventosios atkarpoje keičiasi kranto linijos kryptis nuo Š–ŠV į Š. Šis pokytis didina nuosėdų kaupimosi galimybes. Kitas svarbus veiksnys, paskatinęs nešmenų akumuliaciją, yra Šventosios uosto hidrotechniniai įrenginiai. Tačiau yrant senajam uosto molui Šventosios ruože esantis krantas



5 pav. Žemyninio kranto litodinaminė procesų schema. 1 – priekrantės nešmenų srautas; 2 – galimos nešmenų pernašos kryptys; 3 – dalinė nešmenų akumuliacija; 4 – nuosekli nešmenų akumuliacija; 5 – dalinė nešmenų mobilizacija; 6 – nuosekli nešmenų mobilizacija (Šaltinis: Žaromskis, Gulbinskas, 2011)

pereina į kranto linijos išsilyginimo fazę. Molo suformuotą kyšulį aplenkę nešmenys papildoma smėlio išteklį šiauriau uosto esančioje priekrantėje. 2004–2008 m. nustatyta, kad į pietus nuo Šventosios esanti atkarpa dar išlaiko akumuliacinio kranto bruožus, tačiau kartu įgauna tranzito ir abrazijs tendencijų (Žaromskis ir kt., 2008). Į šiaurę nuo Šventosios esanti priekrantės atkarpa taip pat įgauna naujų bruožų, būdingų dinaminės pusiausvyros ir akumuliacinėms atkarpoms. Pačioje šiauriausioje kranto atkarpoje ties

Būtinge vyrauja abrazijos procesai (KU BPATPI, 2013). Šiame ruože kranto linijos traukimas į rytus ir didžiausia kopagūbrio degradacija pasireiškia tuose kranto ruožuose, kur po plona purių paplūdimio nuosėdų storyme yra vandeniui mažai laidus durpių sluoksnis.

6. Paplūdimių ir priekrantės papildymo smėliu taikymo galimybės

Susidariusio nešmenų deficito sąlygomis, pagrindinė erozijos stabdymo priemonė smėlinguose krantuose yra priekrantės ir paplūdimių pildymas smėliu. Ši priemonė yra rekomenduota Lietuvos Baltijos jūros krantotvarkos strategijos nuostatuose ir Pajūrio juostos atkūrimo programose. Krantotvarkos priemonių taikymas Lietuvoje grindžiamas 2001 m. aplinkos ministro įsakymu patvirtintomis Lietuvos Baltijos jūros krantotvarkos strateginėmis nuostatomis, kurių pagrindinis principas – teikti pirmenybę gamtinių kraštovaizdžių ir natūralių krantodaros procesų išsaugojimui. 2005 m. priimtu Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu „Dėl Lietuvos Respublikos pajūrio krantotvarkos“ ir AM Klaipėdos regiono aplinkos apsaugos departamento sprendimu nustatyta, kad Klaipėdos ir Šventosios uostų įplaukos kanalo laivakelio gilinimo, platinimo ir valymo darbų metu iškastas tinkamas (švarus ir tinkantis granulimetrine sudėtimi) smėlis turi būti panaudotas krantotvarkos tikslais – pamaitinant Melnragės–Girulių ir Šventosios priekrantes. Įgyvendinant iš Europos Sąjungos struktūrinių fondų finansuojamą projektą „Lietuvos Baltijos jūros atkūrimas ir išsaugojimas“, 2008–2012 m. atliktas Palangos paplūdimių papildymas smėliu leido iš esmės labai pagerinti šio itin svarbaus kranto ruožo rekreacinę būklę.

1998–2004 m. Palangos krantas buvo labai apardytas, degradavo paplūdimys ir apsauginis kopagūbris. Siekiant stabdyti krantų eroziją ir atkurti rekreacinę erdvę buvo pradėti krantotvarkos darbai. 2005 m. Palangos centriniame paplūdimyje senojo tilto vietoje buvo rekonstruota buna. 2006 m. pavasarį pietinis centrinio paplūdimio ruožas papildytas 40 tūkst. m³ smėlio iš sausumos karjerų, suformuojant 42–61 m pločio paplūdimį tarp Palangos pėsčiųjų tilto į jūrą bei Dariaus ir Girėno gatvės. Smėlio nešmenų atsargos šioje atkarpoje 2006 m. rugpjūčio mėn. buvo 57–82 m³, o vidutinis jų kiekis sudarė 68 m³ viename kranto ilgio metre. O piečiau, dar nerenovuotoje kranto atkarpoje, paplūdimio plotis kaitaliojosi nuo 47 m prie pat Birutės kalno kyšulio akmenų sąvartos iki 31 m maždaug 200 m piečiau renovuotos atkarpos. Nuosėdų tūris krante į pietus nuo tilto, kur 2006 m. atliktas smėlio papildymas, buvo beveik at-

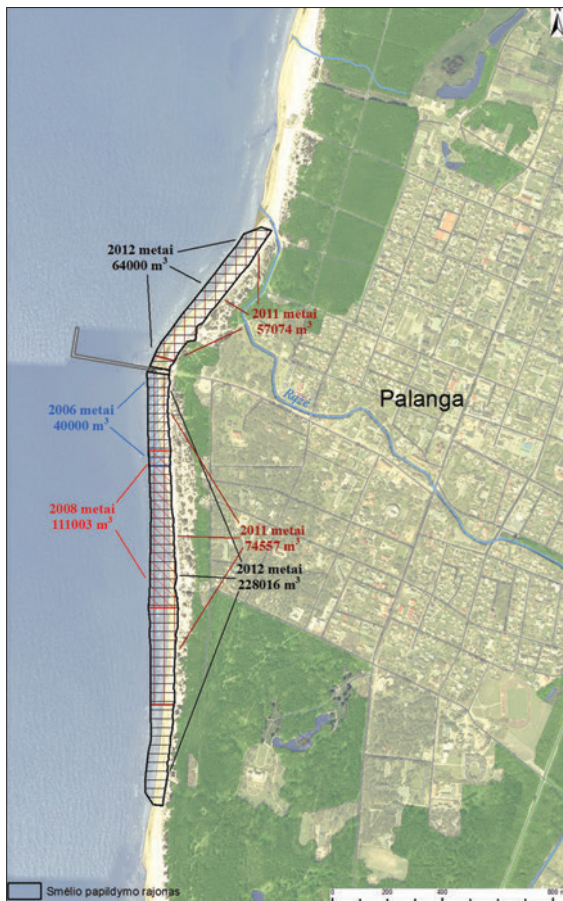
5 lentelė. Palangos paplūdimio papildymo smėliu tūriai 2006–2012 m.

Etapas	Data	Kranto ruožas	Smėlio tūris	Pastabos
1.	2006 m. balandis–gegužė	Palangos tiltas – Kęstučio gatvė	40 000 m ³	Smėlis atvežtas iš Kunigiškių karjero sausumoje
2.	2008 m. balandis–gegužė	Palangos tiltas (tik kiek šiauriau Kęstučio gatvės)– Dariaus ir Girėno gatvė	111 003 m ³	Smėlis iš jūros, Juodkrantės– Pervalkos rajonas
3.	2011 m. balandis–gegužė	Palangos tiltas– Birutės kalnas	74 557 m ³	Smėlio papildymas ruože Birutės kalnas–Rąžės žiotys, smėlis iš jūros, Juodkrantės– Pervalkos rajonas
	2011 m. balandis–gegužė	Palangos tiltas– Rąžė	57 074 m ³	Smėlis iš jūros, Juodkrantės– Pervalkos rajonas
		Iš viso 2011 m.	131 631 m ³	
4.	2012-04-18 – 2012-05-12	Palangos tiltas– Birutės kalnas	228 016 m ³	Smėlio papildymas ruože Birutės kalnas–Rąžės žiotys, smėlis iš jūros, Juodkrantės– Pervalkos rajonas
	2012-04-18 – 2012-05-12	Palangos tiltas– Rąžės žiotys	64 000 m ³	Smėlis iš jūros, Juodkrantės– Pervalkos rajonas
		Iš viso 2012 m.	292 016 m ³	
		Iš viso 2006– 2012 m.	574 650 m ³	

statytas. Tačiau 2006 m. pabaigoje ir 2007 m. pradžioje praūžus štormams, visų Palangos paplūdimių būklė vėl labai pablogėjo, ypač nerenovuotoje atkarpoje.

2008 m. balandžio–gegužės mėn. paplūdimio ruožas piečiau tilto, maždaug tarp Kęstučio bei Dariaus ir Girėno gatvių, buvo papildytas 111 003 m³ smėlio (5 lentelė). Smėlis gabentas iš jūros, Juodkrantės–Pervalkos rajono.

Jau po pirmojo smėlio papildymo etapo, atlikto 2006–2008 m., pietinis Palangos paplūdimio ruožas tapo daug atsparesnis štormų poveikiui negu šiaurinis, kuriame tokie darbai nebuvo vykdomi. Buvo papildytas ne visas litodinaminis ruožas ir tik viršvandeninė kranto zonos dalis, todėl užbaigus papildymą Palangos paplūdimiuose ir priekrantėje, veikiant banginiams ir eoliniams procesams, vyko tolesnis nuosėdinės medžiagos persiskirstymas ne tik tarp viršvandeninės ir po-vandeninės kranto zonos dalių, bet ir tarp įvairių paplūdimio vietų. Dalis smėlio iš papildytų ruožų buvo pernešta šiaurės kryptimi. Stabiliausias paplūdimys su ryškia akumuliacijos tendencija susiformavo Palangos kyšulio pietinėje dalyje.



6 pav. Tvarkyti Palangos paplūdimio ruožai ir skirtingais metais papildyto smėlio kiekiai

2008 m. sausio 31 d. LR aplinkos ministro įsakymu Nr. D1-88 buvo patvirtinta „Pajūrio juostos tvarkymo programa 2008–2013 m.“, kuri numatė Palangos paplūdimių papildymą apie 300 000 m³ smėlio. Buvo numatyta, kad šis kiekis yra bent minimaliai reikalingas, tačiau esant galimybėms tikslinga paplūdimių pamaitinimą atlikti didesniu mastu. Paplūdimio sąnašų papildymą atvežtiniu smėliu rekomenduota atlikti pavasarį arba vasaros pradžioje, kad jos spėtų susigulėti prieš ateinant žiemos audroms. Papildymo sąlygose buvo nustatyta, kad atvežtinių sąnašų dalelių vidutinis skersmuo turi būti kiek didesnis ar toks pat (bet ne mažesnis) kaip natūraliai Palangos paplūdimyje susiklosčiusių sąnašų.

Smėlio papildymą planuota atlikti dviem etapais 2010 m. ir 2012 m. 2010 m. paplūdimio papildymo darbus rekomenduota vykdyti abiejose atkarpose nuo Palangos tilto, pietinėje supilant apie 120 000 m³ ir šiaurinėje apie 80 000 m³ smėlio. Tačiau dėl organizacinių aplinkybių smėlio papildymo darbai buvo pradėti 2011 m. ir užbaigti 2012 m.

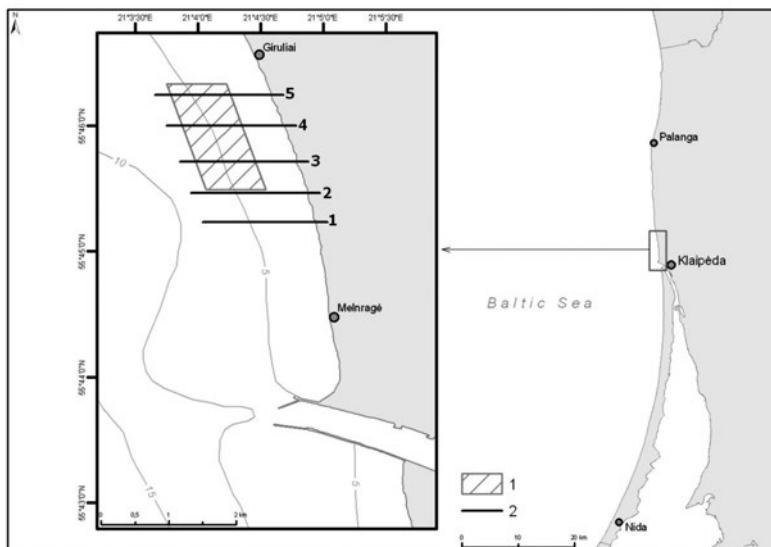
2011 m. balandžio–gegužės mėn. darbai buvo vykdomi kranto ruože nuo Birutės kalno iki Rąžės upelio žiočių. Iš viso atvežta 131 631 m³ smėlio, iš kurio 74 557 m³ paskleista pietinėje dalyje tarp tilto ir Birutės kalno, o 57 074 m³ šiaurinėje – tarp tilto ir Rąžės upelio (6 pav.). 2011 m. nebuvo supiltas visas planuotas smėlio kiekis, nes trūkus povandeniniam vamzdynui, darbai buvo sustabdyti. Vamzdyno trūkimo vietoje į jūros dugną Palangos priekrantėje galėjo patekti apie 15 000 m³ smėlio.

2012 m. buvo pakoreguotas techninis projektas ir, atsiradus galimybėms, planuojamo išpilti smėlio tūris padidintas iki 290 000 m³. Papildymas smėliu buvo vykdomas visame Palangos centrinės dalies paplūdimyje, atkarpoje nuo Birutės kalno iki Rąžės upelio. Vykdamas darbus ne tik atstatyti 2011 m. pasiekti paplūdimio parametrai, bet ir maksimaliai ištiesintos kranto linijos siekiant padaryti kuo stabilesnį paplūdimio ir viso tvarkomo ruožo litodinaminį profilį.

2012 m. darbai, pradėti balandžio 24 d., baigti gegužės 16 d. Pietiniame ruože nuo Birutės kalno iki tilto išpilta 228 000 m³, šiauriniame – nuo tilto iki Rąžės – 64 000 m³. Iš viso Palangos paplūdimys 2012 m. papildytas 292 016 m³, per 2011–2012 m. – 423 647 m³, o per visą 2006–2012 m. laikotarpį – 574 650 m³.

Atlikti paplūdimių papildymo smėliu darbai prisidėjo prie to, kad pietiniame Palangos ruože kranto linijos padėtis stabilizavosi. Tačiau šiauriniame, ypač arčiau tilto, toliau vyko ir iki šiol vyksta išplovimas, o artėjant prie Rąžės žiočių ir toliau į šiaurę esančiame ruože suintensyvėjo akumuliacija. Intensyviausiai ardomas apie 300 m ilgio ruožas už tilto. Persiskirstant nešmenims suintensyvėjo Rąžės žiočių užnešimas ir buvo atliekami jų valymo darbai.

Taigi problemiškiausia vieta Palangos paplūdimio ruože išlieka apie 300 m ilgio atkarpa nuo tilto į šiaurę; joje tiek papildžius smėliu 2011 m., tiek papildžius ir 2012 m. toliau vyksta paplūdimio išplovimas. Šio išplovimo priežastis yra priekrantės dugno morfologiniai ypatumai ir bunos poveikis. Kita probleminė vieta, susiformavusi jau dėl smėlio kiekio padidėjimo, yra Rąžės žiočių atkarpa. Iš paplūdimio išplautas smėlis jau esant vidutinio stiprumo bangavimui pernešamas išilgai kranto šiaurės kryptimi ir formuoja barą, uždarantį Rąžės žiotis.

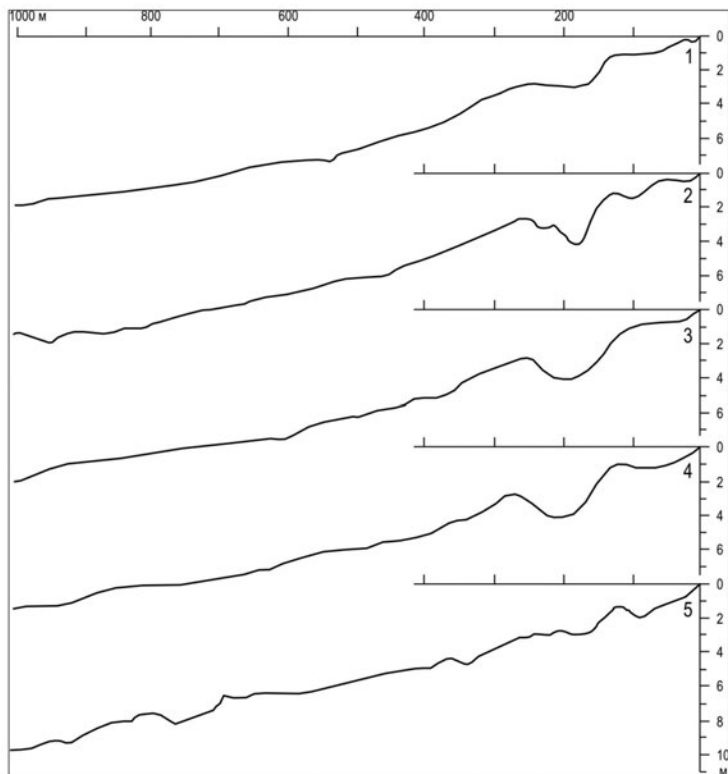


7 pav. Priekrantės papildymo smėliu rajonas: 1 – smėlio gramzdinimo vieta; 2 – tyrimų profiliai

Vykdam Klaipėdos uosto įplaukos kanalo gilinimą ir valymą atliekamas jūros priekrantės papildymas smėliu. Papildymo smėliu vieta yra Melnragės ir Girulių priekrantės ruože 4–8 m gyliuose (7 pav.). Ši priemonė pradėta taikyti nuo 2001 m. atliekant uosto vartų rekonstrukciją kaip kompensacija žemyninės priekrantės nešmenų biudžetui atstatyti.

2001 m. buvo ne tik pagilintas pats įplaukos kanalas, bet ir suformuoti lėkštesni šlaitai bei iškastos „kišenės“, mažinančios kanalo užnešimą per audras. Šiais tikslais buvo iškasta 538 282 m³ smėlio, kuris nugramzdintas priekrantėje. Šis smėlio permetimas davė nemažą teigiamą efektą Melnragės–Girulių ruože; papildymas yra tęsiamas iki šiol: 2005 m. išpilta 128 752 m³, 2009 m. – 87 968 m³, 2010 m. – 90 238 m³. Taigi per dešimtmetį apie 2 km priekrantės ruože nugramzdinta 845 240 m³ smėlio arba vidutiniškai po 84 524 m³ per metus. Priekrantei papildyti naudojamas iš uosto vartų rajono iškasamas švarus jūrinis smėlis. Smėlio granulimetrinėje sudėtyje vyrauja 0,1–0,25 mm stambumo dalelės, sudarančios 70–96 % dalelių, kurių Md 0,14 mm–0,22 mm visiškai atitinka paplūdimius formuojančio smėlio sudėtį.

Priekrantėje padidėjus smėlio nešmenų kiekiui, šiame kranto zonos ruože sumažėjo povandeninio šlaito nuolydžiai tarp 0 iki 5 m izobatos, reljefe išryš-



8 pav. Povandeninio šlaito profiliai po priekrantės papildymo smėliu Melnragės–Girulių ruože (profilų išdėstymas parodytas 7 pav.)

kėjo povandeniniai sėkliai (8 pav.). Smėlio papildymas stabilizavo ir aktyvino akumuliacijos procesus paplūdimyje. Arčiausiai papildymo vietos esančio paplūdimio plotis padidėjo iki 40–47 m, smėlio kiekis – vidutiniškai iki $57 \text{ m}^3/\text{m}$, o gretimuose kranto ruožuose paplūdimio plotis buvo atitinkamai iki 37–40 m, smėlio kiekis – apie $48 \text{ m}^3/\text{m}$ (Žaromskis, Gulbinskas, 2011).

Lietuvos energetikos instituto Hidrologijos laboratorijoje atliktas priekrantės bangų hidrodinaminis ir nešmenų transporto modeliavimas naudojant dviejų dimensijų modelių sistemą MIKE 21 parodė, kad priekrantės maitinimas paplūdimių būklei gerinti galėtų būti efektyviausias šiose kranto zonos vietose: žemyniniame krante – Melnragė II, Palanga (Birutės kalno ruožas), Kuršių nerijoje – Smiltynė, Juodkrantė (Kriaučiūnienė ir kt., 2006).

Paplūdimių ir priekrantės papildymas smėliu kaip taikytina krantotvarkos priemonė numatyta „Krantų tvarkymo programoje 2014–2020 metams“.

Literatūra

- Gailiusis, B., Kriauciūnienė, J., 2011. Šventosios valstybinio jūrų uosto atstatymo poveikio aplinkai vertinimo ataskaita. LEI, 185 p.
- Gelumauskaitė, L. Ž., 2000. Late- and Postglacial palaeogeomorphology on the Klaipėda submarine slope, south-eastern Baltic Sea. *Baltica* 13, 36–43.
- Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Pupienis, D., 2011. Daugiamečiai Baltijos jūros Lietuvos paplūdimių morfodinaminiai ypatumai. *Geografija* 47 (2), 98–106.
- Кнапс, Р. J., 1966. Перемещение наносов у берегов восточной Балтики [Nešmenų pernaša prie rytinės Baltijos krantų]. *Развитие морских берегов в условиях колебательных движений земной коры*. Таллин: Валгус, 21–29. [Rusų kalba].
- Kriauciūnienė, J., Gailiusis, B., Rimavičiūtė, E., 2006. Modelling of shoreface nourishment in the Lithuanian nearshore of the Baltic Sea. *Geologija* 53, 28–37.
- KU BPATPI, 2012. Palangos paplūdimio papildymo smėliu aplinkos tyrimai ir monitoringas. Ataskaita, 69 p.
- KU BPATPI, 2013. Būtingės terminalo aplinkos monitoringas. Ataskaita, 116 p.
- Žaromskis, R., 1996. *Okeanai, jūros, estuarijos*. Vilnius: Debesija, 293 p.
- Žaromskis, R., 1999. Apykaitiniai procesai jūros kranto zonoje. *Geomokslai, Lietuvos mokslas, 23 knyga*. Vilnius, 416–433.
- Žaromskis, R., Gulbinskas, S., Visakavičius, E., 2008. Jūros kranto zonos raidos tendencijos Lietuvos–Latvijos pasienio atkarpoje. *Jūros ir krantų tyrimai 2008*, Konferencijos medžiaga, Klaipėda, 178–182.
- Žaromskis, R., Gulbinskas, S., 2010. Map patterns of coastal zone development of the Curonian Spit, Lithuania. *Baltica* 23 (2), 149–156.
- Žaromskis, R., Gulbinskas, S., Visakavičius, E., 2010. Mažųjų uostelių įrengimo Lietuvos kranto šiauriau Klaipėdos prielaidų analizė. In *Jūros ir krantų tyrimai 2010*, Konferencijos medžiaga, Klaipėda, 219–224.
- Žaromskis, R., Gulbinskas, S., 2011. Smėlio nešmenų migracijos ypatumai Baltijos jūros Lietuvos žeminyiniame krante. *Jūros ir krantų tyrimai 2011*, Konferencijos medžiaga, Klaipėda, 272–276.
- Žaromskis, R., Gulbinskas, S., 2011. Nearshore nourishment for sandy shore stabilization, Lithuania (south-eastern part of the Baltic Sea). *Proceedings of the International Conference „Construction of Artificial Lands in the Coastal and Offshore Areas“*, Novosibirsk, August 1–6, 2011. Novosibirsk: Publ. House of SB RAS, 151–156.

V. VANDENS LYGIO KAITA

1. Hidroklimatiniai veiksniai Lietuvos priekrantėje

Aktyvūs Baltijos jūros krantų erozijos, akumuliacijos ir denudacijos procesai yra litosferos, atmosferos ir hidrosferos sąveikos rezultatas jūros–kranto zonoje. Priekrantės hidrodinamika ir meteorologinės sąlygos daro aktyvų poveikį smėlingo ir seklaus kranto zonos formavimuisi bei ardymui. Pagrindiniai hidrometeorologiniai veiksniai, turintys įtakos litodinaminiam procesams, yra ekstremalūs vėjai, vandens lygio svyravimai, bangos, vandens srovės, veikiančios nuosėdų pernašą, ledų sangrūdos, ledonešis. Pastarasis priskirtinas prie specifinių hidrometeorologinių veiksnių, kai Klaipėdos sąsiauriu per pavasarinį potvynį bei šaltuoju metų laiku, vyraujant stipresniems P–PR krypties vėjams, iš Nemuno žemupio ir Kuršių marių intensyviai nešamos ledo lytys į Baltijos jūrą.

Klimato kaita lemia hidrometeorologinių sąlygų pokyčius ir Baltijos krantų litodinaminį procesus. Siekiant išsaugoti jūros krantus, krantų apsauginius kopagūbrius, hidrotechninius įrenginius, planuojant naujas jūrų ir marių krantines būtinyje sistemingi ir įvairiapusiai hidrologiniai bei klimatiniai tyrimai, kurių pagrindu būtų sudaromos prognozės, laiku rengiamos ir taikomos krantų išsaugojimo priemonės.

Pastaruoju metu stebimas PR Baltijos kranto zonos paplūdimių išplovimas ir krantų abrazija sietina su vandens lygio kitimu, kurį lemia globalūs ir regioniniai atmosferos cirkuliacijos pokyčiai bei pasaulinė klimato kitimo tendencija. Baltijos šalių mokslininkai kreipia visuomenės dėmesį į galimus Baltijos jūros hidrodinamikos, vandens balanso pokyčius, jūros vandens temperatūros šilimo tendencijas, jūros ir jos priekrančių ledo režimo pokyčius ir spartesnį vandens lygio kilimą (Lepistö, 1997; Bukantis ir kt., 2001; IPCC, 2001, 2013; Johansson ir kt., 2004; Dailidienė ir kt., 2006, 2012; Omsted ir kt., 2014), susietus su klimato kaita.

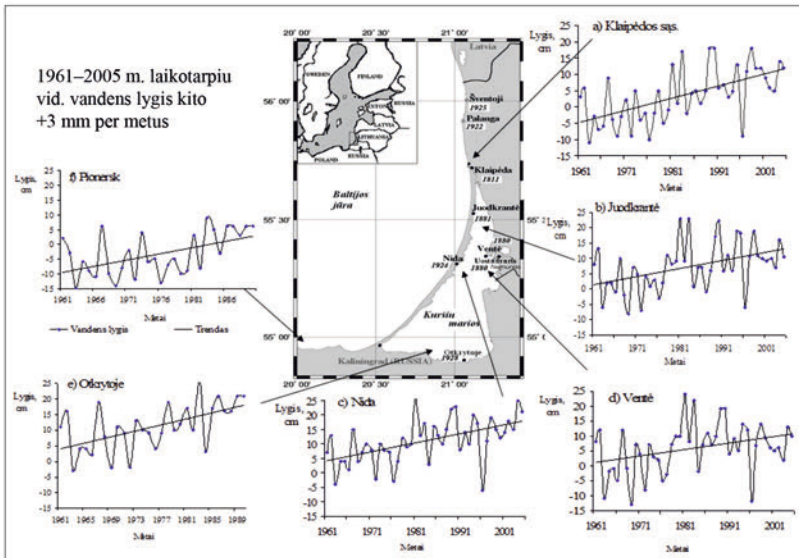
Pasaulinė meteorologinė organizacija WMO (*World Meteorological Organization*) ir Jungtinių Tautų aplinkos apsaugos programos iniciatyva 1988 m. įkurta Tarpyvyriausybė klimato kaitos grupė IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), kurioje įvairių šalių mokslininkai didelį dėmesį skiria klimato kaitos vertinimui siekiant teikti mokslinį požiūrį pagal esamas žinias apie klimato kaitą ir jos galimą poveikį aplinkai bei vertinti klimato kaitos socialinį ir ekonominį poveikį. IPCC darbuose didelis dėmesys skiriamas vandens lygio kaitai (IPCC 1992, 2001, 2013) išskiriant ją kaip vieną pagrindinių klimato kaitos rodiklių.

2. Vandens lygio svyravimai

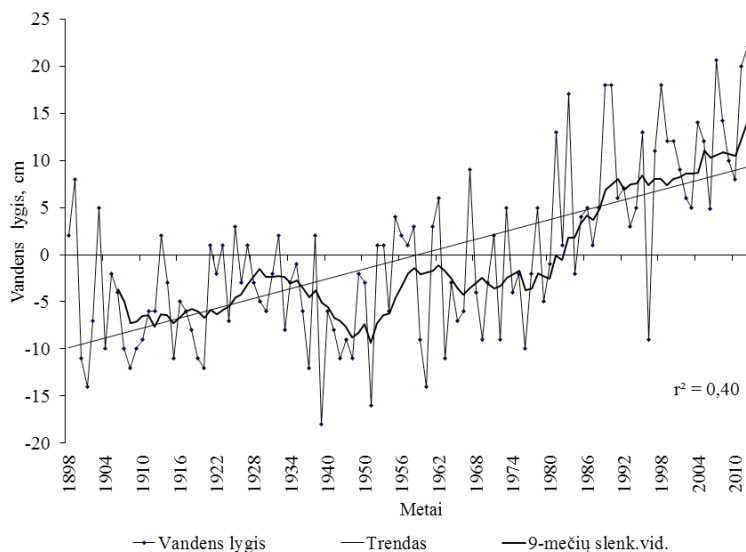
Vandens lygio svyravimai yra vienas svarbiausių indikatorių, nusakančių ne tik klimatinius ir trumpalaikius atmosferos cirkuliacijos pokyčius, bet ir litodinaminius procesus. Daugiamečio vandens lygio svyravimo ciklai turi poveikį krantodaros procesams. Daugiamečiame Baltijos jūros vandens lygio svyravime XX a. ir XXI a. pradžioje stebima kilimo tendencija, kurią nusako teigiami trendai. XX a. vandens lygis pietryčių Baltijos pakrantėje pakilo apie 14 cm (Dailidienė, 2007), o XXI a. šis procesas tęsiasi ir intensyvėja (1 pav.).

Nuo XX a. 6-ojo dešimtmečio vidutinis vandens lygis per metus Lietuvos jūrinėje priekrantėje, kaip ir visoje Baltijos jūroje, ir Kuršių mariose kyla vidutiniškai apie 3,0 mm per metus greičiu. Didesnis vandens lygio kilimas pietryčių Baltijoje stebimas nuo praėjusio amžiaus 8-ojo dešimtmečio (2, 3 pav.). Pavyzdžiui, regresinės analizės metodu įvertinta, kad vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje 1960–2001 m. didėjo $3,48 \pm 0,87 \text{ mm m}^{-1}$, o 1970–2001 m. kito $4,58 \pm 1,24 \text{ mm m}^{-1}$ (Dailidienė ir kt., 2004).

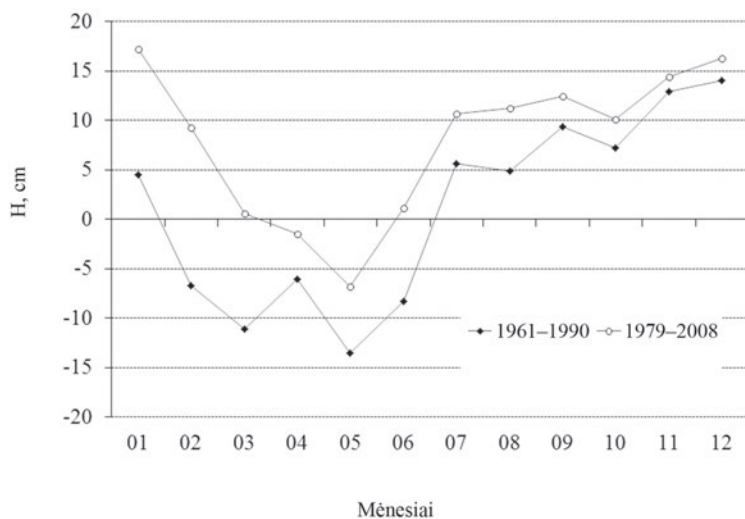
Atlikti daugiamečio vandens lygio kitimo pietryčių Baltijoje tyrimai ir jų rezultatai siejami su IPCC (2013) ir Europos aplinkosaugos agentūros skelbia-



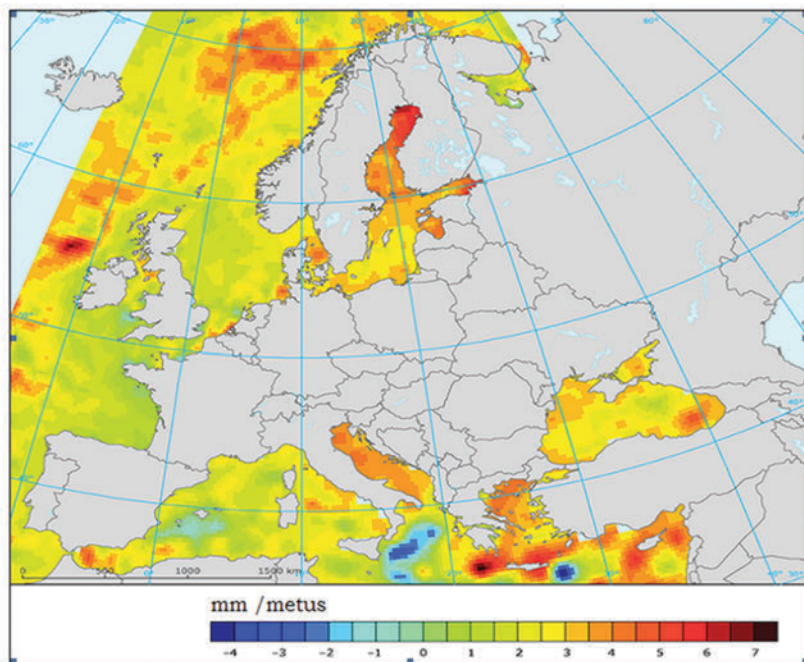
1 pav. Daugiamečių vidutinių metinių vandens lygių kaita pietryčių Baltijoje ir tiesiniai trendai: Klaipėdos sąsiauryje (a); Kuršių mariose (b–e); Baltijos jūroje (f) (Šaltinis: Dailidienė, Davulienė, 2009)



2 pav. Vandens lygio kitimo tendai (1898–2013 m.) Klaipėdos sąsiauryje



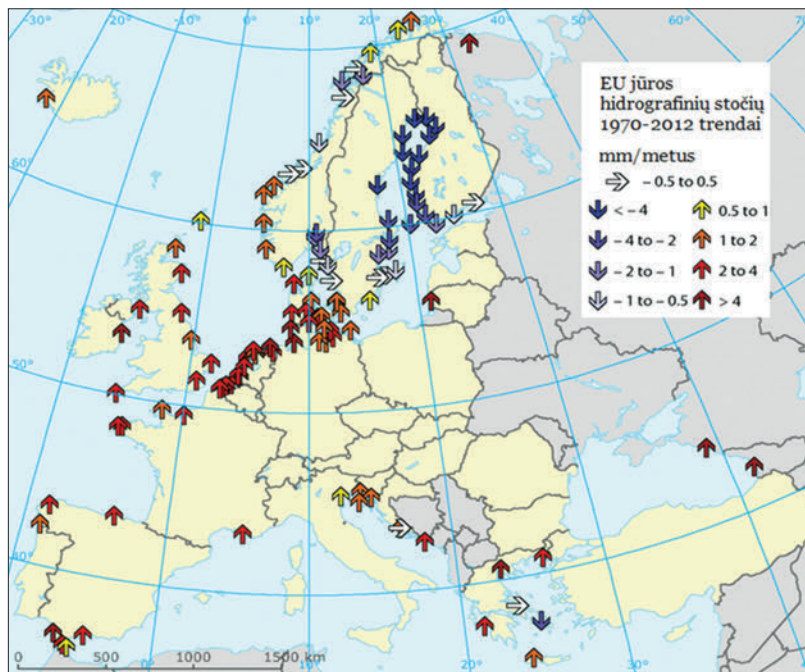
3 pav. Vandens lygių tiesinės regresijos koeficientų, nusakančių dviejų klimatinį laikotarpių vandens lygio pokyčius Klaipėdos sąsiauryje, palyginimas: 1961–1990 m. ir 1979–2008 m. (Šaltinis: Dailidienė ir kt., 2011)



4 pav. Europos jūrų vandens lygio kitimo trendai, nustatyti remiantis 1992–2013 m. nuotoliniais palydovų (SAT) tyrimais (Šaltinis: Europos aplinkosaugos agentūra EEA)

mais rezultatais. Patikslintais palydoviniais matavimais per pastaruosius du dešimtmečius vandens lygis Europos jūrose kilo (4 pav.). Vidutiniškai kilo 3,2 (2,8–3,6) mm per metus greičiu (IPCC 2013).

Dėl lokalių gamtinių, fizinių ir geografinių sąlygų Europos vandens lygio kranto hidrografinėse stotyse vyrauja didelė vandens lygio kitimo regioninė variacija (5 pav.), todėl kiekvienu atveju reikia lokalių gamtinės ir antropogeninės apkrovos vertinimų ir atitinkamų krantų stabilumo išsaugojimo priemonių. Remiantis IPCC klimato kitimo scenarijais, XXI a. (IPCC 2013) modeliuojant vandens lygio kitimo scenarijus 2081–2100 m., pagal optimistinį mažų emisijų scenarijų (RCP2.6), vandens lygis Europos jūrose gali pakilti intervale 0,26–0,54 m, o projektuojant pagal maksimalų išmetamųjų teršalų scenarijų (RCP8.5) – intervale 0,45–0,81 m. Panašūs vandens lygio kilimo scenarijai buvo sudaromi ir Baltijos jūrai (Meier ir kt., 2004).



5 pav. Europos hidrografinių jūros lygio matavimo stočių 1970–2012 m. trendai, nusakantys jūros lygio kitimą mm per metus (Šaltinis: Europos aplinkosaugos agentūra EEA)

Baltijos jūroje vandens lygio kaita turi regioninį charakterį (5 pav.), nes visoje šiaurės–vakarinėje Baltijos jūros dalyje vandens lygis žemėja dėl izostatinio, išnykus ledynams, Skandinavijos kilimo. Tuo pačiu metu žemės paviršius į pietus nuo Klaipėdos grimzta, vandens lygis kyla ir dėl to krantai užliejami ir intensyviau ardomi.

3. Vandens lygio kaitos veiksniai

Paros vandens lygio režimą Baltijos jūroje lemia trumpalaikė atmosferos procesų kaita troposferos apatiniame sluoksnyje prie žemės paviršiaus, erdvinis atmosferos slėgio barinio lauko pasiskirstymas ir vėjų dinamika. Metų eigoje vidutinio mėnesinio vandens lygio svyravimo režimas priklauso nuo sezoninių hidrologinių ir meteorologinių sąlygų kaitos, oro slėgio ir vyraujančių vėjų dinamikos, Baltijos vandens balanso, t. y. Baltijos nuotėkio į Šiaurės

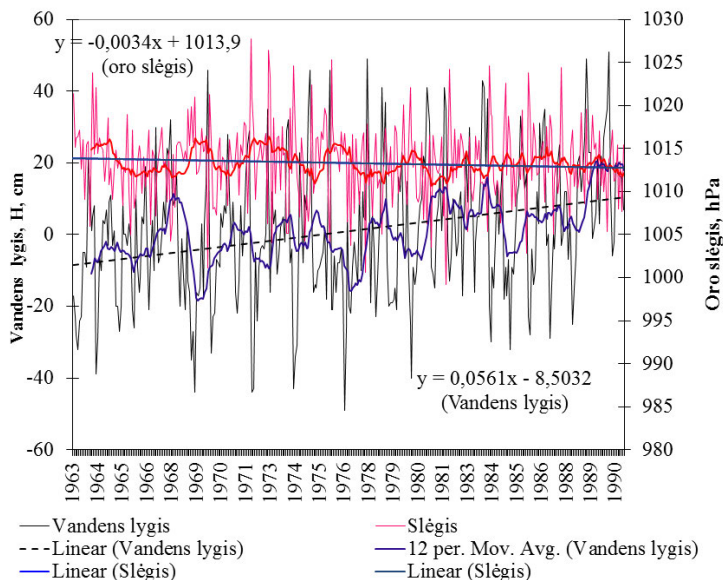
jūrą Danijos sąsiauriais, kritulių, upių nuotėkio, ledo susidarymo ir tirpsmo, požeminių vandenų, Šiaurės jūros vandenų įtekėjimų sezoninės kaitos. Vyraujant vakarinei oro masių pernašai vandens lygis Baltijos jūroje svyruoja dėl druskingų Šiaurės jūros vandenų įtekėjimų, kai pučiantys vakarų vėjai atgena Šiaurės jūros vandenis prie Kategato, Skagerako ir Danijos sąsiaurių, o iš čia druskingas vanduo priedugnio sluoksniu patenka į Baltijos jūros įdaubas.

Daugiamečius Baltijos jūros vandens lygio svyravimus lemia geologiniai tektoniniai procesai ir klimatiniai veiksniai. Išnykus ledynams, Skandinavijos žemyno izostatinis kilimas veikia vandens lygio mažėjimą šiaurinėje ir rytinėje Baltijos dalyje, o nuosėdinės Europos plokštės grimzdimas – vandens lygio kilimą Baltijos pietiniuose ir vakariniuose krantuose (5 pav.). Oro ir vandens temperatūros šiltėjimas yra susijęs su eustatiniu vandens lygio kilimu. Pagrindiniai klimatiniai veiksniai, lemiantys vandens lygio pokyčius, būtų atmosferos makro-, mezo- masto ir lokalūs atmosferos cirkuliacijos pokyčiai.

Pastaruoju metu mokslininkų darbuose ryškėja nuostata, kad ekstremaliai aukšti vandens lygio horizontai daugelyje Europos jūrų pakrančių didėjo dėl pakilusio vidutinio vandens lygio, o ne dėl pokyčių, siejamų su audromis. Tačiau reiktų pažymėti, kad atmosferinių procesų pokyčiai tiesiogiai veikia jūrų hidrodinamiką ir vandens lygio kaitą. Cikloninės oro masių pernašos metu vandens lygio didėjimo periodai siejasi su oro slėgio jūros paviršiuje mažėjimo periodais (6 pav.).

Vandens lygio kaitą lemia globalaus ir regioninio masto atmosferos slėgio variacija. Remiantis daugelio pasaulio ir Europos mokslininkų išvadomis, nuo XX a. vidurio Šiaurės Atlanto regione prasidėjo ženklūs atmosferos–vandenyno sąveikos sistemos pokyčiai (Bukantis ir kt., 1995; IPCC, 2001; Hurrell ir kt., 2003, Dailidienė ir kt., 2006). Lietuvos teritorija, kaip ir visa Vakarų Europa, yra vyraujančios vakarinės oro masių pernašos nuo Atlanto vandenyno poveikio zonoje, kur temperatūros, kritulių ir vėjų režimą bei vandens lygių kaitą daugiausia lemia didelių (mezo-) mastelių atmosferos cirkuliacija.

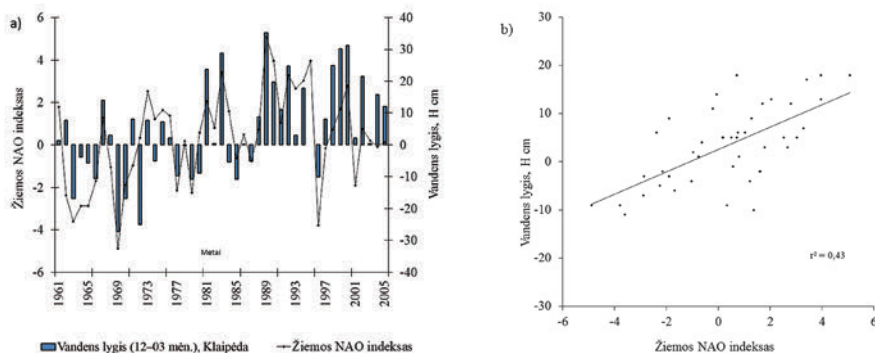
Šiaurės Atlanto didelio masto atmosferos slėgio jūros lygyje neregularius svyravimus tarp Islandijos ir Azorų barinių darinių nusako Šiaurės Atlanto osciliacijos NAO (*Nord Atlantic Oscillation*) indeksas. Žiemos NAO indekso teigiamos reikšmės indikuoja stipresnius, nei įprasta, vakarų vėjus (Stankūnavičius, Bartkevičienė, 2003), kurie formuoja aukštesnius vandens lygius pietrytinėje Baltijos jūros priekrantėje. Pažymėtina, kad iki XX a. 8-ojo dešimtmečio vyravo neigiamos NAO indekso fazės, o vėlesniu laikotarpiu stebimos beveik išimtinai teigiamos fazės (7 a pav.). Vyraujant teigiamam NAO indeksui žiemą sustiprėja



6 pav. Vidutinio mėnesio vandens lygio ir atmosferos slėgio jūros paviršiuje kaitos palyginimas, Klaipėda

vakarų vėjai per Šiaurės Atlantą perneša santykinai šiltas oro mases į didelę Europos dalį (Hurrell, 1995; Hurrell ir kt., 2003), taip pat tuo metu zoninę komponentę turintys vėjai, susiję su didesniu NAO indeksu (anomalija), Baltijos jūroje lemia aukštesnius vandens lygio horizontus (Johansson ir kt., 2001, 2004), kurie labiau pasireiškia rytiniuose Baltijos krantuose (Dailidienė ir kt., 2006, 2011). Daugiamečiai žiemos NAO indekso svyravimai gana gerai atkartoja daugiamečius vidutinio metinio vandens lygio (7 a, 7 b pav.), oro ir vandens temperatūros svyravimus, išmatuotus Pietryčių Baltijos jūros kranto hidrografinėse stotyse (Dailidienė ir kt., 2011). Nustatyti (Dailidienė, 2007) žiemos NAO indekso ir vidutinio metinio vandens lygio kaitos koreliacijos koeficientai kito 0,53–0,66, statistiniu patikimumo lygmeniu, didesniu nei 99,9 % ($p < 0,01$). Vyraujančios didesnės NAO indekso vertės atitinka aukštesnius vandens lygius, šiltesnes oro ir vandens temperatūras.

Vidutinio metinio vandens lygio intensyvesnis kilimas šaltuoju metų laiku palyginti su šiltuoju metų laiku yra susijęs su padažnėjusia šiltų ir drėgnų Atlanto oro masių advekcija šaltuoju laikotarpiu ir su intensyvesne zonine cirkuliacija bei vakarų krypties pernaša. Daugiamečiams vandens lygio po-



7 pav. Žiemos (gruodžio–kovo mėn.) NAO indekso ir vandens lygio palyginimas (a) ir metinio vandens lygio ir žiemos NAO indekso kaitos ryšys (b) (Šaltinis: Dailidienė, 2007)

kyčiams turi poveikį vėjo krypties daugiametė kaita, nes pastaruoju metu yra stebimas didesnis pietvakarių vėjų, formuojančių aukštesnius vandens lygius, pasikartojimas, o pietryčių vėjų, formuojančių nuotvanką – sumažėjimas.

4. Ekstremalių meteorologinių reiškinių įtaka

Reikėtų pažymėti, kad XX ir XXI amžių sandūroje, suaktyvėjus cikloninei veiklai, Baltijos pakrantėje didelių nuostolių jūros krantams, apsauginiams kopagūbriams, Lietuvos jūrinio uosto krantinėms, hidrotechniniams įrenginiams, Klaipėdos senamiesčio Danės upės krantinėms padarė stiprūs štorminiai ir uraganiniai vėjai (8 a–d pav.). Tuo laikotarpiu audrų metu stipresni nei 25 m/s štorminiai vėjai buvo fiksuojami nuo vieno iki kelių kartų per metus; buvo nustatytas šių vėjų trukmės augimo trendas (Dailidienė, 2009).

Intensyviausiai Baltijos jūros Lietuvos teritorijos kranto zonoje smėlio paplūdimiai yra išplaunami per ekstremalius ir ilgalaikius štormus, kai jūros priekrantėje ir Kuršių mariose susidaro sudėtinga hidrodinaminė sistema. Didžiausią įtaką krantams turi vyraujantys štorminiai vakarų rumbų vėjai, kurie Baltijos jūros Lietuvos priekrantėje suformuoja vandens lygio patvanką (9 pav.). Tuo pačiu metu vėjinių bangų sklaidimas iš atviros jūros į seklių priekrantės zoną sukelia banginę patvanką. Susidaro gana aukštas bendras vandens lygio pakilimas, kurio metu bangos gali skalauti didesnius pajūrio kraštovaizdžio plotus. Intensyvių nešmenų išnešimą iš paplūdimio bei suklostymą atabrade vykdo štorminių vėjų sukeltos bangos ir priekrantės kompensacinės bei migracinės



a



b



c

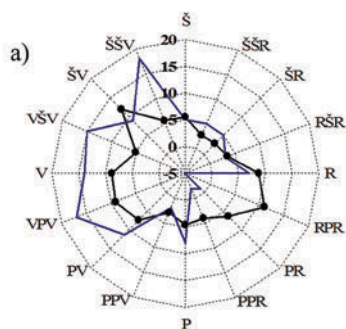


d

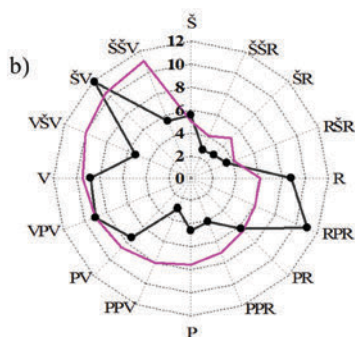
8 pav. *Anatolijaus* uragano (1999-12-04) padariniai: (a) Klaipėdos uosto krantinė nuo Kuršių nerijos pusės; (b) Klaipėdos senamiestis; (c) jūros krantas ties Smiltynė Kuršių nerijoje; (d) jūros tiltas Palangoje. A. Mažūno (a, b) ir I. Dailidienės (c, d) nuotraukos

rovės. Patys kritiškiausi aukšto vandens lygio deriniai su bangavimo aktyvumu priekrantėje susidaro rudens–žiemos štorminės patvankos periodais.

Daugiamečiai, sezoniniai ir trumpalaikiai vandens lygio svyravimo ciklai turi poveikį krantodaros procesams. Vandens lygio kitimo procese išskirtina XX a. paskutiniai dešimtmečiai suaktyvėjusi ekstremumų kaita, t. y. kaip ir ekstremalios audros, dažnėjo ekstremalūs vandens lygiai. Pavyzdžiui, Klaipėdoje labai aukšti vandens lygio horizontai XX a. pradžioje buvo stebimi 1–2 kartus per kelis dešimtmečius, o nuo XX a. Vidurio – kas 5–7 metus (10 pav.). 2001–2002 m. vėjuotu šaltuoju periodu vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje net 4 kartus viršijo kritinę 100 cm (BS) ribą. Vandens lygiui pakilus aukščiau šios ribos, per nuotekų sistemas buvo semiamas Klaipėdos senamiestis.



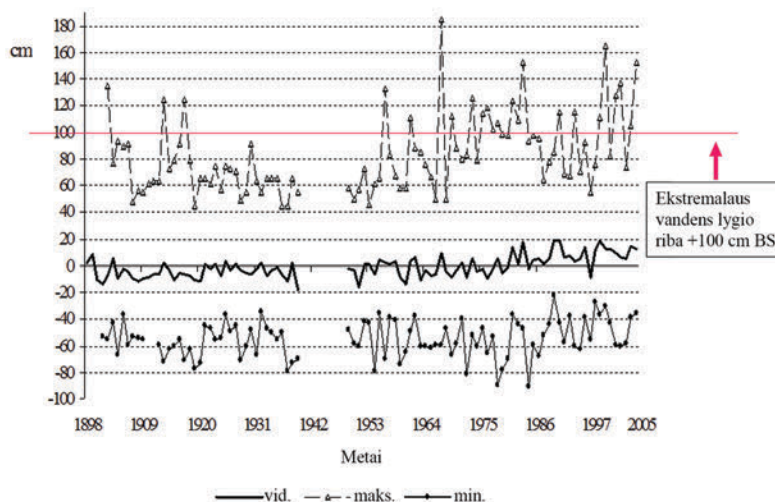
—●— Vėjo krypties pasiskirstymas, % — Vandens lygis, cm



—●— Vėjo krypties pasiskirstymas, % — Vėjo greitis, m/s

9 pav. Palyginimas: (a) dominuojančios vėjo krypties (%) ir atitinkamo vandens lygio (cm); (b) vėjo krypties pasiskirstymo ir vėjo greičio (m/s), Klaipėdos sąsiauris ($n = 757$) (Šaltinis: Dailidienė ir kt., 2006)

Metinės ekstremalios (minimalios ir maksimalios) vertės nuo XX a. vidurio kito didėjimo linkme ir vidutiniškai pakilo apie 10 cm (10 pav.). Didžiausi daugiamečiai vandens lygio svyravimai Lietuvos jūros priekrantėje ir marių akvatorijoje stebėti Klaipėdos sąsiauryje (1 lentelė). Aukščiausias vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje nuo XX a. pradžios buvo užfiksuotas 1967 m. spalio 17 d. ir siekė 185 cm. Kiek žemesnis vandens lygis pasiektas uraganų *Anatolijus* (1999-12-04) – 165 cm ir *Ervinas* (2005-01-09) – 154 cm metu, o absoliutus minimumas – 100 cm BS – nustatytas 1984-11-23.



10 pav. Daugiametė metinių vidutinių, maksimalių ir minimalių vandens lygių kaita Klaipėdoje (Šaltinis: Dailidienė, 2007)

2015 m. sausio 10–11 d. Lietuvos pajūryje kilo stiprus uraganinis vakariinių krypties vėjas, gūsiuose pūtęs iki $32,5 \text{ m/s}^{-1}$ (LHMT, Klaipėdos kranto meteorologinės stoties duomenimis) įvardytas Felikso vardu (11 a–d pav.). 2015-01-11 apie 5 valandą ryto Klaipėdoje vėjas gūsiuose buvo įsisiautėjęs iki $34,8 \text{ m/s}^{-1}$ (Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcijos duomenimis). Lietuvos aplinkos apsaugos agentūros Jūrinių tyrimų centro duomenimis, per uraganą bangos jūroje siekė 4,0–5,5 m aukščio, o vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje buvo pakilęs 1,37 metro. Kitą dieną (2015-01-12) apžiūrėjus pajūrio krantus, nustatyta (Kvietkus, 2015), jog daugiausiai žalos padaryta I-osios Melnragės krantams (11 a pav.), kur siaučiant stichijai nuardyta 4–6 m pajūrio apsauginio kopagūbrio, bei pietiniam Kuršių nerijos pusiasalio kranto ruožui nuo



a



b



c



d

11 pav. *Feliksa* uragano (2015 01 10/11) padariniai: (a) I-osios Melnragės krantai; (b) I-osios Smiltynės krantai; (c–d) Smiltynės kopgalio kranto ruožas. I. Dailidienės (a–c) ir R. Dailidės (d) nuotraukos

Alksnynės iki Smiltynės. Čia labiausiai nukentėjo I-osios Smiltynės gelbėjimo stoties kranto dalis (11 b pav.) ir pats Kopgalio kranto ruožas (11 c–d pav.), kur stipriai nuskalauta buvusi dirbtinė prieškopė ir atsirado statūs skardžiai. Visame Olando Kepurės ruože aukštos bangos prie buvusio siauro paplūdimio stipriai nuardė skardžio (klifo) papėdę, atskiruose ruožuose 2–5 m; pajūrio apsauginio kopagūbrio nuardymai siekė nuo 2 net iki 6 m.

Pakilusio daugiamečio vandens lygio bei štorminių vėjų sukeltų patvankų ir bangų deriniai nėra palankūs Lietuvos jūriniam krantams. Remdamiesi pesimistiniu XXI a. vandens lygio scenarijumi (IPCC 2013) ir XX–XXI a. stebėtų absoliučiu vandens lygio maksimumu, galime iškelti prielaidą, jog vandens lygis per uraganus Klaipėdos sąsiauryje gali pakilti apie 265 cm (80 cm + 185 cm). Žemiau tokio vandens lygio atsидurtų didžioji Danės upės slėnio Klaipėdos mieste dalis.

Metinės ekstremalios (minimalios ir maksimalios) vertės pakito didėjimo linkme vidutiniškai apie 10 cm 1961–2005 m. (11 pav.). Didžiausi daugiamečiai vandens lygio svyravimai Lietuvos jūros priekrantėje ir marių akvatorijoje stebėti Klaipėdos sąsiauryje. 1898–2005 m. absoliutus vandens lygio maksimumas 185 cm Baltijos sistemoje (BS) išmatuotas sąsiauryje (1967–10–18), o absoliutus minimumas – 100 cm BS – nustatytas 1984–11–23 (1 lentelė).

Per parą vykstantys vandens lygio svyravimai priskirtini trumpalaikiams, tačiau jų poveikis krantams yra ne mažiau reikšmingas nei ilgalaikių vandens lygių, nes ekstremaliomis sąlygomis jų amplitudžių ir kitimo greitis yra labai intensyvūs. Pavyzdžiui, Klaipėdos sąsiauryje ekstremalioms meteorologinėms sąlygomis, per štormus ir audras, vandens lygis per parą maksimaliai gali pakilti daugiau nei 100 cm (2 lentelė).

1 lentelė. Jūros vandens lygio matavimo postai, matavimo laikotarpiai, vidutiniai daugiamečiai absoliutūs ekstremalūs vandens lygiai Baltijos sistemoje (BS) ir jų datos (Dailidienė, 2007)

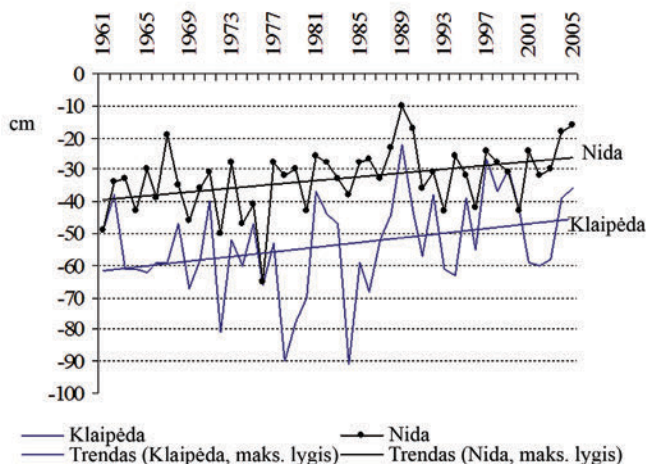
Postai	Vandens lygio matavimų laikotarpiai	Vidutinis daugiametis vandens lygis, cm	Standartinis nuokrypis, cm	Vidurkio pasiklivimo intervalas, 95 %	Absoliutus maksimumas, cm / Data	Absoliutus minimumas, cm / Data
Šventoji	1926–1931, 1945–1958	0	6,1	2,7	143 1956-01-21	-79 1947-03-09
Palanga	1922–1925	-1	6,4	7,3	85 1923-11-10	-58 1923-03-12–13
Klaipėdos sąsiauris	1898–1940, 1949–2005	-1	8,0	1,6	185 1967-10-18	-100 1862-12-08 -91 1984-11-23

2 lentelė. Trumpalaikio vandens lygio kitimas Klaipėdos sąsiauryje per parą ekstremaliomis meteorologinėmis sąlygomis štormų ir audrų metu (Valaitis, 2012)

Metai	Vandens lygio kilimo periodu				Vandens lygio slūgio periodu			
	Trukmė, val.	Amplitudė, cm	Vidutinis kilimo greitis, cm/val.	Maksimalus pokytis, cm/val.	Trukmė, val. sk.	Amplitudė, cm	Vidutinė kaita, cm/val.	Maksimalus pokytis, cm/val.
1999	5	107	21	40	7	52	7,4	16
2000	9	56	6	26	10	47	4,7	10
2003	5	40	8	16	9	39	4,3	14
2004	11	84	8	20	13	52	4,0	10

5. Apvelingo reiškiny

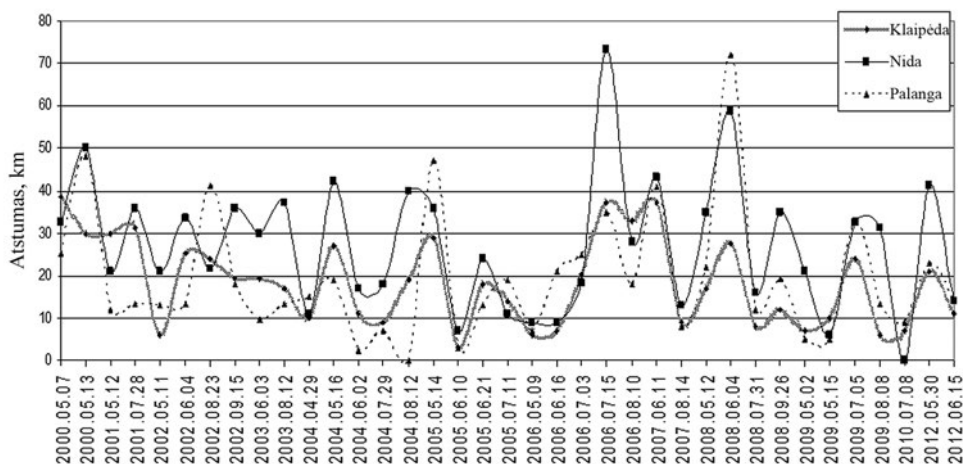
Jūros kranto geosistemos medžiagų pasikeitimo bei energijos srautai, fiziniai ir biocheminiai procesai priklauso nuo sudėtingos sausumos, jūros ir atmosferos sąveikos. Vienas šios sąveikos rezultatų yra gana reikšmingas ir tipiškas uždarytų jūrų bei jų pakrančių ekosistemoms apvelingo reiškiny, kurio metu dėl pastovesnių vėjų išilgai kranto nusistovi Ekmano lygties vandens srovių pusiausvyra, lemianti jūrų pakrančių konvekcinius paviršinių ir giluminių jūros vandens masių pasikeitimus, formuoja paviršines ir priedugnines vandens srovių divergencijos ir konvergencijos zonas.



12 pav. Minimalių metinių vandens lygių (cm) kaita Klaipėdos sąsiauryje ir Kuršių mariose ties Nida 1961–2005 m.
(Šaltinis: Dailidienė, 2007)

Tai yra gana dažnas reiškinys Baltijos jūros pakrantėse (Byčkova, 1987; Myrberg ir kt., 2003; Lehmann ir kt., 2008), taip pat ir ties Lietuvos krantais. Pastovūs ir nestiprūs (vidutiniškai 3–6 m/s) šiaurės, šiaurės rytų rumbų krypčių vėjai formuoja pietryčių Baltijos pakrantėje apvelingo reiškinį, kurio metu nuo kranto nupūstus paviršinius vandenį pakeičia giluminiai jūros vandenys. Apvelingo metu vykstančio vandens masių judėjimo ir pasikeitimo proceso intensyvumą nusako staigūs vandens temperatūros pokyčiai, kai šiltuoju metų laiku per kelias valandas vandens temperatūra gali nukristi daugiau nei 10 °C.

Pirmieji išsamesni priekrantės apvelingo tyrimai pietryčių Baltijoje buvo pradėti tik XXI a. 1-ajame dešimtmetyje. Pritaikius palydovinius (IR) bei sintetinės apertūros radarų (SAR) duomenis, pirmą kartą buvo nustatyti pietryčių Baltijos apvelingams būdingi parametrai (Kozlov, Dailidienė, 2010; Kozlov ir kt., 2014). Tyrimo rezultatai parodė (Kozlov ir kt., 2012; Kozlov ir kt., 2014), kad aktyvioje apvelingo vystymosi fazėje apvelingo frontui būdingi paviršinių horizontalių srovių greičiai siekia iki 0,4–0,6 m/s, be to, formuojasi stiprūs ne tik vertikalūs, bet ir horizontalūs SST gradientai, siekiantys 1,6 °C/km. Taip pat pastebima, kad susidaro intensyvūs šalto vandens filamentai (80–100 km ilgio), judantys atviros jūros link ir evoliucionuojantys į cikloninės krypties vandens sūkurius (skersmuo iki 50 km), bei lemiančius intensyvių maistmedžiagių pakili-

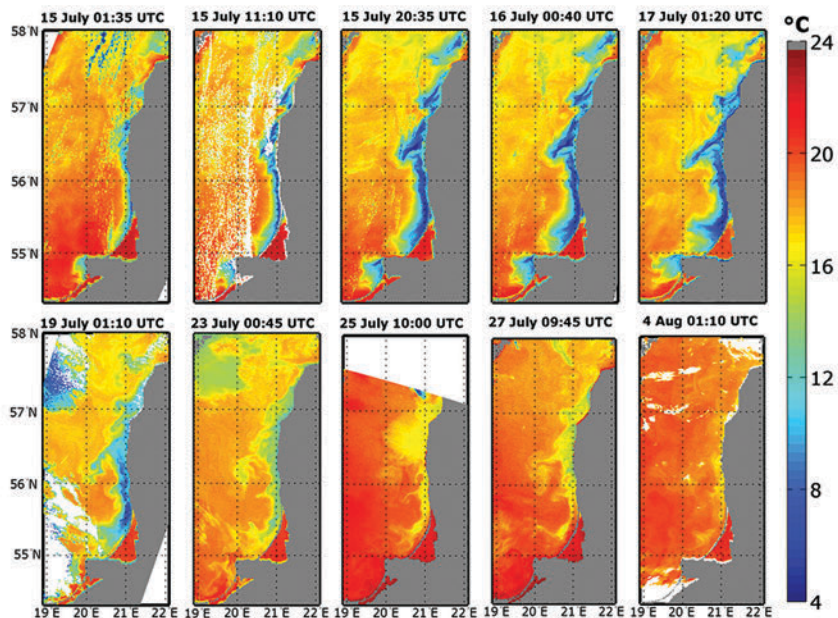


13 pav. Apvelingo reiškinių išplitimo ribos (fronto) maksimalus nuotolis (km) į jūrą statmenai nuo kranto ties Klaipėda, Palanga ir Nida (Šaltinis: Mingėlaitė, 2014)

mą į viršutinį vandens sluoksnį ir kartu suintensyvėjusį dumblių žydėjimą. Taip pat buvo užfiksuoti šaltų apvelingo vandenų įtekėjimo į Kuršių marias atvejai, kurie tam tikromis sąlygomis gali siekti iki 40 km nuo Klaipėdos sąsiaurio. Dėl apvelingo išilgai kranto sukeltų srovių ir dugno topografijos sąveikos, taip pat dėl sudėtingesnes srovių pernašos sąlygas formuojančio Klaipėdos sąsiaurio poveikio šio reiškinių išplitimas stebimas didesniuose plotuose ties Nida nei ties Klaipėda (12 pav.).

Atliekant 2000–2012 m. palydovinių jūros temperatūros (SST) nuotraukų analizę Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje buvo užfiksuoti 37 apvelingo reiškinių, tarp kurių 15 atvejų buvo juntamas poveikis ne tik priekrantėje, bet ir Kuršių marių hidrodinamikai (Mingėlaitė, 2014). Didžiausias apvelingo reiškinių išplitimas pietryčių Baltijoje stebėtas 2006 m. liepos mėn. (13 pav.); jo metu reiškinys buvo stebimas nuo kranto statmenai į jūrą iki 70 km.

Apvelingo Baltijos jūroje formavimasis yra svarbus procesas, ypač pakrančių regionams, nes sukelia vertikalų vandens maišymąsi ir atsinaujinimą, viršutinio vandens sluoksnio papildymą maistingosiomis medžiagomis, be to, į paviršių iškilę vandenys šiltuoju metų laiku yra pastebimai šaltesni, nei prieš tai buvę, tad apvelingas turi didelę svarbą vandens biotai, o kartu ir žvejybai, turizmui. Apvelingo reiškinių metu pakitusi vandens temperatūra gali



14 pav. Apvelingo reiškinių kitimas laike ir erdvėje pietryčių Baltijoje 2006 m. liepos mėn., MODIS duomenimis (Šaltinis: Kozlov ir kt., 2014)

turėti įtakos vietiniams orams, brizinei vėjų dinamikai, taip pat pastebima, jog apvelingo metu intensyviai kinta lokalūs atmosferos procesai, dinamika jūros paviršiuje – keičiasi vėjo greitis ir kryptis (Kozlov ir kt., 2012), o kartu ir jūros hidrodinaminiai procesai, turintys tiesioginį poveikį nešmenų pernašai jūros priekrantėje.

Apibendrinimas

Taigi šiuo metu stebimas kranto zonos paplūdimių išplovimas ir krantų abrazija, intensyvesni litodinaminiai procesai sietini su ekstremalių ir hidro-meteorologinių sąlygų suintensyvėjimu, labiau pasireiškusiu amžių sandūros laikotarpiu, taip pat vandens lygio kitimu, kurį lemia globalūs ir regioniniai atmosferos cirkuliacijos pokyčiai bei pasaulinė klimato kitimo tendencija. Vandens lygio kaitą lemia globalaus ir regioninio masto atmosferos slėgio variacija. XX a. vandens lygis pietryčių Baltijos pakrantėje pakilo apie 14 cm ir šis vandens lygio kilimo procesas tęsiasi ir intensyvėja. Susirūpinimą kelia

konstatuojamas pastaraisiais dešimtmečiais pasireiškęs spartesnis vandens lygio kilimas, kuris yra tiesiogiai susijęs su krantų ardymo, hidrotechninių įrenginių saugumo, sausumos užliejimo ir ekologinės pusiausvyros pažeidimo problemomis. Globali ir regioninė vandens lygio kilimo tendencija labai nepalanki Lietuvos krantų ardymo perspektyvai, nes pakilus daugiamečiam vidutiniam vandens lygiui, pakis ekstremalios vandens lygio reikšmės, vis didesni pajūrio lygumų plotai bus veikiami ardomosios bangų veiklos, keisis krantų linijos, iškils grėsmė pakrančių aplinkai ir socioekonominėms infrastruktūroms. Vandens lygio kilimo problemos sietinos su pamario miestų infrastruktūros plėtra, pakrančių techninių įrenginių saugumu, krantų erozija, lėkštų sausumų užliejimu.

Būtinai įvairiapusiai gamtinių (hidrologinių, meteorologinių ir klimatinų) sąlygų ir jų kaitos tyrimai, nuolatinė stebėseną (monitoringas) ir įvertinimas, nes pajūrio kraštovaizdis bei krantiniai procesai yra litosferos–hidrosferos–atmosferos sąveikos rezultatas. Apvelingo Baltijos jūroje formavimasis yra pavyzdys, kaip atmosferos dinaminiai procesai sukelia vertikalų vandens maišymąsi ir hidrodinaminį procesus, turinčius tiesioginį poveikį nešmenų pernašai jūros priekrantėje. Dėl didelės gamtinių, fizinių ir geografinių sąlygų regioninės kaitos kiekvienu atveju reikalingi lokalūs gamtinės ir antropogeninės apkrovos vertinimai bei atitinkamos krantų stabilumo išsaugojimo priemonės. Siekiant išsaugoti jūros krantus būtinai sistemingi ir įvairiapusiai tyrimai, kurių pagrindu būtų sudaromos ne tik prognozės, bet ir rengiamos bei atnaujinamos krantų išsaugojimo prevencinės priemonės.

Literatūra

- Bukantis, A., Gulbinskas, Z., Kazakevičius, S., Kilkus, K., Mikelinskienė, A., Morkūnaitė, R., Rimkus, E., Samuila, M., Stankūnavičius, G., Valiuškevičius, G., Žaromskis, R., 2001. *Klimato svyravimų poveikis fiziniams geografiniams procesams Lietuvoje*. Geografijos institutas, Vilniaus universitetas, 280 p.
- Bychkova, I., Viktorov, S., 1987. Use of satellite data for identification and classification of upwelling in the Baltic Sea. *Oceanology* 27 (2), 158–162.
- Dailidienė, I., Davulienė, L., Tilickis, B., Stankevičius, A., Myrberg, K., 2006. Sea level variability at the Lithuanian coast of the Baltic Sea. *Boreal Environment Research* 11, 109–121.
- Dailidienė, I., 2007. *Hidroklimateinių sąlygų kaitos ypatumai Baltijos jūros Lietuvos priekrantėje ir Kuršių mariose*. Daktaro disertacija.
- Dailidienė, I., 2007. Kuršių marių hidrologinio režimo pokyčiai. *Geografija* 43 (1), 35–42.
- Dailidienė, I., 2009. Hidrometeorologinių faktorių poveikis litodinaminiam procesams Baltijos pajūryje. *Jūros ir krantų tyrimai 2009*, 3-ioji mokslinė-praktinė konferencija, Konferencijos medžiaga, 29–33.
- Dailidienė, I., Baudler, H., Chubarenko, B., Navarotskaya, S., 2011. Long term water level and surface temperature changes in the lagoons of the southern and eastern Baltic. *Oceanologia* 53 (T I), 293–308.

- Dailidienė, I., Davulienė, L., 2009. Substantiation for climate change at the Lithuanian coast in South-Eastern Baltic. In A. Witkowski, J. Harff, H. J. Isemer (eds), *Proceedings of the International conference on climate change: Environmental and socio-economic response in the Southern Baltic region, International BALTEX secretariat* 42, 64–65.
- Dailidienė, I., Davulienė, L., Kelpšaitė, L., Razinkovas, A., 2012. Analysis of the climate change in Lithuanian coastal areas of the Baltic Sea. *Journal of Coastal Research*, doi 10.2112/JCOASTRES-D-10-00077.
- IPCC, 1992. Climate change and sea level rise. Global change and the rising challenge of the sea. Intergovernmental Panel on Climate Change, Response strategies Working group, Coastal zone management Subgroup, May 1992, Netherlands, 5–10.
- IPCC, 2001. Climate change 2001. The scientific basis. Contribution of Working group I to the Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2013. Climate Change: The physical science basis. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/>.
- Hurrell, J. W., 1995. Decadal trends in the North Atlantic oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science* 269, 676–679.
- Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G., Visbeck, M., 2003. An overview of the North Atlantic Oscillation. The North Atlantic Oscillation: Climatic significance and environmental impact. *Geophysical monograph* 134, American Geophysical Union, 1–35.
- Johansson, M., Boman, H., Kahma, K. K., Launiainen, J., 2001. Trends in sea level variability in the Baltic Sea. *Boreal Environment Research* 6, 159–179.
- Johansson, M. M., Kahma, K. K., Boman, H., Launiainen, J., 2004. Scenarios for sea level on the Finnish coast. *Boreal Environment Research* 9, 153–166.
- Kozlov, I. E., Dailidienė, I., 2010. Study of coastal upwelling in the Baltic Sea using satellite optical and SAR data. Current aspects of remote sensing of Earth from space: physical basics, methods and monitoring technologies of an environment, potentially dangerous phenomena and objects, 7th edition, Vol. 3, Moscow, «DoMira» Ltd., 161–168.
- Kozlov, I. E., Dailidienė, I., Korosov, A., Klemas, V., Mingėlaitė, T., 2014. MODIS-based sea surface temperature of the Baltic Sea Curonian Lagoon. *Journal Marine Systems* 129, 157–165, doi 10.16/j.marsys.2012.05.011).
- Kozlov, I. E., Kudryavtsev, V. N., Johannessen, J. A., Chapron, B., Dailidienė, I., Myasoedov, A. G., 2012. ASAR imaging for coastal upwelling in the Baltic Sea. *Advance in Space Research*. Elsevier, Special Issue: *Oceanography & Cryosphere*, Vol. 50, 1125–1137.
- Kvietkus, A., 2015. Situacija Lietuvos pajūryje po uragano „Feliksas“. http://gamta.lt/files/Informacija_po_Felikso1421149603777.pdf [žiūrėta 2015 01 18].
- Lehmann, A., Myrberg, K., 2008. Upwelling in the Baltic Sea: A review. *Journal of Marine Systems* 74, 3–12.
- Meier, H. E. M., Broman, B., Kjellström, E., 2004. Simulated sea level in past and future climates of the Baltic Sea. *Climate Research* 27, 59–75.
- Mingėlaitė, T., 2014. Palydovinių infraraudonųjų duomenų pritaikymas apvelingų PR Baltijos jūroje tyrimams. Magistro darbas, vadovė I. Dailidienė, Klaipėdos universitetas.
- Myrberg, K., Andrejev, O., 2003. Main upwelling regions in Baltic Sea – a statistical analysis based on three-dimensional modelling. *Boreal Environment Research* 8, 97–112.
- Omstedt, A., Elken, J., Lehmann, A., Leparanta, M., Meier, H. E. M., Myrberg, K., Rutgersson, A., 2014. Progress in physical oceanography of the Baltic Sea during the 2003–2014 period. *Progress in Oceanography*, Elsevier, doi 10.1016/j.pocean.2014.08.10.

Stanevičius, E., Rimkus, E., 2007. Klimato kaita ir potvynių pavojus Klaipėdos mieste. INTERREG III B projektas „Klimato kaitos politikos ir prisitaikymo strategijų rengimas Baltijos jūros regione“ (ASTRA).

Stankūnavičius, G., Bartkevičienė, G. 2003. Ekstremalios atmosferos cirkuliacijos sąlygos šiaurės Atlante: oro temperatūros ir kritulių anomalijos Europoje. *Geografijos metraštis* 36 (1), 18–33.

Valaitis, E., 2012. Trumpalaikiai vandens lygio svyravimai Klaipėdos sąsiauryje. Magistro darbas, vadovė I. Dailidienė, Klaipėdos universitetas.

Interneto šaltiniai

Europos aplinkosaugos agentūros tinklalapis; <http://www.eea.europa.eu>

Europos aplinkosaugos agentūra EEA, *Collecte Localisation Satellite* CLS; <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>

Intergovernmental Panel on Climate Change; <http://www.ipcc.ch/report/ar5/>

VI. KLAIPĖDOS UOSTAS IR ĮPLAUKOS KANALAS

1. Veiksniai, turintys įtakos Klaipėdos uosto plėtrai

Pastaraisiais metais vykdomi svarbūs Klaipėdos uosto plėtros projektai: gilinama Klaipėdos sąsiaurio akvatorija, įplaukos kanalo rekonstrukcija, statomos naujos krantinės. Bet kuri antropogeninė veikla uoste turi įtakos Klaipėdos sąsiaurio hidrodinaminiam režimui – sąsiaurio pralaidumui ir tėkmės struktūrai. Gilinimo darbai uosto akvatorijoje didina Klaipėdos sąsiaurio pralaidumą, t. y. didesnės vandens masės iš Baltijos jūros įteka į Kuršių marias ir atvirkščiai. Padidėjusi Baltijos jūros druskingo vandens prietaka į Klaipėdos sąsiaurį ir Kuršių marias gali turėti neigiamos įtakos gėlavandenei ekosistamai. Hidrotechniniai statiniai (naujos krantinės ar pirsai) siaurina Klaipėdos sąsiaurį ir mažina jo pralaidumą. Siekiant palaikyti nusistovėjusią pusiausvyrą reikėtų numatyti papildomas priemones, kurios kompensuotų sąsiaurio pralaidumo padidėjimą dėl gilinimo darbų. Ūkinė veikla uosto akvatorijoje keičia ir tėkmių struktūrą. Padidėję tėkmės greičiai keičia nešmenų pernašos procesus Klaipėdos sąsiauryje, t. y. atsiranda naujos dugno erozijos ir nešmenų akumuliacijos vietos, kurios gali turėti neigiamos įtakos laivybos sąlygoms uosto akvatorijoje. Natūralių gamtinių procesų kaita (Nemuno nuotėkio pokyčiai, stiprių vėjų ir uraganų skaičiaus didėjimas) taip pat turi įtakos tiek Kuršių marių vandens balansui, tiek Baltijos jūros priekrantės būklei.

Klaipėdos valstybinis jūrų uostas (KVJU), siekdamas didinti krovinių apyvartą, stato naujas uosto krantines ir gilina akvatoriją. Ši veikla neišvengiamai kelia pavojų unikalių gamtos objektų – Kuršių marių ir Kuršių nerijos – būklei. Todėl mokslininkai nuolat vykdo aplinkos tyrimus Klaipėdos sąsiauryje, Kuršių mariose ir Baltijos priekrantėje. Tiriama uosto akvatorijos aplinkos būklė, žuvų ištekliai, sąsiaurio hidrodinaminis režimas (tėkmės greičių ir lygių kaita), dugno nuosėdų užterštumas, krantų bei dugno deformacijos. Įrodyta, kad uosto farvaterio iki Kiaulės Nugaros salos gilinimas nesukels neigiamų padarinių aplinkai ir nekenkia saugomoms teritorijoms. Tačiau svarstant galimybes plėsti uostą pietų kryptimi poveikio arealas labai padidėja. Būtina įvertinti priežastinius uosto plėtros parametrų ir pokyčių Kuršių mariose ryšius bei motyvuotai pagrįsti leistinas plėtros ribas ir numatyti gamtos saugos priemones.

Kuršių marių šiaurinė dalis menkai ištirta, mažai žinoma apie konkrečius hidrologinius, geocheminius ir žuvų neršto aspektus. Norint mokslškai pa-

grįsti Klaipėdos uosto plėtrą būtina įvertinti galimas ūkinės veiklos pasekmes unikaliai Kuršių marių ekosistemai. Pasigendama tyrimų, kurių rezultatai yra reikalingi matematiniams hidrauliniams modeliams kalibruoti, nešmenų srautui įvertinti bei žuvų neršto ir mitybos sąlygoms aprašyti.

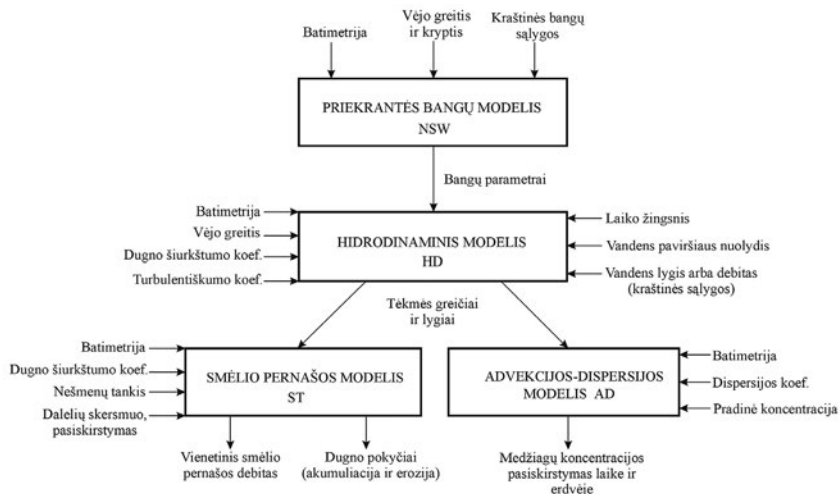
Plečiant Klaipėdos uostą kyla poveikio aplinkai vertinimo klausimai Klaipėdos sąsiauryje ir Baltijos jūros priekrantėje. Bet kuri antropogeninė veikla sukelia vandens telkinio tėkmės struktūros pokyčius, turinčius įtakos nešmenų pernašos bei akumuliacijos procesams ir keičiančius ekosistemų egzistavimo sąlygas. Klaipėdos uosto akvatorijos stebėsenos (monitorinio) tyrimai (tėkmių matavimai, nešmenų kiekio ir jų cheminės sudėties nustatymas) leidžia įvertinti dabartinę Klaipėdos sąsiaurio ir Baltijos jūros priekrantės būklę. Tačiau tik modeliuojant vandens telkinių procesus galima nustatyti pokyčius, kurių priežastis būtų antropogeninė veikla. Ypač svarbus tėkmių, nešmenų ir bangų procesų modeliavimas esant ekstremalioms gamtinėms sąlygoms (per štor-mus arba per didelius potvynius), nes tada neįmanoma išmatuoti tėkmės ar kitų parametrų.

Norint įvertinti Klaipėdos uosto plėtros įtaką gamtinės kaitos kontekste buvo sukurti Klaipėdos sąsiaurio (toliau – KS) modeliai, kurių dėka buvo tiriami bangų, hidrodinaminiai ir nešmenų pernašos procesai:

- KS hidrodinaminio režimo ir pralaidumo pokyčiai vykdant ūkinę veiklą;
- Klaipėdos uosto akvatorijos gilinimas, naujų krantinių statyba ir rekonstrukcija;
- nešmenų pernašos procesai KS įvairiomis gamtinėmis ir antropogeninėmis sąlygomis.

2. Skaitmeninių modelių struktūra

Vertinant ūkinės veiklos ir gamtinės kaitos poveikį vandens telkiniams taikomi skaitmeninio modeliavimo metodai. Kuršių marių ir Baltijos priekrantės hidroprocesų tyrimams naudojama dvimačių skaitmeninių modelių sistema MIKE 21, sukurta Danijos hidraulikos institute. Ši modelių sistema apima hidrodinaminių, bangų ir nešmenų procesų ir vandens kokybės (taršos sklaidos) modelius. Modeliai tarpusavyje yra susiję: modeliuojant hidrodinامينius procesus vandens telkinyje pirmiausia reikia apskaičiuoti bangų parametrus, o tiriant nešmenų pernašos procesus arba taršos sklaidą būtina žinoti tėkmių struktūras (1 pav.). Modeliuodami vandens telkinius naudojome MIKE 21 sistemos modelius: NSW (*Near-shore Spectral Wind-Wave Module*), BW (*Bousinesk*



1 pav. Dvimačių skaitmeninių modelių sistema MIKE 21

Wave Module), HD (Hydrodynamic Module), ST (Sand Transport Module), MT (Mud Transport Module) ir AD (Advection Dispersion Module).

Klaipėdos sąsiaurio ir šiaurinės Kuršių marių dalies hidrodinaminio ir nešmenų pernašos modeliavimo rezultatai gauti kuriant hidrodinaminį (HD) ir smėlio (ST) bei dumblo (MT) pernašos modelius.

3. KS hidrodinaminio režimo ir pralaidumo tyrimai

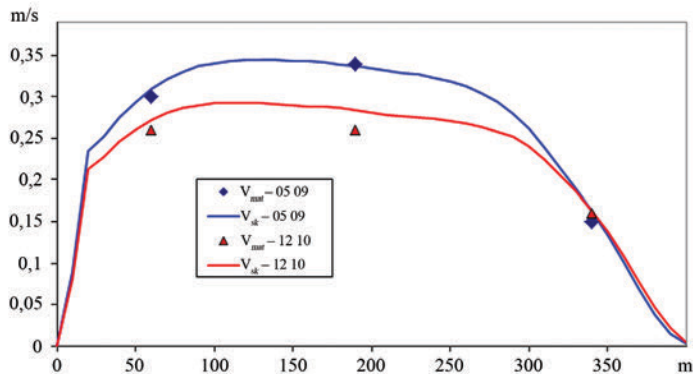
1996 m. suformuotas 100 m pločio ir 12 m gylio uosto įplaukos kanalas bei Klaipėdos sąsiaurio farvateris. Tariaime, kad tai nulinė alternatyva, su kuria bus lyginama visų tolesnių uosto plėtros projektų (akvatorijos gilinimas, įplaukos kanalo rekonstrukcija, naujų krantinių įrengimas) įtaka KS hidrodinaminiam režimui. KS farvaterio gilinimo iki 14 m įtaka sąsiaurio hidrodinaminiam režimui (pralaidumui ir tėkmės struktūrai) buvo tiriama tokia seka (Gailiusis ir kt., 2005):

- KS hidrodinamikos modelis kalibruotas pagal tėkmių matavimų duomenis;
- KS hidrodinamikos režimai sumodeliuoti esant įvairioms hidrometeorologinėms sąlygoms;
- KS pralaidumo ir tėkmės greičių pokyčiai įvertinti lyginant modeliavimo rezultatus pagal KS gilinimo alternatyvas su pradine KS būkle.

MIKE 21 hidrodinaminiam modeliui kalibruoti naudojami šiurkštumo ir turbulentiškumo koeficientai (MIKE 21..., 2012). Hidrodinaminio modeliavimo (HD) rezultatų patikimumui nustatyti HD modelis kalibruotas pagal 2008-05-09 ir 2008-12-10 LEI Hidrologijos laboratorijos išmatuotus tėkmės greičius KS skerspjūvyje ties 1 krantine. 2008-05-09 vandens tėkmės kryptis buvo iš Kuršių marių į Baltijos jūrą, oro temperatūra 19 °C, vėjo greitis 0–8 m/s, kryptis – šiaurės. Apskaičiuota, kad sėjiauriu tekėjo 1 390 m³/s debitas. 2008-12-10 vandens tėkmės kryptis buvo iš Kuršių marių į Baltijos jūrą, oro temperatūra 1,8 °C, vėjo greitis 3–9 m/s, kryptis – pietų. Apskaičiuota, kad sėjiauriu tuo metu tekėjo 1 090 m³/s debitas.

Hidrodinaminis modeliavimas atliktas pagal Klaipėdos sėjiaurio ir šiaurinės Kuršių marių dalies akvatorijos batimetriją. Tinklelio kvadratinės gardelės dydis parinktas 10 m. HD modeliui įvestos realios vėjo reikšmės ir matavimo dienos debitą atitinkantys lygio nuostoliai. Šiurkštumo bei turbulentiškumo koeficientai buvo keičiami taip, kad geriausiai atitiktų vidutinius išmatuotus tėkmės greičius vertikalėse. Taip nustatytas šiurkštumo koeficientas $n = 0,032$ ir turbulentiškumo koeficientas $E = 0,50 \text{ m}^2/\text{s}$. Išmatuotų ir sumodeliuotų tėkmės greičių reikšmės palygintos (2 pav.). Išmatuotos reikšmės skiriasi tik iki 8 % nuo sumodeliuotų tėkmės greičių reikšmių. Todėl galima daryti išvadą, kad modelis kalibruotas teisingai ir gali būti taikomas HD režimui modeliuoti įvairiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis.

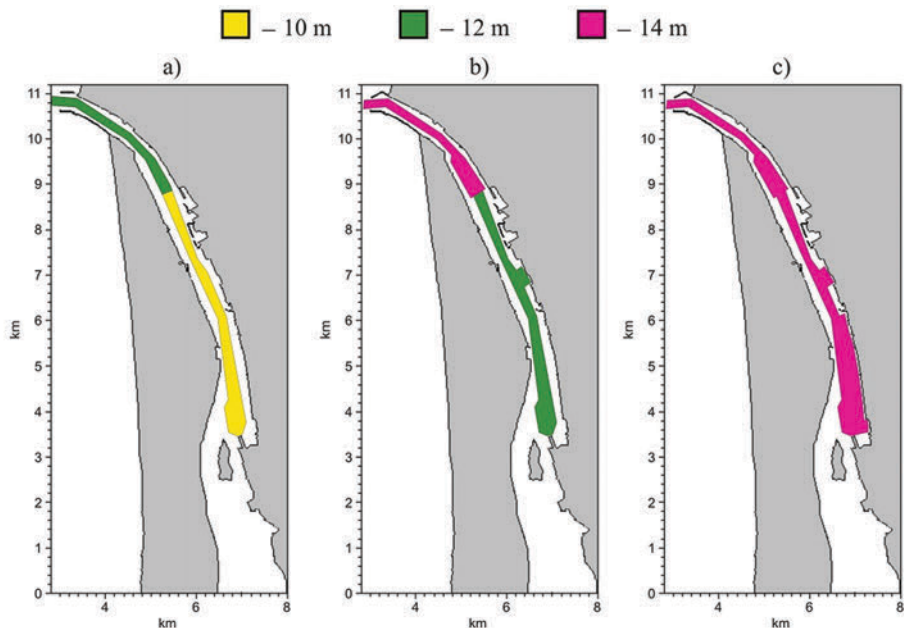
KS hidrodinamikos modeliavimas atliktas esant 1 600, 2 700 ir 4 000 m³/s debitui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą bei 1 600, 2 400 ir 3 200 m³/s debitui iš



2 pav. 2008 m. išmatuoti V_{mat} ir sumodeliuoti V_{sk} tėkmės greičiai KS skerspjūvyje ties 1-ąja krantine

Baltijos jūros į Kuršių marias. Galimas debitų kaitos diapazonas KS yra nuo 3 500–5 000 m³/s. Parinkti modeliavimui debitai tolygiai pasiskirstę šiame intervale. Skaičiavimai atlikti keturiems KS batimetrijos variantams (3 pav.).

Keičiant Klaipėdos uosto įplaukos kanalo pralaidumą keičiasi prietaka iš Baltijos jūros į Kuršių marias. Nustatyta, kad prietakos iš jūros į marias didėjimas nėra tiesiogiai proporcingas įplaukos kanalo pralaidumo didėjimui (Jurgelėnaitė, Šarauskienė, 2007). Tam įrodyti naudoti Baltijos jūros ir Kuršių marių paros vandens lygių duomenys ir skaitmeninis dvimatis hidrodinaminis MIKE 21 modelis. Sumodeliuota debitų Klaipėdos uoste priklausomybė nuo vandens lygio skirtumo tarp jūros ir marių. Naudojant šią debitų kreivę išanalizuota Klaipėdos uosto įplaukos kanalo 10 % padidinto pralaidumo įtaka vandens prietakos dydžiui. Nustatyta, kad padidinus pralaidumą 10 %, į marias patenka 3,64–8,10 % daugiau druskingo vandens negu įprastomis sąlygomis. Nagrinėjant Baltijos jūros vandens prietakos pokyčio ir Kuršių marių vandens lygio pokyčio priklausomybę nuo uosto įplaukos kanalo pralaidumo ir trukmės nustatyta, kad padidinus uosto įplaukos kanalo pralaidumą, sutrumpėja jūros



3 pav. Klaipėdos sąsiaurio gilinimo variantai: a) 1 variantas – 1996 m. farvateris, b) 2 variantas – 2010 m., c) 3 variantas – 2013 m.

vandens prietakos trukmė, o papildomos prietakos dydis keičiant pralaidumą 5–30 %, kinta 1,75–16,67 %. Į marias pritekėjusio jūros vandens kiekiai keičiant uosto įplaukos kanalo pralaidumą priklauso nuo prietakos trukmės. Didėjant jūros vandens prietakos trukmei papildomai pritekėjusio druskingo vandens kiekis Kuršių mariose mažėja (Jurgelėnaitė, Šarauskienė, 2007).

Pastaruoju metu manoma, kad Klaipėdos uosto įplaukos kanalo pralaidumas palyginti su 1996 m. būkle, neturėtų būti didinamas daugiau kaip 10 %. Galimybė gilinti uostą yra palikta, tačiau padidėjęs pralaidumas turėtų būti kompensuojamas kitomis priemonėmis, pvz., įrengiant pirsus, statant naujas krantines.

Atliekant Klaipėdos valstybinio jūrų uosto įplaukos kanalo gilinimo ir platinimo poveikio aplinkai vertinimą, analizuojami keturi uosto plėtros variantai (KVJU šiaurinės..., 2009; Klaipėdos..., 2010):

0 variantas – tai nulinis variantas, kuris buvo 1996 m. prieš pradėdant intensyvių Klaipėdos uosto įplaukos kanalo gilinimo darbus (3 a pav.). Farvaterio kanalas iki 6-osios krantinės buvo 12 m gylio ir 100 m pločio. Nuo 6-osios iki 115-osios krantinės farvateris buvo 5–12 m gylio. Nebuvo laivų apsisukimo akvatorijų, išskyrus tarptautinio kelto akvatoriją.

1 variantas – Klaipėdos uosto įplaukos kanalo būklė 2010 m. (3 b pav.). Įvykdyta uosto vartų rekonstrukcija, šiaurinis molas pailgintas 202 m, pietinis – 278 m, o uosto vartai susiaurinti. Tarp 1-osios ir 10-osios krantinių uosto įplaukos kanalas ir šiaurinė uosto dalis pagilinti iki 14,5 m. Nuo 10-osios iki 100-osios krantinės uosto farvateris pagilintas iki 12,5 m. Įrengta laivų apsisukimo akvatorija ties UAB „Bega“ ir LKAB „Klaipėdos Smeltė“.

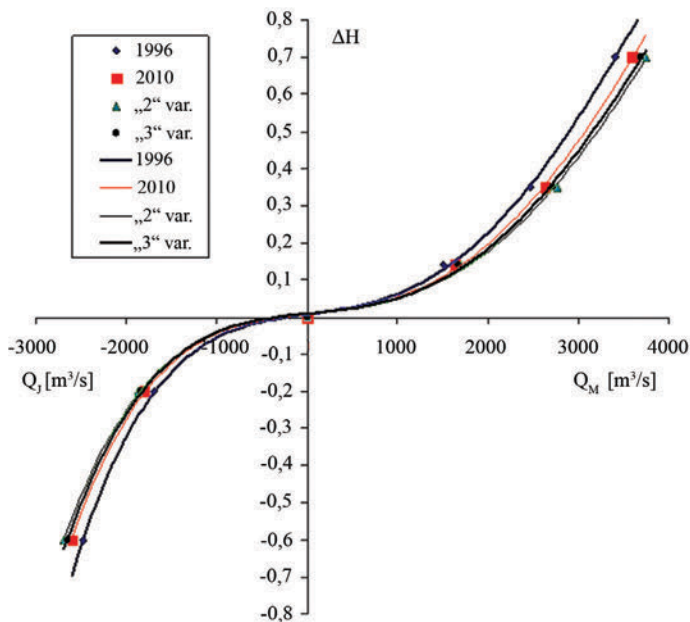
2 variantas – Klaipėdos uosto įplaukos kanalo būklė 2013 m. (3 c pav.). Įplaukos kanalas tarp 10-osios ir 105-osios krantinių pagilintas iki 14,5 m ir paplatintas iki 150 m įrengiant laivų apsisukimo ratą ties UAB „Bega“ ir „Klaipėdos Smeltė“; 14 m gylis prie UAB „Bega“ krantinių Nr. 66–69 ir LKAB „Klaipėdos Smeltė“ krantinių Nr. 82–105. UAB „Bega“ ir Keleivių bei krovinių terminalo pirsai suprojektuoti kaip pusiau pralaidūs tškmei statiniai ir prie jų nėra stovinčių laivų.

3 variantas – tai 2-asis variantas su išlyga, kad prie trijų pirsų (dviejų UAB „Bega“ ir Keleivių bei krovinių terminalo) aptarnaujami laivai paverčia juos iš pusiau pralaidžių į aklinus, sudarančius papildomą kliūtį tškmei ir tuo sumažina laivybos kanalo pralaidumą.

Pagal pateiktus (Klaipėdos..., 2009) duomenis nustatyta, kad esant 1 variantui Klaipėdos uosto įplaukos kanalo pralaidumas, palyginti su 0 variantu,

padidėja 7,3 % esant nuotėkiui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ir iki 6,2 % esant prietakai iš jūros į marias. Pagilinus farvaterį pagal 2 variantą iki 14,5 m, uosto įplaukos kanalo pralaidumas padidėtų iki 12,6 % esant nuotėkiui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ir iki 10,0 % esant prietakai iš jūros į marias. Siekiant įgyvendinti 2 variantą būtina imtis gamtos saugos priemonių. Viena alternatyvų yra pateikta trečiame gilavimo variante, pagal kurį pusiau pralaidūs pirsai, pastačius prie jų vienu metu ne mažiau kaip tris laivus, yra paverčiami aklinomis užtvaramis, dėl kurių įplaukos kanalo pralaidumas padidėtų iki 10,4 % esant nuotėkiui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ir iki 8,5 % esant prietakai iš Baltijos jūros į Kuršių marias (4 pav.).

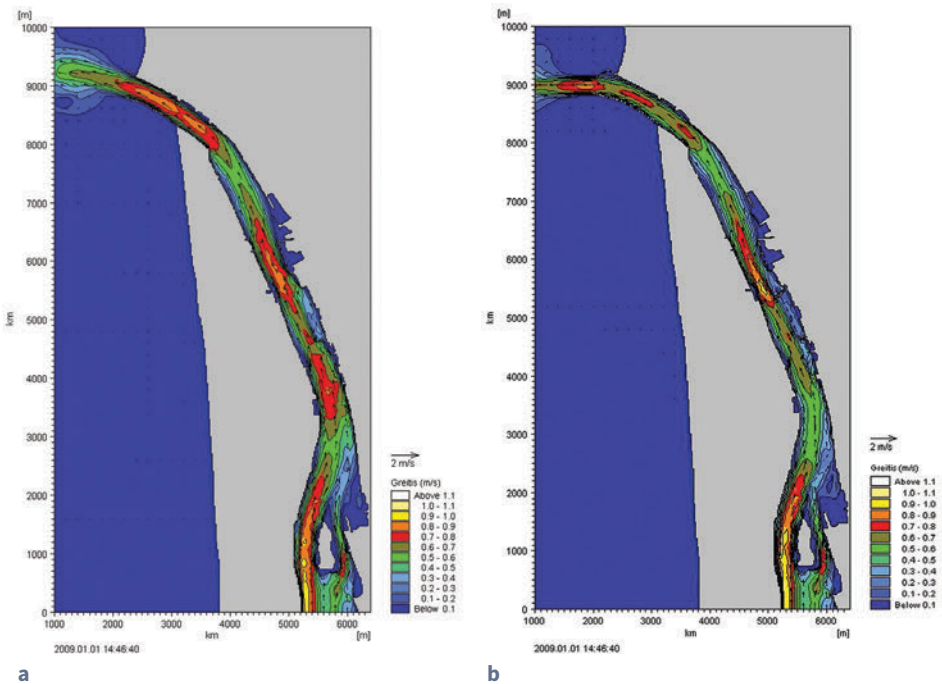
Sąsiaurio pralaidumo kreivės esant debitui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ir iš Baltijos jūros į marias yra nesimetriškos; esant tam pačiam lygių skirtumui tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros Klaipėdos sąsiauriu iš jūros teka mažesnis debitas negu iš Kuršių marių. Tam turi įtakos KS nuolydis (tėkmė iš jūros patiria didesnį pasipriešinimą) ir nauji jūros vartai.



4 pav. Vandens apykaitos tarp Baltijos jūros ir Kuršių marių debitai esant skirtingiems uosto įplaukos kanalo gilavimo variantams (pagal KJVU laivybos kanalo gilavimo ir platinimo poveikio aplinkai vertinimo ataskaitą; Lietuvos energetikos institutas, 2009)

Šie KS pralaidumo pokyčiai gauti tėkmės nusistovėjusio režimo sąlygomis ir rodo momentinį sąsiaurio pralaidumą. Iš tikrųjų Baltijos jūros ir Kuršių marių vandens lygis kinta dėl patvankos reiškinių, Kuršių mariose dėl Nemuno nuotėkio ir prietakos iš Baltijos jūros. Todėl Baltijos jūros vandens skverbimosi į Kuršių marias procesas prasideda kylant Baltijos jūros lygiui ir užtvėnkus Kuršių marių ištaką. Tokie procesai stebimi vidutiniškai apie 40 kartų per metus ir trunka apie 70 dienų. Taigi vieno Baltijos jūros vandens įsiveržimo vidutinė trukmė yra 1,75 dienų, o patekusio į Kuršių marias vandens masė yra apie du kartus mažesnė už tą vandens masę, kuri būtų apskaičiuota priimant momentinį pralaidumo pokytį.

KS tėkmės struktūros sumodeliuotos keturiems aprašytiems variantams esant 1 600, 2 700 ir 4 000 m³/s debitui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą bei 1 600, 2 400 ir 3 200 m³/s debitui iš Baltijos jūros į Kuršių marias. Atliekant Klaipėdos uosto gilinimą didėja sąsiaurio pralaidumas, kas sukelia tėkmės greičių sąsiauryje mažėjimą (5 pav.).



5 pav. Klaipėdos sąsiaurio tėkmės struktūra esant 2700 m³/s debitui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą: a) 0 variantas, b) 2 variantas

Lyginant nulinio (iki 1966 m.) ir 2-ojo varianto (2013 m.) tėkmės struktūrą stebimas tėkmės greičių mažėjimas visoje KS akvatorijoje, išskyrus jūros vartų akvatoriją. Tik tarp rekonstruotų uosto vartų molų tėkmės greičiai padidėja, palyginti su nulinio varianto tėkmių struktūra.

Taigi galima daryti išvadą, kad svarbiausias Klaipėdos uosto plėtrą ribojantis veiksnys yra KS hidrodinaminis režimas (sąsiaurio vandens apykaita ir tėkmių struktūra), lemiantis bangų ir nešmenų pernašos procesus bei ekosistemų egzistavimo sąlygas tiek sąsiauryje, tiek Kuršių mariose. Todėl vykdant Klaipėdos uosto plėtrą (keičiant molų konfigūraciją, gilinant farvaterį), būtina nustatyti galimą poveikį KS hidrodinaminiam režimui. Antra, KS tėkmės režimo modeliavimas parodė, kad jūrų uosto plėtra jau padidino sąsiaurio pralaidumą 10 % palyginti su 1996 m. būkle, todėl plėtojant Klaipėdos uostą ateityje bus būtinos gamtos saugos priemonės.

4. Nešmenų pernašos procesai Klaipėdos sąsiauryje

Klaipėdos valstybinio jūrų uosto akvatorija – tai sąsiauris, kuriuo vyksta vandens masių apykaita tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros. Vandens srautai perneša nešmenis, kurių pernašos kaita ir su ja susijusių dugno deformacijų kaita priklauso nuo kraštinių sąlygų ir tėkmės bei vagos sąveikos. Kraštinės sąlygos tėkmės pradžioje apibrėžia hidrologinis ir nešmenų režimas. Tėkmės ir vagos sąveiką lemia tėkmės pernešimo geba, kuri priklauso nuo vandens telkinio batimetrijos, tėkmės greičių, turbulentiškumo ir fizinių mechaninių grunto savybių (Kriaučiūnienė, Gailiušis, 2004; Gailiušis ir kt., 2003).

Nešmenų pernašos gali būti šios:

1. Kai nešmenų koncentracija viršija tėkmės pernešimo gebą, stebima nešmenų akumuliacija ir nešmenų koncentracijos mažėjimas tėkmės kryptimi.
2. Kai nešmenų koncentracija mažesnė už tėkmės pernešimo gebą, stebima vagos erozija arba nuosėdų nuoplova ir nešmenų koncentracijos padidėjimas tėkmėje.
3. Kai nešmenų koncentracija lygi tėkmės pernešimo gebai, tėkmės dugno deformacijų nėra, o nešmenų koncentracija tėkmės kelyje pastovi. Tokia sąsiaurio dugno būklės pusiausvyrą yra optimali uosto akvatorijos eksploatacijos (nuosėdų valymo) atžvilgiu.

Išplauti nešami produktai gali būti skendintieji nešmenys (dominuoja molio ir dumblo dalelės) ir velkamieji nešmenys (dominuoja smėlio dalelės), priklausomai nuo jų svorio ir sąsiaurio tėkmės greičio. Atskiruose ruožuose,

priklausomai nuo srovės greičio pasiskirstymo, skendintieji nešmenys gali tapti velkamaisiais arba, priešingai, velkamieji tampa skendinčiais.

Planuojant dugno valymo arba gilinimo darbus uosto akvatorijoje ypač svarbu apibrėžti tas sąsiaurio akvatorijos dalis, kuriose nešmenų pernašos ir nusėdimo procesai vyksta ypač intensyviai. Siekiant sumodeliuoti KS velkamųjų ir skendinčiųjų nešmenų pernašos bei akumuliacijos procesus ir apskaičiuoti sąsiaurio nešmenų balansą įvairiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis naudoti dvimačio skaitmeninio MIKE 21 modelio hidrodinamikos, smėlio ir dumblo pernašos modeliai. Modeliavimo rezultatai leidžia prognozuoti nešmenų sankaupų veikiant antropogeniniams ir gamtiniams veiksniams vietas sąsiauryje.

Norint apskaičiuoti velkamų nešmenų pasiskirstymą KS naudotas ST (smėlio pernašos) modelis (MIKE 21..., 2012). Šiuo modeliu galima apskaičiuoti velkamų nešmenų (smėlio) srautų pernašos gebas (greičius) ir nusėdusių nešmenų kiekius. Vandens tėkmių hidrodinamikos konkrečių vandens lygių ir debitų modeliavimas atliktas prieš modeliuojant smėlio pernašą ST modeliu. Smėlio pernašos greičiui apskaičiuoti parinktas Engelund ir Hansen (E&H) visiškos apkrovos pernašos metodas.

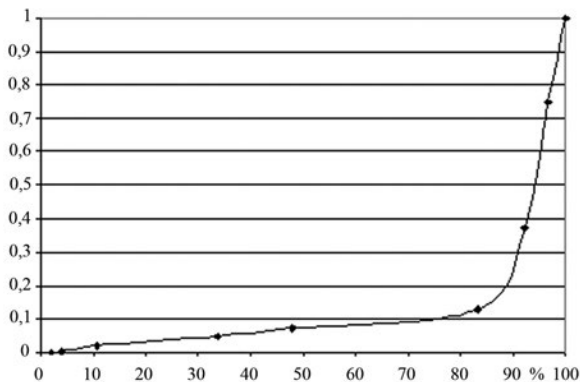
Modeliuojant reikia apibrėžti nešmenų srauto ir suspensijų vidutinės dalelės skersmenį ir dalelių pasiskirstymą. KS atlikti ekspediciniai tyrimai, pagal kuriuos (Galkus, Jokšas, 1997) sudaryta nešmenų granulinės sudėties tikimybinio pasiskirstymo integralinė kreivė (6 pav.).

Smėlio pernašos ST modeliui iš nešmenų dalelių pasiskirstymo kreivės nustatytas vidutinis dalelės skersmuo $d_{50\%} = 0,09$ mm, taip pat 16 % ir 84 % tikimybės dalelių skersmenys $d_{16\%} = 0,015$ mm ir $d_{84\%} = 0,13$ mm. Nešmenų dalelių pasiskirstymas apibrėžiamas taip:

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{d_{84\%}}{d_{16\%}}} \quad (1).$$

Klaipėdos sąsiauryje nustatytas $\sigma_g = 2,94$. Jeigu dugno nuosėdos yra vienalytė medžiaga ($\sigma_g = 1$), tai nešmenų transporto geba priklausys tik nuo dalelės skersmens.

Dumblo pernašos MT modeliu nustatyta, kad suspensijų dalelių vidutinis skersmuo yra 0,03 mm. Tai rodo tikimybinė nešmenų pasiskirstymo kreivė (6 pav.), įvertinus, kad suspensijų dalelių skersmuo $\leq 0,065$ mm (MIKE 21..., 2012). Apskaičiuotas vidutinis dalelių nusėdimo greitis yra lygus 0,00048 m/s.



6 pav. Klaipėdos sąsiaurio nešmenų granulinės sudėties integralinis tikimybinių pasiskirstymas

Suspensijų akumuliacijos ir erozijos kritiniai greičiai nustatyti atitinkamai 0,1 ir 0,3 m/s.

Modeliuojant suspensijų pasiskirstymą dumblo pernašos modeliu MT reikia apibrėžti dispersijos koeficientų D_x ir D_y reikšmes. Tiksliausiai šiuos parametrus būtų galima nustatyti natūriniais eksperimentais, tačiau tai brangiai kainuojantis būdas.

Dispersijos koeficientų nustatymui yra siūloma formulė:

$$D_x = D_y = K_2 \Delta x U \quad (2),$$

kur K_2 – empirinis koeficientas, priklausantis nuo vandens tėkmės greičio pobūdžio;

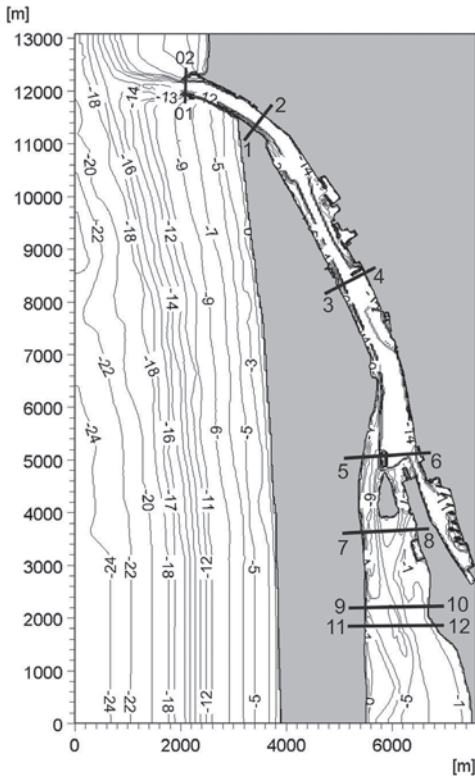
Δx – tinkelio gardelės dydis, m;

U – vidutinis tėkmės greitis, m/s.

Modeliuojamo tinkelio gardelė yra 10 m ilgio. Vidutinis tėkmės greitis – 0,32 m/s. Tokiomis modeliavimo sąlygomis nustatytas empirinis koeficientas $K = 0,3125$. Taip apskaičiuoti dispersijos koeficientai $D_x = D_y = 1 \text{ m}^2/\text{s}$.

Velkamųjų ir skendinčiųjų nešmenų pernašos modeliavimas yra atliktas pagal 2013 m. Klaipėdos sąsiaurio batimetriją (dabartinė sąsiaurio būklė, kai uosto akvatorija yra pagilinta iki 14 m) (7 pav.).

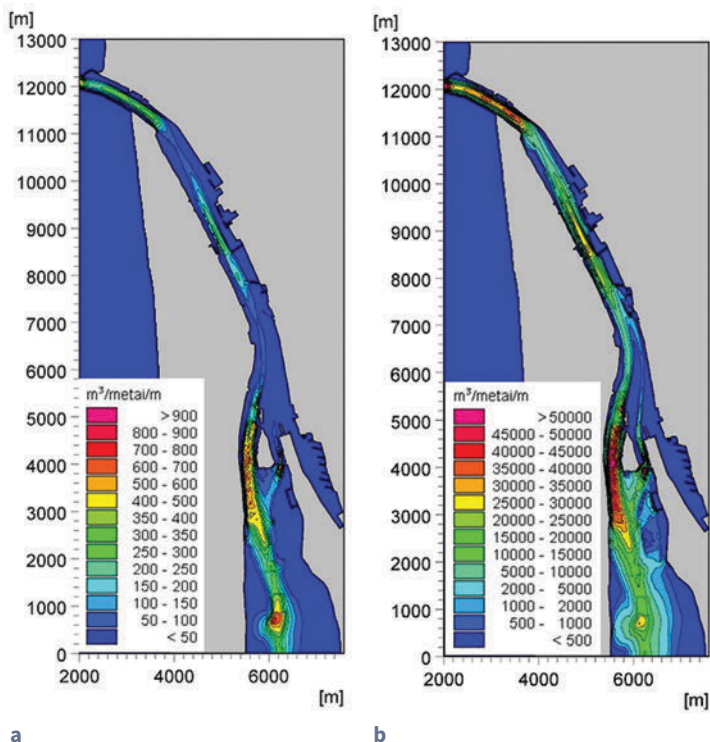
Velkamųjų nešmenų (smėlio) pernašos srautų modeliavimas yra atliktas tekant tėkmei iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ir iš Baltijos jūros į Kuršių marios. Nešmenų pasiskirstymą KS gerai rodo vienietinis nešmenų debitas ($\text{m}^3/\text{metai}/\text{m}$).



7 pav. Klaipėdos sąsiaurio batimetrija ir nešmenų modelio skaičiuojamieji pjūviai

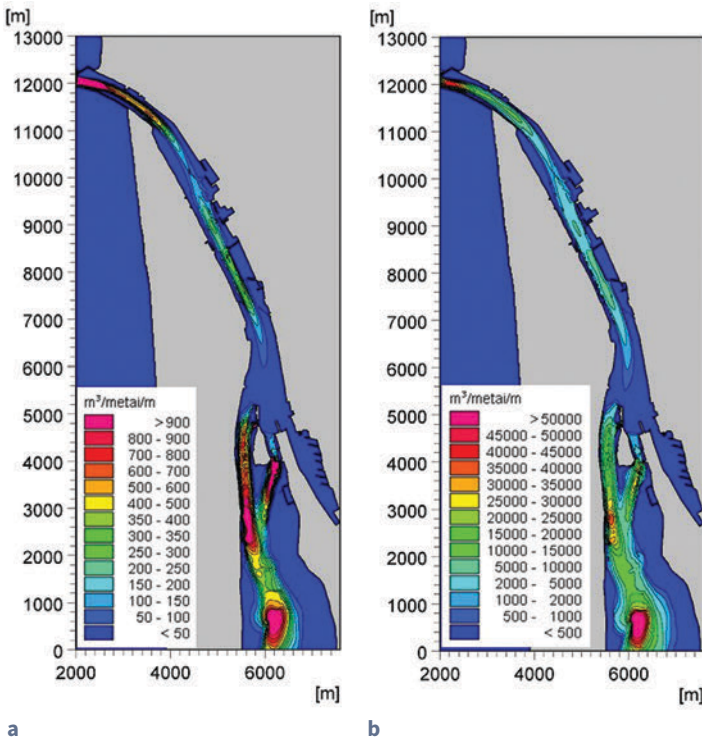
Tekant tėkmei į Baltijos jūrą sumodeliuoti nešmenų vienetiniai debitai, kai sąsiauriu teka 870, 1 140, 1 620, 2 720 ir 4 240 m^3/s vandens debitai. Tekant tėkmei į Kuršių marias modeliavimas atliktas sąsiauriu tekant 1 720 ir 3 110 m^3/s debitams. Vienetinio nešmenų debito pasiskirstymas apskaičiuotas pagal dabartinę sąsiaurio būklę, kai uosto akvatorija yra pagilinta iki 14 m.

Išsamiau paanalizuosime vienetinio nešmenų debito pasiskirstymą tekant sąsiauriu įvairiems debitams. Kai tėkmė KS teka iš Kuršių marių į Baltijos jūrą (8 pav.), didžiausi vienetiniai nešmenų debitai nustatyti vakarinėje sąsiaurio protakoje ties Kiaulės Nugara ir 1 kilometro ruože nuo Kiaulės Nugaros salos į šiaurės bei pietų puses. Kai tėkmė sąsiauriu teka iš Baltijos jūros į Kuršių marias (9 pav.), didžiausi vienetiniai nešmenų debitai bus uosto vartų akvatorijoje, vakarinėje sąsiaurio protakoje ties Kiaulės Nugaros sala ir 2 kilometrų ruože nuo Kiaulės Nugaros salos į pietų pusę.



8 pav. Smėlio pernašos vienetinis debitas Klaipėdos sąsiauryje, kai tėkmė nukreipta į Baltijos jūrą: a) kai sąsiauriu teka 1620 m^3/s debitas, b) 4240 m^3/s debitas

Visų nagrinėjamų tėkmės debitų nešmenų srauto pobūdis yra panašus į tą pačią alternatyvą, tik skiriasi vienetinio debito reikšmės. Esant tėkmės debitui <700 m^3/s smėlio pernašos nešmenų srautas yra labai mažas, nes maži tėkmės greičiai sąsiauryje negali pernešti smėlio dalelių. Priklausomai nuo tėkmės debito, labai skiriasi nešmenų vienetinio debito reikšmės. Tekant 870 m^3/s debitui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą nešmenų vienetinis debitas kinta 0–157 $m^3/m/year$, atitinkamai tekant 1 140 m^3/s debitui – iki 580 $m^3/m/year$, 1 620 m^3/s – iki 3 300 $m^3/m/year$ (8 a pav.), 2 720 m^3/s – iki 39 630 $m^3/m/year$ ir 4 240 m^3/s – iki 277 700 $m^3/m/year$ (8 b pav.). Didėjant tėkmės debitui vienetinis nešmenų debitas didėja labai reikšmingai. Tekant 1 720 m^3/s debitui iš Baltijos jūros į Kuršių marias nešmenų vienetinis debitas kinta iki

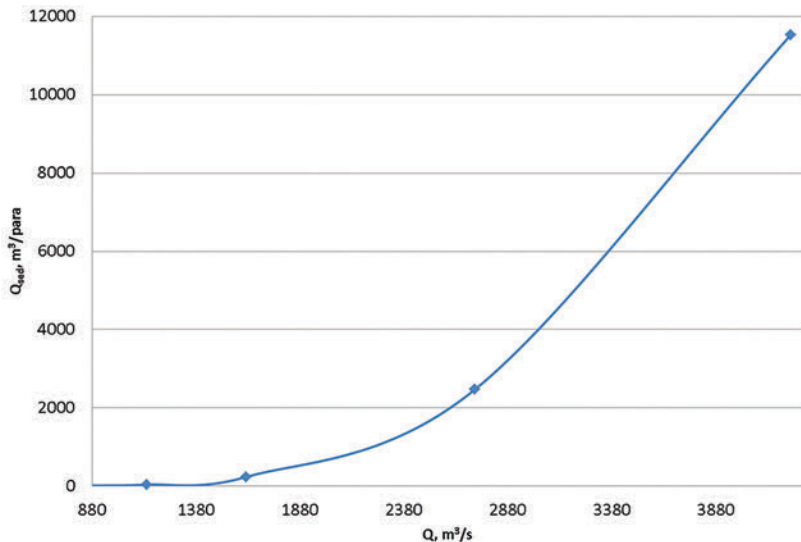


9 pav. Smėlio pernašos vienetinis debitas Klaipėdos sąsiauryje, kai tėkmė nukreipta į Kuršių marias: a) kai sąsiauriu teka 1720 m³/s debitas, b) 3110 m³/s debitas

2 200 m³/metai/m (9 a pav.), atitinkamai 3 110 m³/s debitui – iki 56 360 m³/metai/m (9 b pav.).

Nešmenų debito priklausomybė nuo tėkmės debito Klaipėdos sąsiauryje, kai tėkmė nukreipta į Baltijos jūrą, pateikta 10 paveiksle.

Skaičiuojant suspensijų (dumblo) pasiskirstymą Klaipėdos sąsiauryje ir šiaurinėje Kuršių marių dalyje būtina apibrėžti pradinę suspensijų koncentraciją kraštiniame akvatorijos pjūvyje, kuriame tėkmė įteka į modeliuojamą vandens telkinio teritoriją (7 pav., šiaurinė Kuršių marių dalis). Daugiausia drumsto vandens į Kuršių marias patenka iš Nemuno upės. Pagal daugiamečius stebėjimus Nemune ties Smalininkais nustatyta, kad vidutinė daugiamečių suspensijų koncentracija (vandens drumstumas) yra 39 g/m³, pavasarį – 44 g/m³,



10 pav. Nešmenų debito priklausomybė nuo sąsiaurio tėkmės debito Klaipėdos sąsiauryje, kai tėkmė nukreipta į Baltijos jūrą

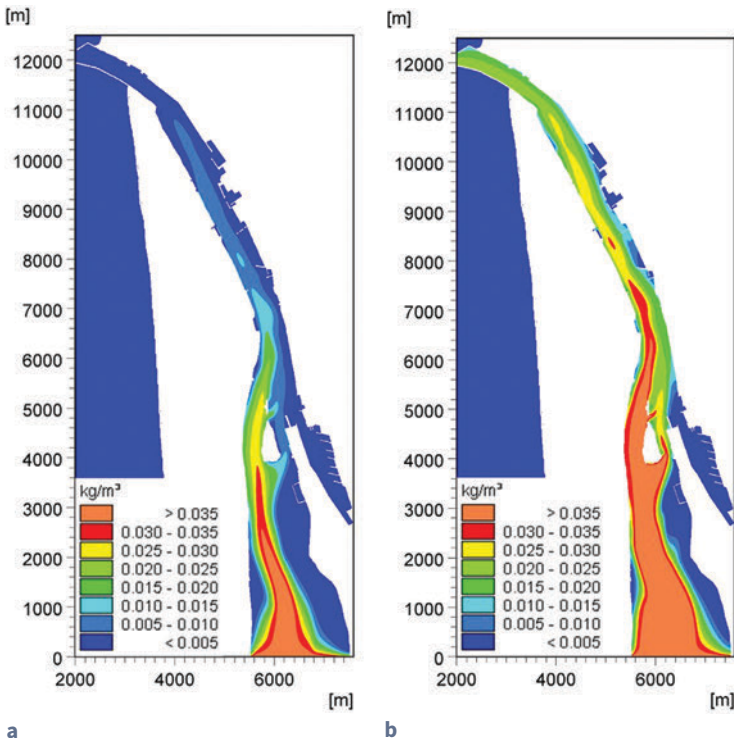
vasarą ir rudenį – 27 g/m^3 , žiemą – 19 g/m^3 . Todėl skandinavių nešmenų modeliavimas buvo atliktas esant $0,02$ ir $0,04 \text{ kg/m}^3$ pradinėms koncentracijoms.

Suspensijų srautų modeliavimas atliktas MT modeliu tekant tėkmei iš Kuršių marių į Baltijos jūrą, nes iš jūros į sąsiaurį daugiausia patenka velkamieji nešmenys (smėlis). Dumblo ir dumblo–smulkaus smėlio pasiskirstymas KS priklauso nuo suspensijų koncentracijos (kg/m^3) pradiniame modeliuojamo tinkelio pjūvyje. Remiantis daugiamečiais drumstumo stebėjimais, suspensijų pasiskirstymas (kg/m^3) sumodeliuotas dviem pradinių koncentracijų variantams: $0,02$ ir $0,04 \text{ kg/m}^3$, kai sąsiauriu teka 620 , 880 , $1\,140$, $1\,620$ ir $2\,720 \text{ m}^3/\text{s}$ vandens debitai.

Tekant nedideliame $620 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui ir esant pradinei koncentracijai $C_{\text{pr}} = 0,04 \text{ kg/m}^3$ tėkmės greičiai sąsiauryje prie Kiaulės Nugaros salos yra labai maži (iki $0,2 \text{ m/s}$), todėl dumblo dalelės susikaupia šiaurinėje marių dalyje, o drumstumo koncentracija Klaipėdos sąsiauryje labai sumažėja: nuo $0,04 \text{ kg/m}^3$ šiaurinėje marių dalyje (ties kraštine modelio sąlyga) iki $0,00003 \text{ kg/m}^3$ 01–02 pjūvyje (žr. 7 pav.) ties šiauriniais jūrų uosto molais. Sumažėjusi drumstumo koncentracija už Kiaulės Nugaros salos reiškia, kad šioje akvatorijoje susikaups dumblo.

Tekant $880 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui ir esant $C_{pr} = 0,04 \text{ kg/m}^3$ tėkmės greičiai sąsiauryje padidėja iki $0,3 \text{ m/s}$, o drumstumo koncentracija keičiasi nuo $0,04 \text{ kg/m}^3$ šiaurinėje marių dalyje iki $0,0028 \text{ kg/m}^3$ 01–02 pjūvyje (11 a pav.). Tekant $1\,140 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui ir esant $C_{pr} = 0,04 \text{ kg/m}^3$ tėkmės greičiai sąsiauryje padidėja iki $0,4 \text{ m/s}$, o drumstumo koncentracija keičiasi nuo $0,04 \text{ kg/m}^3$ šiaurinėje marių dalyje iki $0,0082 \text{ kg/m}^3$ 01–02 pjūvyje. Esant tėkmės greičiams didesniems negu $0,3 \text{ m/s}$ jau gali vykti vandens telkinio dugno erozija.

Dar didesni drumstumo koncentracijų skirtumai bus tarp šiaurinės marių dalies ir 01–02 pjūvių KS tekant didesniems vandens debitams iš Kuršių marių į Baltijos jūrą. Tekant $1\,620 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui ir esant $C_{pr} = 0,04 \text{ kg/m}^3$ drumstumo koncentracija keičiasi nuo $0,04 \text{ kg/m}^3$ šiaurinėje marių dalyje iki $0,019 \text{ kg/m}^3$ 01–02 pjūvyje (11 b pav.), o tekant $2\,720 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui drumstumo koncentracija



11 pav. Drumstumo (kg/m^3) pasiskirstymas Klaipėdos sąsiauryje ir šiaurinėje Kuršių marių dalyje, kai sąsiauriu teka $880 \text{ m}^3/\text{s}$ (a) ir $1620 \text{ m}^3/\text{s}$ (b) debitai iš Kuršių marių į Baltijos jūrą (pradinė drumstumo koncentracija yra $0,04 \text{ kg/m}^3$)

keičiasi nuo $0,04 \text{ kg/m}^3$ šiaurinėje marių dalyje iki $0,03 \text{ kg/m}^3$ 01–02 pjūvyje. Didelio drumstumo vanduo tekės Klaipėdos sąsiauriu ir pateks į Baltijos jūrą.

Esant pradinei drumstumo koncentracijai $C_{pr} = 0,02 \text{ kg/m}^3$ drumstumo pasiskirstymo tendencijos sąsiauryje yra tos pačios, kaip ir esant $C_{pr} = 0,04 \text{ kg/m}^3$, tik dvigubai sumažėja drumstumo koncentracijos sąsiauryje ir atitinkamai 01–02 pjūviuose. Pvz., tekant $1\,140 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui drumstumo koncentracija keičiasi nuo $0,02$ iki $0,0041 \text{ kg/m}^3$ 01–02 pjūvyje.

Tekant $880 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui ir esant $C_{pr} = 0,04 \text{ kg/m}^3$ daugiau dumblo susikaups vakarinėje Kiaulės Nugaros salos protakoje (iki $300 \text{ g/m}^2/\text{para}$). Tekant $1\,140 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui ir esant $C_{pr} = 0,04 \text{ kg/m}^3$ dumblo akumuliacija nevyks vakarinėje Kiaulės Nugaros salos protakoje, tačiau nešmenys kaupsis už SGD importo terminalo laivo į dešinę pusę sąsiaurio kranto link. Tekant $1\,620 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui ir esant $C_{pr} = 0,04 \text{ kg/m}^3$ KS farvateryje dumbblas kaupsis už SGD terminalo laivo į dešinę pusę sąsiaurio kranto link. Dar labiau ši tendencija sustiprės tekant $2\,720 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui. Nešmenys kaupsis tik arti kranto, o didelio drumstumo vanduo tekės į Baltijos jūrą. Tokie patys dėsningumai galioja ir esant pradinei drumstumo koncentracijai $C_{pr} = 0,02 \text{ kg/m}^3$, tik susikaupusių nešmenų kiekiai bus dvigubai mažesni.

Apibendrinus skendinčiųjų ir velkamųjų nešmenų procesus, vykstančius Klaipėdos sąsiauryje, galima sudaryti bendrą nešmenų balansą įvairaus vandeningojo metalo. Toks balansas yra būtinas vystant bet kokią ūkinę veiklą Klaipėdos uosto akvatorijoje.

5. Klaipėdos uosto plėtros ir gamtinių veiksnių įtaka Kuršių marių vandens balanso elementams

Kuršių marios ir Kuršių nerija pradėjo formuotis Litorinos jūros stadijos metu, holocene, maždaug prieš $5\,000$ metų (Kabailienė ir kt., 2009). Kuršių marios yra didžiausias gėlo vandens telkinys Lietuvoje ir didžiausia Baltijos jūros lagūna, esanti šios jūros pietryčiuose. Marių plotas yra $1\,584 \text{ km}^2$, iš kurių Lietuvai priklauso 413 km^2 šiaurinės marių dalies (Kuršių marios, 1978). Nuo Baltijos jūros marios atskirtos siaurute nerija, kurios plotis yra $0,4\text{--}3,8 \text{ km}$, o vandens apykaita su Baltijos jūra vyksta tik per Klaipėdos sąsiaurį. Nepaisant to, kad marių plotas yra didelis, tačiau tai yra sekliavandenė lagūna, kurios vidutinis gylis siekia $3,8 \text{ m}$, didžiausias natūralus gylis – $5,8 \text{ m}$, kranto linijos ilgis – 324 km . Marių vandens tūris yra $6,22 \text{ km}^3$, o vanduo atsinaujina $4,5$ karto per metus arba kas 81 dieną (Gailiūšis ir kt., 2001). Šiauriausioje marių dalyje esančiame Klaipėdos sąsiauryje didžiausi gyliai dėl uosto gilnimo

šiuo metu siekia 14,5 m. Būtent šioje vietoje marios patiria didžiausią antropogeninį poveikį dėl intensyviai plėtojamo Klaipėdos valstybinio jūrų uosto veiklos (KVJU).

Palyginti su Pasauliniu vandenynu, kurio vidutinis druskingumas yra 35 ‰, Kuršių marios yra mažai druskingas vandens telkinys (Žaromskis, 1996). 2002–2010 m. duomenimis, didžiausias druskingumas Kuršių mariose stebimas ties Klaipėda, kur maišosi marių ir Baltijos jūros vanduo – iki 2,5 ‰. Piečiau druskingumas mažėja ir ties Juodkrante siekia 1,2 ‰, ties Nida – 0,08 ‰, ties Vente – 0,07 ‰ (Aplinkos būklė, 2010). Pagal 1984–2004 m. duomenis, druskingumas ties Nida buvo 0,08 ‰, ties Vente – 0,06 ‰, ties Juodkrante – 1,21 ‰ ir ties Klaipėda – 2,62 ‰ (Dailidienė, Davulienė, 2008). Didžiausias druskingumas yra rudenį, o mažiausias – pavasarį. Pagal įvairius autorius, druskingumo duomenys nedaug skiriasi vieni nuo kitų, todėl galima teigti, kad Kuršių marių druskingumas kinta minėtose ribose.

Dėl biologinio savitumo ir unikalumo daugelis gėlo vandens telkinių yra saugomos teritorijos. Todėl ir Kuršių marios paskelbtos tarptautinės gamtosauginės vertės teritorija. Nemuno deltoje yra įkurtas Nemuno deltos regioninis parkas, kurį Lietuva įsipareigojo saugoti pagal Ramsaro konvenciją (*Ramsar List*). Kuršių marios atitinka Bonos konvencijos reikalavimus ir yra viena vertingiausių ir svarbiausių teritorijų paukščiams Lietuvoje (*The Ministry of the Environment...*, 2009). Ventės rago 1929 m. prof. T. Ivanausko iniciatyva įkurta ornitologijos stotis, kurioje nuo žiedavimo pradžios jau sužieduota 1,6 mln. paukščių. Kuršių nerija įtraukta į UNESCO Pasaulio paveldo sąrašą (*The World Heritage List*).

Kuršių marios turi svarbią reikšmę Lietuvai ne tik kaip vandens kelias, bet ir kaip rekreacijos zona ir žvejybos rajonas. Kartu tai yra unikalus vandens telkinys, turintis savitą gyvūnijos ir augalijos pasaulį. Marios nuo seno laikomos žuvingu baseinu. Jose nuolat arba laikinai gyvena apie 50 žuvų rūšių, tokių kaip karšis, lynas, ešeris, ožka, lydeka, unguris, žiobris, stinta ir daugelis kitų (Virbickas, 2000).

Nemuno baseinas užima apie 98 % marių baseino ploto (100 500 km²). Bet kurie pakitimai Nemuno baseine anksčiau ar vėliau persiduoda marioms. Šį ryšį patvirtina atliktų tyrimų rezultatai. Mat įrengus tvenkinius Nemuno baseine ir nudrenavus dalį Neries nuotėkio į kitą baseiną, per pavasarinį potvynių (balandžio mėn.) iki 18 % sumažėjo gėlo vandens prietaka į Kuršių marias (Kriaučiūnienė, 1998). Atsižvelgiant į tai, Kuršių marių vandens balansas turi būti analizuojamas lygiagrečiai su Nemuno hidrologiniu režimu.

Vandens telkinių, šiuo atveju Kuršių marių, hidrologinį režimą veikia klimatas. Pastaruoju metu dažnai kalbama apie klimato kaitos įtaką fiziniams geografiniams veiksniams. Dėl to keičiasi upių nuotėkis, kyla pasaulinio vandenyno lygis. Visi šie pokyčiai pasireiškia kaip klimato kaitos padarinys. Kuršių marios taip pat patiria ir antropogeninį poveikį dėl Klaipėdos valstybinio jūrų uosto (KVJU), įsikūrusio sąsiauryje tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros, veiklos. Gilinant Klaipėdos uosto įplaukos kanalą keičiasi vandens apykaita tarp Baltijos jūros ir Kuršių marių, dėl to vis daugiau druskingo vandens pri-teka į sąlyginai gėlą vandens telkinį. Kyla klausimas, ar klimato kaita ir uosto veikla turi įtakos Kuršių marių hidrologiniam režimui? Į šį klausimą turėtų atsakyti daugiamečio Kurių marių vandens balanso elementų kaitos analizė (Jakimavičius, 2013).

Iki šiol buvo analizuota tik atskirų Kuršių marių vandens balanso elemen-tų, tokių kaip upių prietakos, vandens lygio ir klimatinų rodiklių kaita, bei atlikti įvairių laikotarpių vandens balansų skaičiavimai. Lietuvoje Kuršių marių balanso skaičiavimus pirmasis paskelbė E. Červinskas (Červinskas, 1956). Jis apskaičiavo vidutinį metinį Kuršių marių vandens balansą 1928–1939 m. laikotarpiui. Kuršių marių vandens balanso pajamas sudarė sausumos nuotėkis ($22,12 \text{ km}^3/\text{m.}$), jūros vandens prietaka ($1,93 \text{ km}^3/\text{m.}$) ir krituliai ($1,15 \text{ km}^3/\text{m.}$), o išlaidas sudarė išgaravimas ($0,68 \text{ km}^3/\text{m.}$) ir nuotėkis į jūrą ($24,52 \text{ km}^3/\text{m.}$). E. Červinskas Kuršių marių vandens balanso skaičiavimus atliko metiniais intervalais, todėl nėra galimybės analizuoti vandens balanso komponentų sezoninės kaitos. Vėliau J. Dubra kartu su E. Červinsku paskelbė 1950–1963 m. laikotarpio Kuršių marių vandens balansą (Dubra, Červinskas, 1968). Apskaičiuota upių prietaka buvo $23,836 \text{ km}^3$ per metus, metinis kritulių kiekis į marias – $1,055 \text{ km}^3$ (apie 655 mm), metinis išgaravimas – $0,513 \text{ km}^3$ (apie 319 mm). Tikriausiai dėl duomenų stokos autoriai neišnagrinėjo apykaitos tarp Baltijos jūros ir Kuršių marių.

1978 m. J. Dubra pateikė Kuršių marių vandens balansą 1959–1968 m. laikotarpiui (Kuršių marios, 1978). Jis sudarė regresijos lygtis, pagal kurias, turint Nemuno nuotėkį ties Smalininkais, galima apskaičiuoti suminę upių prietaką atskirais mėnesiais bei per metus. Suskaičiuoto 1959–1968 m. lai-kotarpio Kuršių marių vandens balanso pajamas sudarė $27,31 \text{ km}^3/\text{m.}$ (upių prietaka – $20,81 \text{ km}^3/\text{m.}$, prietaka iš jūros – $5,06 \text{ km}^3/\text{m.}$, krituliai – $1,27 \text{ km}^3/\text{m.}$, vandens lygių prieaugis – $0,04 \text{ km}^3/\text{m.}$, požeminis nuotėkis – $0,13 \text{ km}^3/\text{m.}$), o vidutinės metinės išlaidas – $27,45 \text{ km}^3/\text{m.}$ (nuotėkis į jūrą – $26,52 \text{ km}^3/\text{m.}$ ir išgaravimas – $0,93 \text{ km}^3/\text{m.}$). Balanso nedermė – $0,15 \text{ km}^3/\text{m.}$ Tai buvo pirmasis

gana detalus vandens balanso skaičiavimas, kuriuo kiekvienas elementas yra apskaičiuotas remiantis tiesioginių matavimų duomenimis.

B. Gailiūšis su Lietuvos energetikos instituto bendradarbiais suskaičiavo 1955–1988 m. laikotarpio Kuršių marių vandens balansą (Gailiūšis ir kt., 2001). Visi balanso elementai apskaičiuoti naudojant tiesioginių matavimų duomenis, o tai darbui suteikia matematinio tikslumo. Prietakos ir tūrio pokyčio skaičiavimais autoriai nustatė, kad per tirtą laikotarpį vidutinė metinė prietaka iš jūros į marias buvo $5,54 \text{ km}^3$, o nuotėkis iš marių į jūrą – $27,68 \text{ km}^3$. Vidutinis metinis tirtu laikotarpio kritulių kiekis buvo $1,29 \text{ km}^3$, išgaravimas – $1,10 \text{ km}^3$. Šiame darbe vandens apykaita tarp jūros ir marių yra apskaičiuota paros intervalu bei pirmą kartą užsiminta apie stiprų antropogeninį poveikį marių hidrologiniam režimui, kuris pasireiškė dėl uosto įplaukos kanalo gilinimo. Savo iškeltai prielaidai įrodyti autoriai palygino debitus iš Baltijos jūros į marias prieš farvaterio gilinimo darbus ir po jų. Gauti rezultatai parodė, kad po gilinimo darbų (1981–1982 m.) prietaka iš jūros į marias padidėjo iki 26 %. Dėl padidėjusios druskingo jūros vandens prietakos gali iš dalies keistis (ir jau keičiasi) marių hidrologinis, biologinis ir hidrocheminis režimai. Todėl labai sunku nustatyti, kur yra antropogeninės veiklos pasekmės, o kur – natūralūs pasikeitimai, vykstantys dėl gamtos pokyčių.

Aprašyti vandens balanso skaičiavimai apima įvairius laikotarpius ir yra atlikti pagal skirtingas metodikas. Norint įvertinti pastarųjų dešimtmečių klimato pokyčių ir Klaipėdos uosto plėtros įtaką Kuršių marių hidrologiniam režimui apskaičiuotas ilgiausio laikotarpio (1960–2009 m.) Kuršių marių vandens balansas (Jakimavičius, 2013; Jakimavičius, Kovalenkoviėnė, 2010; Jakimavičius, Kriaučiūnienė, 2013). Šiuose darbuose patikslinta Kuršių marių balanso skaičiavimo metodika, pagal kurią upių prietaka skaičiuota paros tikslumu, sumuojant Nemuno ties Smalininkais ir žemiau įtekančių upių paros debitus. Tai yra nauja, nes anksčiau upių prietaka į Kuršių marias buvo skaičiuojama pagal Nemuno debito ties Smalininkais ryšį su Nemuno debitu ties žiotimis, neįvertinant Vakarų Lietuvos upių hidrologinio režimo.

1960–2009 m. Kuršių marių vandens balansas skaičiuotas pagal schemą (12 pav.). Vadovaujantis šia schema, įvertinamos pajamos (upių prietaka, prietaka iš Baltijos jūros į Kuršių marias ir krituliai) bei išlaidos (nuotėkis iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ir išgaravimas). Skaičiuojant vandens balansą kiekvieną balanso elementą reikia apskaičiuoti atskirai, naudojant vykdytų stebėjimų duomenis. Kuršių marių vandens balansą aprašome lygtimi (Gailiūšis ir kt., 2001):

$$(Q_U + P - Z) + (Q_J - Q_M) = \Delta V \quad (3),$$

kur Q_U – upių prietaka į Kuršių marias, km^3 ,

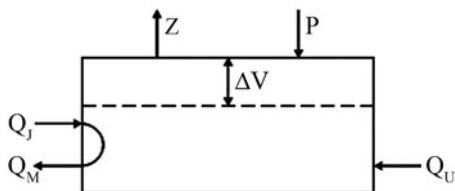
P – krituliai ant Kuršių marių paviršiaus, km^3 ,

Z – išgaravimas iš Kuršių marių, km^3 ,

Q_J – vandens prietaka iš Baltijos jūros į Kuršių marias, km^3 ,

Q_M – vandens nuotėkis iš Kuršių marių į Baltijos jūrą, km^3 ,

ΔV – Kuršių marių tūrio pokytis, km^3 .



12 pav. Kuršių marių vandens balanso principinė schema (čia: Q_U – upių prietaka į Kuršių marias, km^3 , P – krituliai ant Kuršių marių paviršiaus, km^3 , Z – išgaravimas iš Kuršių marių, km^3 , Q_J – prietaka iš Baltijos jūros į Kuršių marias, km^3 , Q_M – nuotėkis iš Kuršių marių į Baltijos jūrą, km^3 , ΔV – Kuršių marių tūrio pokytis, km^3)

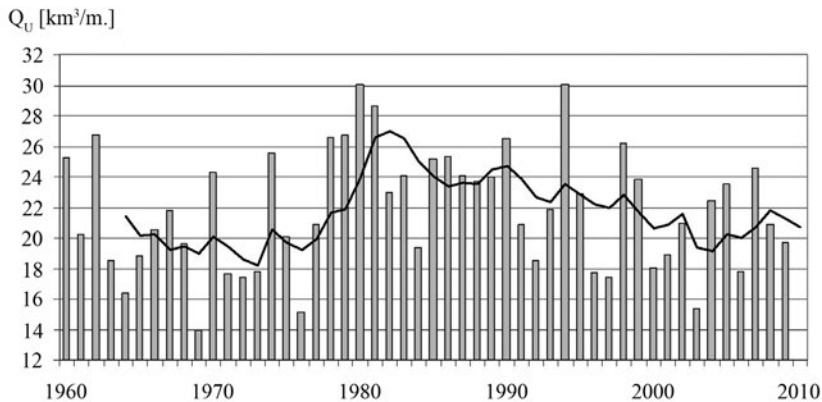
1960–2009 m. laikotarpio Kuršių marių vandens balansas yra pateiktas 1 lentelėje (Jakimavičius, 2013).

Upių prietaka sudaro didžiąją Kuršių marių vandens balanso pajamų dalį, todėl labai svarbu ją tiksliai įvertinti. 1960–2009 m. laikotarpio upių prietaka apskaičiuota paros intervalu naudojant tiesioginių matavimų duomenis ir taikant analogijos metodus. Minėto laikotarpio vidutinė metinė upių prietaka yra $21,784 \text{ km}^3/\text{m.}$, kito nuo $13,967 \text{ km}^3/\text{m.}$ (1969 m.) iki $30,041 \text{ km}^3/\text{m.}$ (1980 m.) (13 pav.).

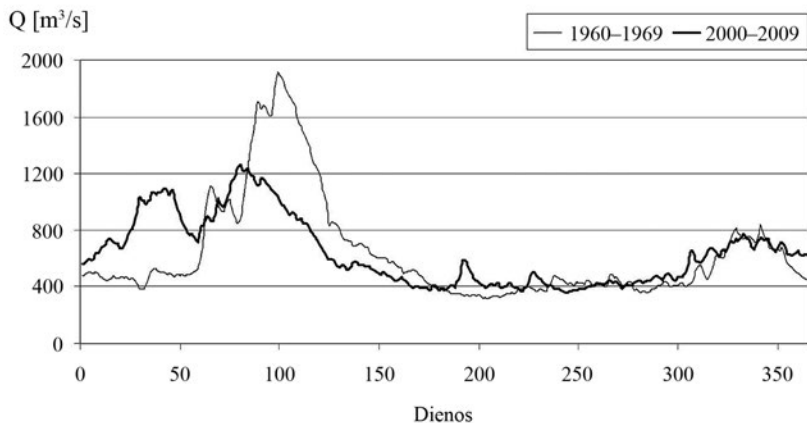
Nustatytas sezoninio suminio upių nuotėkio pasiskirstymas skaičiuojamojo periodo pradžioje ir pabaigoje. Didžiausi pokyčiai įvyko pasiskirstant žiemos ir pavasario nuotėkiams: 1960–1969 m. laikotarpiu skirtumas tarp pavasario ir žiemos siekė $24,2 \%$ (žiemą $20,5 \%$, pavasarį $44,7 \%$), o 2000–2009 m. laikotarpiu – jau tik $3,3 \%$ (žiemą $30,1 \%$, pavasarį $33,4 \%$). Toks daugiamečio suminio upių nuotėkio į Kuršių marias pasiskirstymo pokytis leidžia daryti prielaidą, kad pavasario potvyniai ankstėja, maksimalūs debitai fiksuojami vis anksčiau ir jų reikšmės mažėja. Tai patvirtina palyginta vidutinė daugiamečių suminė upių prietaka į marias 1960–1969 m. ir 2000–2009 m. laikotarpiais (14 pav.).

1 lentelė. Kuršių marių vandens balansas 1960–2009 m. laikotarpiu (km³)

Balanso elementai	Mėnesiai											Per metus
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Upių prietaka (Q_u)	1,937	1,778	2,816	3,580	1,848	1,225	1,141	1,131	1,123	1,418	1,831	1,955
Prietaka iš jūros į marias (Q_j)	0,485	0,322	0,288	0,235	0,327	0,478	0,510	0,550	0,666	0,778	0,899	0,634
Krituliai (P)	0,088	0,062	0,066	0,059	0,066	0,094	0,120	0,135	0,129	0,140	0,133	0,107
Pajamos	2,509	2,162	3,170	3,874	2,241	1,797	1,771	1,817	1,919	2,335	2,863	2,696
Nuotėkis iš marių į jūrą (Q_M)	2,425	2,272	2,984	3,932	2,299	1,524	1,537	1,668	1,748	2,159	2,524	2,557
Išgaravimas (Z)	0,023	0,020	0,031	0,055	0,115	0,155	0,174	0,163	0,119	0,073	0,047	0,032
Išlaidos	2,448	2,292	3,015	3,988	2,415	1,679	1,711	1,830	1,867	2,225	2,589	2,589
Tūrio pokytis	0,001	-0,010	-0,050	0,031	0,078	0,023	-0,033	-0,015	-0,023	0,025	-0,046	0,056
Nedėmė	0,061	-0,121	0,206	-0,144	-0,252	0,095	0,092	0,001	0,075	0,085	0,320	0,051



13 pav. Upių prietaka į Kuršių marias 1960–2009 m. laikotarpiu (Jakimavičius, 2013)

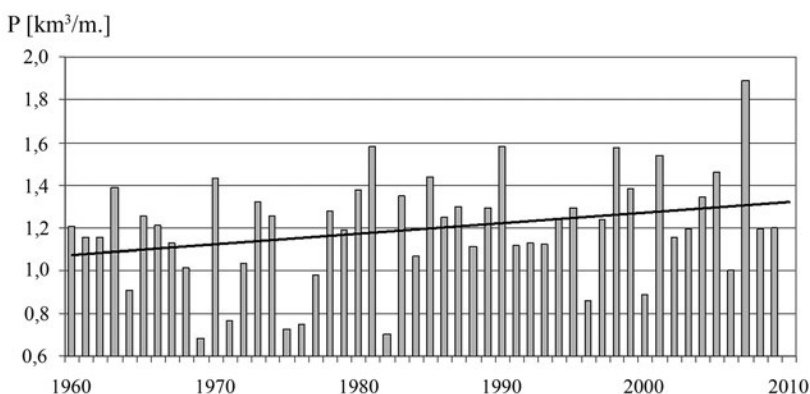


14 pav. 1960–1969 m. bei 2000–2009 m. laikotarpių vidutinė suminė upių prietaka į Kuršių marias (Jakimavičius, 2013)

Apskaičiuojant kritulius ir išgaravimą marių plotas vertintas kaip kintamas parametras, priklausantis nuo marių vandens lygio, kuris tiriamu atveju yra lygus vandens lygiui, išmatuotam Juodkrantėje. Išanalizavus 1960–2009 m. laikotarpio Juodkrantės vandens lygio duomenis, nustatyta, kad marių vandens lygis kyla. Šią išvadą patvirtina ir kitų mokslininkų atlikti tyrimai, pasak kurių, vandens lygis mariose kyla vidutiniškai 0,3 cm per metus, o lyginant

1960–1975 m. ir 1991–2005 m. laikotarpius, ties Juodkrantėje jis pakilo apie 8 cm (Dailidienė, 2007).

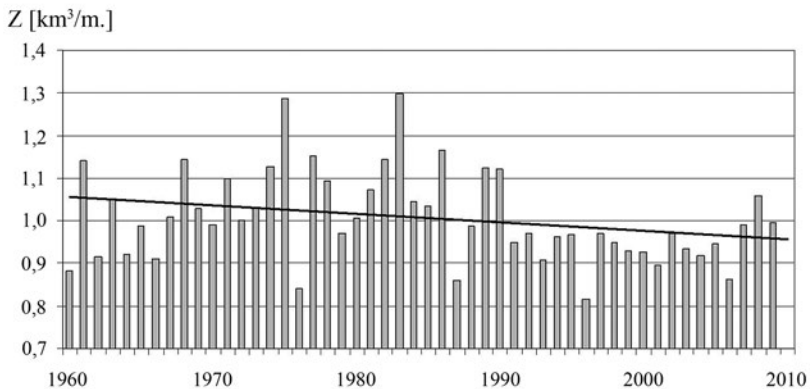
Krituliai per 1960–2009 m. laikotarpį kito gana netolygiai. Nustatyta, kad jų kiekis per 1960–2009 m. laikotarpį šiek tiek didėjo (15 pav.). Išanalizavus sezonų daugiamečių kritulių pasiskirstymą, nustatyta, kad lyginant 1960–1969 m. ir 2000–2009 m. laikotarpius žiemos sezono kritulių kiekis padidėjo 2,3 %, o pavasario sezono – sumažėjo 2,7 %. Tai yra svarbu kalbant ne tik apie pačius kritulius, bet ir apie metinį upių nuotėkį, nes krituliai yra vienas pagrindinių jį formuojančių veiksnių.



15 pav. Kritulių kiekis ant Kuršių marių vandens paviršiaus 1960–2009 m. laikotarpiu (Jakimavičius, 2013)

1960–2009 m. laikotarpio vidutinis išgaravimas yra $1,007 \text{ km}^3/\text{m.}$, kito nuo $0,815 \text{ km}^3/\text{m.}$ (1996 m.) iki $1,293 \text{ km}^3/\text{m.}$ (1983 m.) (16 pav.). Per vasarą išgaruoja vidutiniškai $0,492 \text{ km}^3$ (49 % metinio kiekio), rudenį $0,240 \text{ km}^3$ (23,9 % metinio kiekio), pavasarį $0,199 \text{ km}^3$ (19,8 % metinio kiekio) ir žiemą tik $0,074 \text{ km}^3$ (7,4 % metinio kiekio).

Apskaičiuota vandens apykaita tarp Baltijos jūros ir Kuršių marių. Nustatyta, kad 1960–2009 m. laikotarpiu vidutinis daugiametis nuotėkis iš Kuršių marių į Baltijos jūrą (Q_M) buvo $27,642 \text{ km}^3/\text{m.}$ Vidutinė daugiameetė prietaka iš Baltijos jūros į Kuršių marias (Q_J) buvo $6,171 \text{ km}^3/\text{m.}$ Gilinant Klaipėdos uosto įplaukos kanalą keitėsi jo pralaidumas. Todėl buvo aktualu sužinoti, kaip tiriamuoju laikotarpiu keitėsi Q_M bei Q_J ir ar jų kaita yra susijusi ne tik su įplaukos kanalo gilinimu, bet ir su gamtiniais pokyčiais, t. y. klimato kaita.

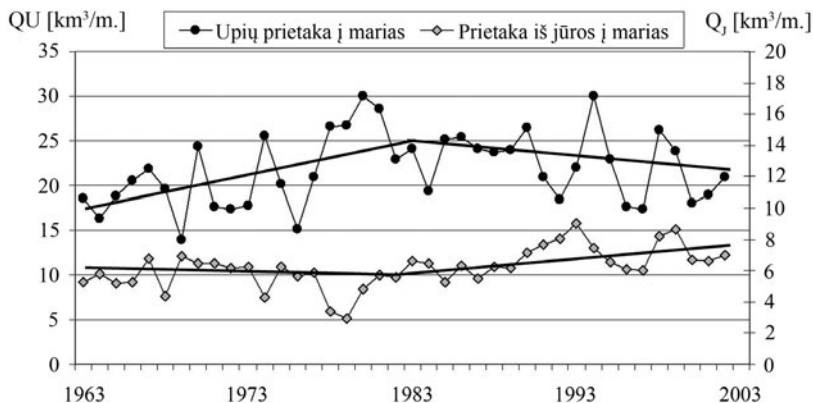


16 pav. Išgaravimas iš Kuršių marių 1960–2009 m. laikotarpiu (Jakimavičius, 2013)

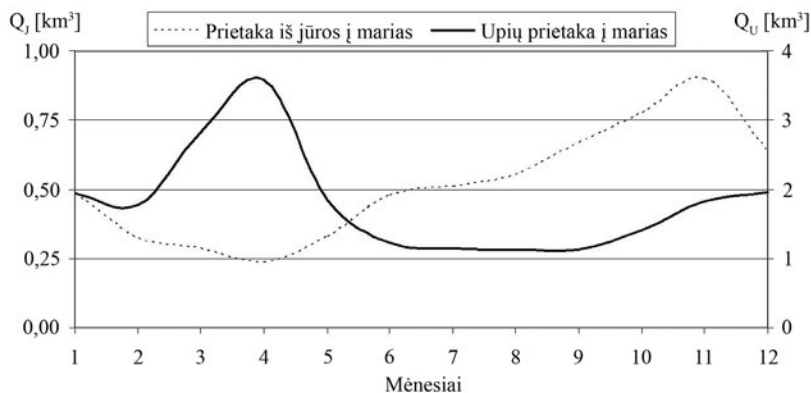
Analizuojant prietaką iš Baltijos jūros į Kuršių marias palyginti du vienodi laikotarpiai (1963–1982 m. ir 1983–2002 m.) (17 pav.). Atskaitos tašku pasirinkti 1981–1982 m., kai prasidėjo Klaipėdos uosto gilinimas. Šių laikotarpių upių prietaka yra atitinkamai 21,169 km³/m. (1963–1982 m.) ir 22,468 km³/m. (1983–2002 m.), t. y. skiriasi tik 5,8 %.

Gauti rezultatai parodė, kad 1963–1982 m. laikotarpio prietaka iš jūros į marias buvo 20,6% mažesnė nei 1983–2002 m. laikotarpio. Tokio prietakos pokyčio negalėjo nulėmti vien uosto gilinimas, nes įplaukos kanalo pralaidumas padidintas tik 10 %. Remiantis tyrimais, Klaipėdos uosto įplaukos kanalo pralaidumui padidėjus 30 %, vandens prietaka iš jūros padidėtų tik iki 16,7 % (Jurgelėnaitė, Šarauskienė, 2007). Svarbus veiksnys, nulėmiantis prietakos padidėjimą, yra Baltijos jūros ir Kuršių marių vandens lygių skirtumas. Baltijos jūros lygio kaita yra veikiamą globalios klimato kaitos, o Kuršių marių vandens lygiui įtakos turi vietiniai antropogeniniai veiksniai, tokie kaip uosto įplaukos kanalo gilinimas, upių nuotėkio permetimas iš Nemuno baseino į gretimus (Kriaučiūnienė, 1998). Esant didelei upių prietaikai į marias marių lygis pakyla, vanduo teka į Baltijos jūrą ir, priešingai, esant mažai upių prietaikai į marias marių lygis pradeda žemėti, vanduo teka iš jūros į marias (18 pav.).

Vandens, tekančio iš Baltijos jūros į Kuršių marias, kiekis taip pat priklauso nuo vėjo stiprumo ir krypties uosto vartų atžvilgiu. Nustatyta, kad didesnė kaip 1 000 m³/s prietaka iš Baltijos jūros į Kuršių marias 75 % atvejų buvo pučiant ŠV, V, PV vėjams, stipresniems kaip 5 m/s. Galima daryti prielaidą, kad prietakos



17 pav. Prietakos iš Baltijos jūros į Kuršių marias bei upių prietakos į marias kaita 1963–1982 m. ir 1983–2002 m. laikotarpiais (Jakimavičius, 2013)



18 pav. Prietakos iš Baltijos jūros į Kuršių marias bei suminės upių prietakos į Kuršių marias pasiskirstymas per metus 1960–2009 m. laikotarpiu (Jakimavičius, 2013)

iš Baltijos jūros į Kuršių marias pokyčius nulėmė gamtinių ir antropogeninių veiksmų kompleksas: Baltijos jūros vandens lygio kilimas, dėl antropogeninės veiklos bei klimato kaitos pasikeitęs upių hidrologinis režimas ir padidėjęs Klaipėdos uosto įplaukos kanalo pralaidumas.

6. Klaipėdos uosto plėtros galimybės ateityje, įvertinant hidrologinius aspektus

Didėjantys Klaipėdos uosto krovinių srautai, intensyvėjanti laivyba, didėjantis atplaukiančių laivų tonazas jau dabar įpareigoja realizuoti ilgalaikės uosto plėtros planus. 1999–2012 m. Klaipėdos uosto krovinių apyvarta išaugo daugiau nei dvigubai – nuo 15 mln. t iki 35,5 mln. t jūrinių krovinių. 2013 m. atlikti rekordinės vertės ir apimties Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo gilinimo ir platinimo darbai. Atlikus šiuos gilinimo darbus, uosto plotis padidėjo iki 150 m, o gylis – atitinkamai iki 14,5 m. Po šių gilinimo darbų padidėja didžiųjų laivų plaukimo ir manevravimo uoste saugumas, taip pat paties uosto konkurencingumas ir pralaidumas kaimyninių uostų atžvilgiu. Esant tokiems uosto laivybos kanalo parametrams, Klaipėdos uoste sudarytos sąlygos priimti didesnio ilgio ir pločio *PostPanamax* laivus, kurių ilgis siekia 300–310 m, o plotis – 40 m (<http://www.portofklaipeda.lt>).

Sparčiai didėjant krovinių srautams tikėtina, kad iki 2017 m. esamos uosto galimybės bus visiškai išnaudotos. Iškilus būtinybė statyti giliavandenį jūrų uostą, kurio gylis bus 17–18 m, o krovinių apyvarta per metus sieks 50 mln. t. Giliavandens uosto idėjos įgyvendinimas galėtų vykti pagal du scenarijus: uostas plėtojamas pietų kryptimi (gilinant Klaipėdos sąsiaurį ir statant naujas bei rekonstruojant senas krantines) ir šiaurės kryptimi (rekonstruojant įplaukos kanalą bei įrengiant krantines Baltijos priekrantėje).

Pirmieji uosto plėtros planai šiaurės kryptimi pradėti įgyvendinti jau nuo 2002 m., kai LR Vyriausybė pasirašė sutartį su Japonijos tarptautinio bendradarbiavimo agentūra (JICA) dėl Klaipėdos uosto plėtros galimybių studijos parengimo (<http://www.portofklaipeda.lt>). 2003–2004 m. JICA ekspertai atliko išsamią uosto plėtros galimybių studiją, kurioje visapusiškai įvertino viso regiono ir Klaipėdos uosto verslo aplinką, technologinius parametrus, gamtines sąlygas, pateikė galimus plėtros variantus, konstatuodami, kad uosto plėtra dabartinio uosto teritorijoje yra ribota. Atsižvelgdami į tuometinės miesto ir uosto plėtros tendencijas, JICA ekspertai pasiūlė 350 m nuo kranto, jūroje, šalia šiaurinio įplaukos kanalo molo (ties Melnragės gyvenvietėje), suformuoti dirbtinę (1,5 km ilgio, 0,7 km pločio) uosto salą su natūraliu 17,5 m gyliu.

2010–2011 m. Vokietijos įmonės *Inros Lackner AG* ekspertai atliko giliavandens uosto plėtros galimybių studiją, kurioje išnagrinėjo alternatyvias uosto išvystymo vietas, vertindami jas ekonominiais, socialiniais, techniniais,

finansiniais aspektais. Konsultantai išanalizavo ir pasiūlė tris plėtros alternatyvas: pirma, uosto plėtra (dirbtinės salos statyba) šiaurinėje Klaipėdos uosto dalyje ties Melnragės gyvenvietė (tuometinis JICA pasiūlymas); antra, uosto vystymas pietinėje ir šiaurinėje Klaipėdos uosto vietose; trečia, naujo uosto statyba Būtingėje.

Išorinio giliavandens uosto įrengimas reikalautų labai daug investicijų lėšų, todėl toliau buvo nagrinėjamos ir uosto plėtros galimybės pietų kryptimi. 2013–2014 m. UAB „Sweco Lietuva“ kartu su mokslo institucijomis parengė Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo maksimalaus gilinimo ir platinimo galimybių plėtros planą – apie siektiną 17 m gylį. 2014-07-18 Klaipėdos valstybinio jūrų uosto plėtojimo tarybos posėdyje aptarti Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo maksimalaus gilinimo bei platinimo galimybių parengto plėtros plano sprendiniai ir pasirinktas dalinės plėtros variantas.

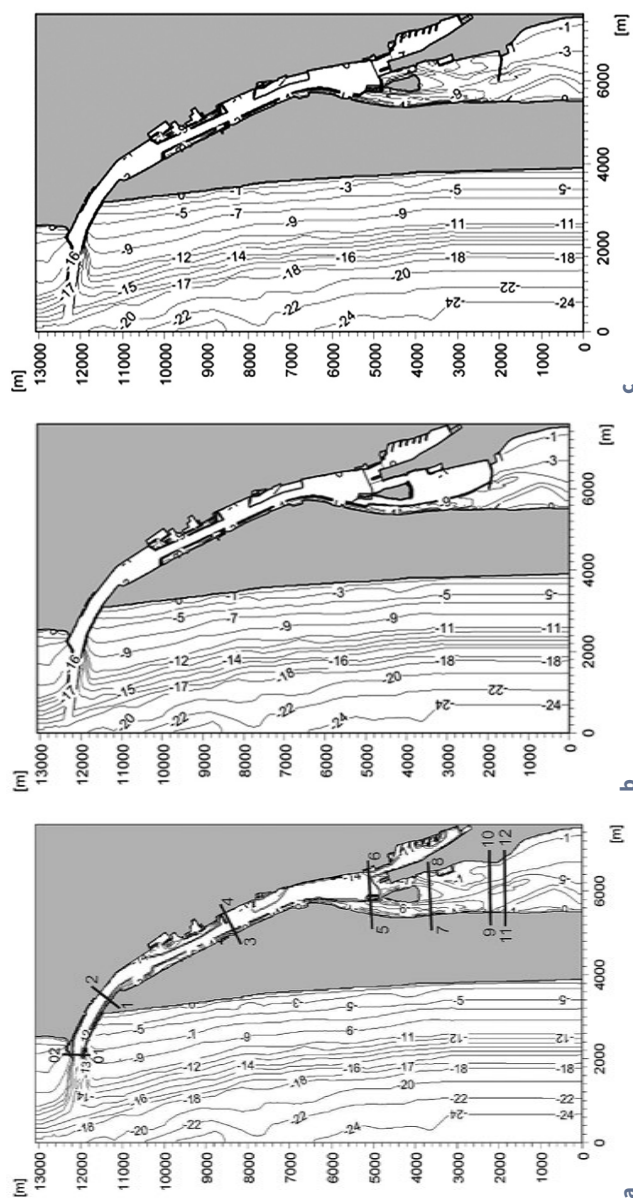
Plėtros plano sprendinių vertinimas, atsižvelgiant į hidrodinamines ir nešmenų pernašos sąlygas, yra atliktas projekte „Klaipėdos uosto laivybos kanalo maksimalaus gilinimo ir platinimo galimybių plėtros planas. Hidrodinaminių sąlygų ir nešmenų balanso pokyčių įvertinimas“ (užsakovas: UAB „Sweco Lietuva“; vykdytojas: LEI. 2013).

Tiriant Klaipėdos sąsiaurio hidrodinaminių procesų pokyčius dėl Klaipėdos uosto plėtros, nagrinėta daug alternatyvų. Šiame darbe tirtos šios pagrindinės alternatyvos:

1. Alternatyva 0 – dabartinė sąsiaurio būklė (uosto laivybos kanalas pagilintas iki 14,5 m ir paplatintas iki 150 m, Smeltės laivų apsisukimo vieta pagilinta iki 14,5 m, paruošta akvatorija, reikalinga SGD importo terminalo poreikiams) (19 a pav.).

2. Alternatyva 1 – maksimalios plėtros galimybės, įgyvendinus poveikį mažinančias aplinkosaugos priemones (visos akvatorijos gilinimas bei platinimas iki maksimalių parametrų ir molo-užtvaros įrengimas šiaurinėje Kuršių marių dalyje: įplaukos kanalo gylis – 17,5 m, laivybos kanalo gylis – 17 m ir plotis – 200 m, akvatorijos laivų apsisukimo baseinų vietose gylis – 17 m, akvatorijos už Kiaulės Nugaros salos gylis – 14 m, molo-užtvaros įrengimas šiaurinėje Kuršių marių dalyje) (19 b pav.).

3. Alternatyva 2 – dalinės plėtros galimybės, įgyvendinus poveikį mažinančias aplinkosaugos priemones (pasirinktuose akvatorijos sektoriuose gilinimas bei platinimas iki maksimalių parametrų ir molo-užtvaros įrengimas šiaurinėje



19 pav. Klaipėdos sąsiaurio batimetriją (trys uosto vystymosi alternatyvos): a) dabartinė būklė (Alternatyva 0), b) pilna plėtra (Alternatyva 1), c) dalinė plėtra (Alternatyva 2)

Kuršių marių dalyje: įplaukos kanalo gylis – 17,5 m, laivybos kanalo gylis – 17 m, molo-užtvartos įrengimas šiaurinėje Kuršių marių dalyje) (19 c pav.).

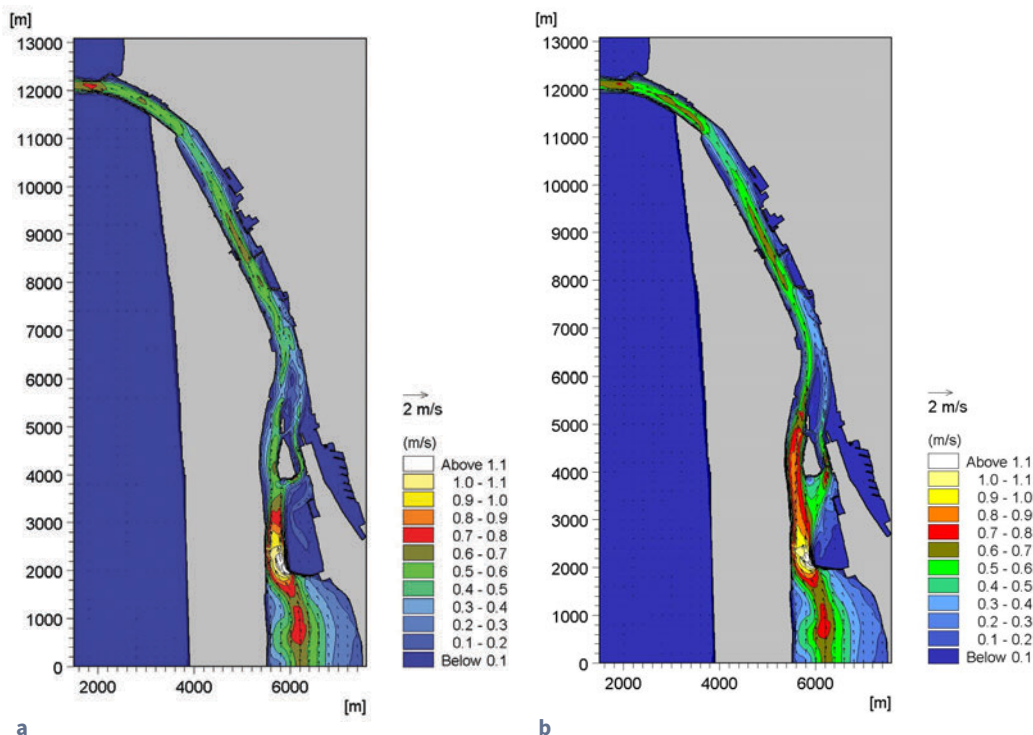
Pagal numatytas alternatyvas ir scenarijus parengti Klaipėdos sąsiaurio ir Kuršių marių šiaurinės dalies batimetriniai planai (19 pav.), kuriuos naudojant buvo atliktas hidrodinaminis modeliavimas.

Klaipėdos sąsiaurio pralaidumo pokyčiai nustatyti lyginant dabartinę Klaipėdos sąsiaurio ir šiaurinės Kuršių marių dalies būklę KVJU ribose (Alternatyva 0) su planuojama būkle (Alternatyva 1 ir Alternatyva 2). Apskaičiuoti vandens debitai Klaipėdos sąsiauryje, atsižvelgus į visas alternatyvas, kai tėkmė teka iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ir iš Baltijos jūros į Kuršių marios. Pasirinkti trys lygio skirtumai Δh tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros pagal hidrodinaminio modelio kraštines sąlygas (0,12 m, 0,32 m, ir 0,70 m). Esant šiems lygio skirtumams sąsiauriu atitinkamai tekės 1 620, 2 730 ir 4 240 m³/s debitai pagal Alternatyvą 0. Kai tekės priešingos krypties tėkmė iš Baltijos jūros į Kuršių marios, o lygio skirtumams esant 0,16 m ir 0,66 m, pagal Alternatyvą 0, sąsiauriu tekės 1 720 ir 3 110 m³/s debitai (hidrodinaminiam modelyje debitai buvo suskaičiuoti 3–4 pjūvyje (19 a pav.).

Klaipėdos sąsiaurio debitai parinkti atsižvelgiant į tikslus, kurių siekiama, ir sprendžiamus uždavinius. Kai tėkmė nukreipta iš Kuršių marių į Baltijos jūrą, 2 730 m³/s debitas charakterizuoja ribines laivybos sąlygas. Maksimalus 4 240 m³/s debitas pasitaiko rečiau kaip 1 kartą per 100 metų ir pagal jį sprendžiama apie sąsiaurio vagos atsparumą erozijos procesams.

Kai tėkmė nukreipta iš Baltijos jūros į Kuršių marios, 1 720 m³/s debitas rodo laivybos sąlygas sąsiauryje dažnų Baltijos jūros vandens lygio pakilimų metu. Didesnis nei 3 000 m³/s debitas charakterizuoja ypač sudėtingas laivybos sąlygas audrų metu, kai stebimi vakarų krypties ir didesni kaip 20 m/s greičio vėjai bei aukštas Baltijos jūros lygis.

Atliktas Klaipėdos sąsiaurio pralaidumo palyginimas pagal alternatyvas. Sprendinių įgyvendinimas pagal Alternatyvą 1 (maksimali plėtra įgyvendinuso poveikį mažinančias aplinkosaugos priemones) padidintų Klaipėdos sąsiaurio pralaidą iki 10,4 %, tekant tekmei iš Kuršių marių į Baltijos jūrą, ir iki 9,7 %, tekant tekmei iš Baltijos jūros į Kuršių marios, palyginti su Alternatyva 0. Tai reiškia, kad molo-užtvartos įrengimas, kaip gamtosaugos priemonė, ne visai kompensuotų sąsiaurio pralaidumo pokyčius dėl sprendinių pagal Alternatyvą 1 įgyvendinimo. Alternatyvos 2 atveju (dalinė plėtra, įgyvendinuso poveikį mažinančias aplinkosaugos priemones), Klaipėdos sąsiaurio pralaidumas šiek tiek padidėtų iki 1,6 %, tekant tekmei iš Kuršių marių į Baltijos

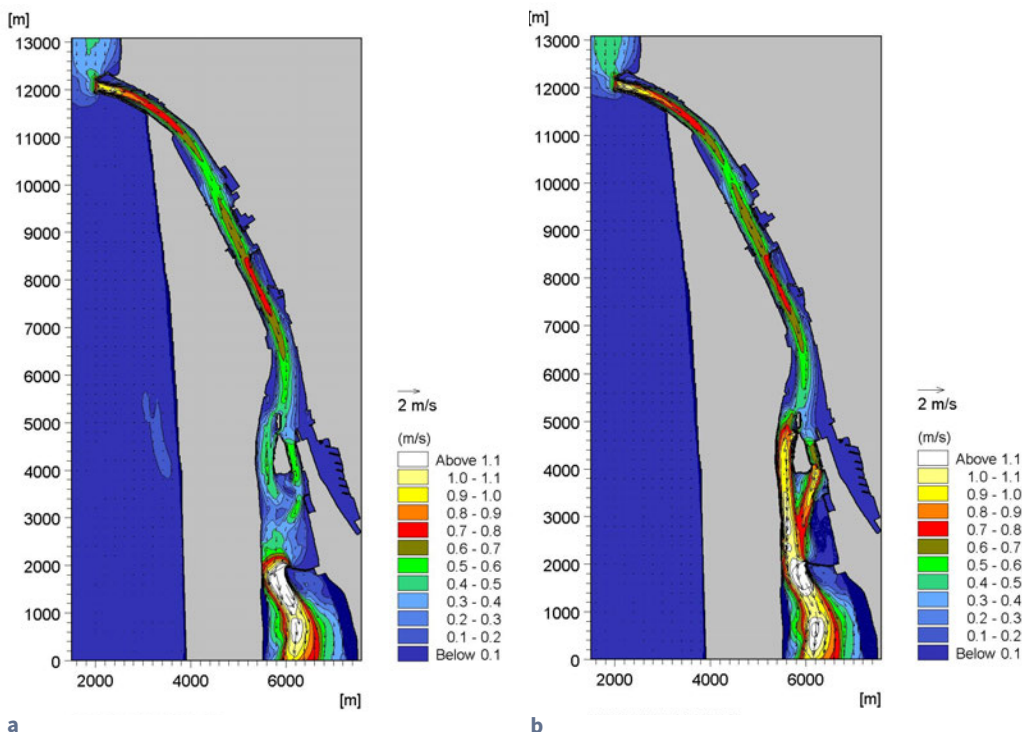


20 pav. Klaipėdos sąsiaurio tėkmės struktūros pagal Alternatyvas 1 ir 2 (visiška plėtra (a) ir dalinė plėtra (b), kai sąsiauriu teka $2700 \text{ m}^3/\text{s}$ debitas iš Kuršių marių į Baltijos jūrą)

jūrą, ir iki 1,1 %, tekant tėkmei iš Baltijos jūros į Kuršių marias, palyginti su Alternatyva 0.

Įvertinus Klaipėdos sąsiaurio pralaidumo tyrimus, daroma išvada, kad gamtosauginiu požiūriu Klaipėdos uosto plėtrai palankiausia būtų Alternatyva 2 (dalinė plėtra įrengiant molą-užtvarą). Įgyvendinus sprendinius pagal šią alternatyvą, Klaipėdos sąsiaurio pralaidumo pokyčiai neturėtų didelės įtakos Kuršių marių hidrologinėi ir ekologinei būklei.

Klaipėdos sąsiaurio ir šiaurinės Kuršių marių dalies tėkmių struktūros KVJU ribose sumodeliuotos visų nagrinėtų alternatyvų ir jų scenarijų atžvilgiais, tekant $1\,620$, $2\,730$ ir $4\,240 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą bei $1\,720$ ir $3\,110 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui iš Baltijos jūros į Kuršių marias. Tekant skirtingiems



21 pav. Klaipėdos sąsiaurio tėkmės struktūros pagal Alternatyvas 1 ir 2 (visiška plėtra (a) ir dalinė plėtra (b), kai sąsiauriu teka $3100 \text{ m}^3/\text{s}$ debitas iš Baltijos jūros į Kuršių marias)

debitams iš marių į jūrą (ir atvirkščiai) pagal tą pačią alternatyvą susidariusi tėkmių struktūra yra panaši, o skiriasi tik tėkmės greičių absoliutiniai dydžiai. Tekant $1\,620$, $2\,730$ ir $4\,240 \text{ m}^3/\text{s}$ debitams iš Kuršių marių į Baltijos jūrą pagal Alternatyvą 0 žymus tėkmės greičių padidėjimas nustatytas šiaurinėje kanalo dalyje (prie uosto vartų molų), akvatorijoje ties UAB „Vakarų Baltijos laivų statykla“ bei UAB „Bega“ ir Kiaulės Nugaros salos vakarų protakoje bei akvatorijoje prie Kuršių nerijos kranto už Kiaulės Nugaros salos. Skiriasi tik tėkmės greičių dydžiai: tekant $1\,620 \text{ m}^3/\text{s}$ debitui sąsiauryje, tėkmės greičiai neviršys $0,55 \text{ m/s}$, $2\,730 \text{ m}^3/\text{s}$ – $0,9 \text{ m/s}$, o $4\,240 \text{ m}^3/\text{s}$ – $1,4 \text{ m/s}$. Tekant $1\,720$ ir $3\,110 \text{ m}^3/\text{s}$ debitams iš Baltijos jūros į Kuršių marias, pagal Alternatyvą 0, žymus tėkmės greičių padidėjimas nustatytas šiaurinėje kanalo dalyje, Kiaulės Nugaros salos

vakarų ir rytų protakose bei akvatorijoje prie Kuršių nerijos kranto už Kiaulės Nugaros salos. Tekant $1\,720\text{ m}^3/\text{s}$ debitui sąsiauryje, tėkmės greičiai neviršys $0,7\text{ m/s}$, o tekant $3\,110\text{ m}^3/\text{s}$ – $1,3\text{ m/s}$.

Detaliau palyginsime tėkmės pokyčius pagal alternatyvas tekant $2730\text{ m}^3/\text{s}$ debitui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą (20 pav.). Palyginus Alternatyvą 1 su Alternatyva 0, nustatyta, kad tėkmės greičiai sumažės visame laivybos kanale, tačiau gerokai padidės akvatorijoje prie Kuršių nerijos kranto nuo pietinio molo iki Kiaulės Nugaros salos vakarų protakos (20 a pav.). Pagal Alternatyvą 2 taip pat bus stebimas tėkmės greičių padidėjimas akvatorijoje prie Kuršių nerijos kranto nuo molo-užtvaros iki vakarų protakos ties Kiaulės Nugaros sala (20 b pav.). Pasirinkus šią plėtros plano alternatyvą, būtina suprojektuoti tokią molo-užtvaros konstrukciją, kad sumažėtų galima dugno erozija tiek prie molo, tiek prie Kuršių nerijos krantų.

Tekant tėkmei iš Baltijos jūros į Kuršių marias, detaliau palyginsime tėkmės pokyčius pagal alternatyvas, tekant sąsiauriu $3\,100\text{ m}^3/\text{s}$ debitui (21 pav.). Palyginus Alternatyvą 1 su Alternatyva 0, nustatyta, kad tėkmės greičiai sumažės visame laivybos kanale, protakose ties Kiaulės Nugaros sala ir šiaurinėje marių dalyje (21 a pav.), bet greičiai padidės akvatorijoje prie šiaurinėje Kuršių marių dalyje numatyto molo-užtvaros, kas sukels dugno eroziją. Pagal Alternatyvą 2, taip pat padidės tėkmės greičiai akvatorijoje tarp Kuršių nerijos kranto ir molo-užtvaros (21 b pav.). Pietinio molo-užtvaros konstrukcija turi būti parinkta taip, kad sumažintų galimą erozijos zoną nurodytoje akvatorijoje, norint išsaugoti Kuršių nerijos krantų ir molo-užtvaros stabilumą.

Apibendrinimas

Naudojant skaitmeninę modeliavimo sistemą MIKE 21, Klaipėdos sąsiauryje ir šiaurinėje Kuršių marių dalyje nustatytas velkamųjų ir skendinčiųjų nešmenų pasiskirstymas ir jo dėsninumai. Tekant tėkmei į Baltijos jūrą sumodeliuoti velkamųjų nešmenų vienetiniai debitai Klaipėdos sąsiauryje, kai vandens tėkmės debitai keičiasi $870\text{--}4\,240\text{ m}^3/\text{s}$. Tekant $870\text{ m}^3/\text{s}$ debitui į Baltijos jūrą nešmenų vienetinis debitas kinta $0\text{--}157\text{ m}^3/\text{metai/m}$, atitinkamai $1\,620\text{ m}^3/\text{s}$ – iki $3\,300, 2\,720\text{ m}^3/\text{s}$ – iki $39\,630\text{ m}^3/\text{metai/m}$. Didėjant tėkmės debitui vienetinis nešmenų debitas didėja labai reikšmingai. Tekant $1\,720\text{ m}^3/\text{s}$ debitui iš Baltijos jūros į Kuršių marias nešmenų vienetinis debitas kinta iki $2\,200\text{ m}^3/\text{metai/m}$, atitinkamai $3\,110\text{ m}^3/\text{s}$ debitui – iki $56\,360\text{ m}^3/\text{metai/m}$. Didžiausias smėlio pernašos debitas stebimas Jūros vartų akvatorijoje.

Sumodeliuoti suspensijų koncentracijų (vandens drumstumo) pokyčiai Klaipėdos sąsiauryje, tėkmės debitams keičiantis 620–2 720 m³/s. Tekant 880 m³/s debitui į Baltijos jūrą drumstumo koncentracija, palyginus pjūvio šiaurinėje marių dalyje (ties kraštine modelio sąlyga) ir pjūvio ties Jūros vartais reikšmės, sumažėja 14,3 karto, tekant 1 620 m³/s – 2,1 karto, o tekant 2 720 m³/s – tik 1,33 karto. Tai reiškia, kad per potvynius didelis kiekis nešmenų bus išplaunama į Baltijos jūrą. Metų vandeningumas ir nuotėkio pasiskirstymas Klaipėdos sąsiauryje neturi didelės įtakos nusėdusių per metus skendinčiųjų nešmenų kiekiui. Didesni debitai ne tik gabena per KS didesnius nešmenų srautus, bet ir didesnius skendinčiųjų nešmenų kiekius išneša į Baltijos jūrą.

Klaipėdos uosto plėtra ir klimato kaita veikia Kuršių marių vandens balansą. Išanalizavus Kuršių marių vandens balanso elementų pokyčius, nustatyta, kad per pastaruosius dešimtmečius mažėja upių prietaka į Kuršių marias ir keičiasi vandens apykaita tarp Baltijos jūros ir Kuršių marių. Didėjanti druskingo vandens prietaka iš Baltijos jūros turės įtakos Kuršių marių ekosistemai. Plečiant Klaipėdos uostą (gilinant farvaterį) būtina įvertinti vandens apykaitos pokyčius dėl klimato kaitos.

Apskaičiavus daugiametį (1960–2009 m.) Kuršių marių vandens balansą, gauta, kad suminė upių prietaka yra 21,784 km³/m., krituliai 1,199 km³/m., išgaravimas 1,007 km³/m. Vandens apykaitą tarp Baltijos jūros ir Kuršių marių sudarė Baltijos jūros vandens prietaka iš / į Kuršių marias (6,171 km³/m.) ir gėlo vandens nuotėkis iš Kuršių marių į Baltijos jūrą (27,642 km³/m.).

1960–2009 m. laikotarpiu nustatytas ryškus upių nuotėkio į Kuršių marias persiskirstymas per metus. Žiemos sezono upių nuotėkis didėja, o pavasario – mažėja, todėl nuotėkis tolygiau pasiskirsto tarp sezonų. Šiuos pokyčius sukėlė šaltojo laikotarpio temperatūros didėjimas. 1960–2009 m. laikotarpio vandens prietaka iš Baltijos jūros į Kuršių marias didėjo. Prietakos iš Baltijos jūros į Kuršių marias didėjimas sietinas su klimato kaita ir Klaipėdos uosto plėtra.

KS tėkmės režimo modeliavimas parodė, kad Klaipėdos jūrų uosto plėtra jau padidino sąsiaurio pralaidumą 10 % palyginti su 1996 m. būkle, todėl plėtojant Klaipėdos uostą ateityje bus būtinos gamtosaugos priemonės. 2014 m. parengtas Klaipėdos uosto laivybos kanalo maksimalaus gilinimo ir platinimo galimybių plėtros planas, kuriame numatytos artimiausio laikotarpio Klaipėdos uosto plėtros alternatyvos. Įgyvendinus KVJU laivybos kanalo maksimalaus gilinimo ir platinimo Plėtros plano sprendinius, pagal Alternatyvą 1 (maksimalios plėtros galimybės, įgyvendinus poveikį mažinančias aplinkosaugos

priemonės), gerokai (iki 10,4 %) padidės Klaipėdos sąsiaurio pralaidumas. Siūlomo pietinio molo-užtvaros šiaurinėje Kuršių marių dalyje įrengimas nekompensuos pralaidumo padidėjimo. Alternatyvos 2 sprendiniai (dalinės plėtros galimybės, įgyvendinus poveikį mažinančias aplinkosaugos priemones) šiek tiek (iki 1,6 %) padidins Klaipėdos sąsiaurio pralaidumą. Todėl siūloma įgyvendinti Alternatyvos 2 sprendinius.

Įgyvendinus Plėtros plano sprendinius pagal Alternatyvą 2, galimas tėkmių prieaugis, sukeliantis erozijos židinius prie Kuršių nerijos kranto, akvatorijoje nuo Kiaulės Nugaros salos vakarų protakos iki molo-užtvaros šiaurinėje Kuršių marių dalyje. Taip pat tėkmės greičiai gerokai padidėtų akvatorijoje tarp numatyto pietinio molo-užtvaros ir Kuršių nerijos kranto. Ateityje reikėtų parinkti tokią pietinio molo-užtvaros konstrukciją, kad įgyvendinant sprendinius pagal Alternatyvą 2 sąsiaurio pralaidumas nesiskirtų nuo pralaidumo pagal Alternatyvą 0 ir būtų išvengta erozijos procesų akvatorijoje prie pietinio molo-užtvaros bei Kuršių nerijos kranto.

Literatūra

- Aplinkos ministerija. *Aplinkos būklė 2009*. Tik faktai. 2010.
Šaltinis: <http://gamta.lt/cms/index> (žiūrėta 2012-02-27).
- Červinskas, E., 1956. Vidurkinio metinio Kuršių marių vandens balanso klausimu. *LTSR MA darbai*, B serija, T. 5, 67–76.
- Dailidienė, I., 2007. Kuršių marių hidrologinio režimo pokyčiai. *Geografija* 43 (1), 36–43.
- Dailidienė, I., Davulienė, L., 2007. Long-term mean salinity in the Curonian Lagoon in 1993–2005. *Acta Zoologica Lituanica* 17 (2), 172–181.
- Dubra, J., Červinskas, E., 1968. Kuršių marių gėlo vandens balansas. LTSR aukštųjų mokyklų mokslo darbai, ser. *Geografija ir geologija*, T. 5, 19–26.
- Gailiūšis, B., Jablonskis, J., Kovalenkoviėnė, M., 2001. *Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis*. Kaunas, LEI, 792 p.
- Gailiūšis, B., Kriaučiūnienė, J., Kovalenkoviėnė, M., 2005. Studies on permeability of the Klaipėda Strait. *Proceedings, the 6th International Conference „Environmental Engineering“*, Vilnius Gediminas Technical University, May 26–27, 356–361.
- Gailiūšis, B., Kriaučiūnienė, J., Kriaučiūnas, R. 2003. Sediment budget in Klaipėda Strait. *Water Resources* 30 (4), 379–386.
- Galkus, A., Jokšas, K., 1997. *Nuosėdinė medžiaga tranzitinėje akvasistemoje*. Vilnius, 198 p.
- Jakimavičius, D., Kriaučiūnienė, J., 2013. The climate change impact on the water balance of the Curonian Lagoon. *Water Resources* 40 (2), 120–132.
- Jakimavičius, D., 2013. *Kuršių marių vandens balanso elementų pokyčiai ir jų prognozė dėl gamtinių ir antropogeninių veiksnių*. Daktaro disertacija, Kaunas, 115 p.
- Jakimavičius, D., Kovalenkoviėnė, M., 2010. Long-term water balance of the Curonian Lagoon in the context of anthropogenic factors and climate change. *Baltica* 23 (1), 33–46.

- Jurgelėnaitė, A., Šarauskienė, D., 2007. Klaipėdos sąsiaurio pralaidumo pokyčio įtaka jūros vandens prietakos į Kuršių marios procesui. *Energetika* 53 (2), 52–56.
- Kabailienė, M. ir kt., 2009. Post-Glacial stratigraphy and palaeoenvironment of the northern part of the Curonian Spit, Western Lithuania. *Quaternary International* 207 (12), 69–79.
- Kriaučiūnienė, J., Gailiusis, B., 2004. Changes of sediment transport induced by reconstruction of Klaipėda Seaport entrance channel. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba* 2 (28), 3–9.
- Kriaučiūnienė, J., 1998. Stambių vandens ūkio objektų įtaka Kuršių marių hidrologiniam režimui. Daktaro disertacijos santrauka, Kaunas, 29 p.
- Kuršių marios*. Vilnius, 1978, t. II.
- MIKE 21 Flow Model. Hydrodynamic Module. User Guide. Danish Hydraulic Institute, 2012, 121 p.
- MIKE 21 Sediment Transport & Morphological Modelling. User Guide. Danish Hydraulic Institute, 2012, 370 p.
- The Ministry of the Environment of the Republic of Lithuania. Fourth National Report of the Republic of Lithuania to the Convention on Biological Diversity. Lithuania, 2009, 108 p.
- Virbickas, J., 2000. *Lietuvos žuvys*. Vilnius: Trys žvaigždutės, 192 p.
- Žaromskis, R., 1996. *Okeanai, jūros, estuarijos*. Vilnius, 293 p.

Projektai, kurių rezultatai naudoti studijoje

- Klaipėdos valstybinio jūrų uosto akvatorijos tarp 10 ir 100 krantinių gilinimo iki 14 m poveikio aplinkai vertinimas. Užsakovas: Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija. Vykdytojas: LEI. 2009.
- KVJU šiaurinės dalies laivybos farvaterio tarp PK0 ir PK28 platinimas. Poveikio aplinkai vertinimo ataskaita. Užsakovas: Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija. Vykdytojas: LEI. 2009.
- Klaipėdos uosto laivybos kanalo maksimalaus gilinimo ir platinimo galimybių plėtros planas. Hidrodinaminių sąlygų ir nešmenų balanso pokyčių įvertinimas. Užsakovas: UAB „Sweco Lietuva“. Vykdytojas: LEI. 2013.

VII. HIDROTECHNINIAI ĮRENGINIAI IR JŲ ĮTAKA

1. Hidrotechninių įrenginių charakteristika

Hidrotechniniai įrenginiai gali būti skirti kranto erozijai mažinti (bunos, bangolaužiai) ir apsaugai nuo tiesioginio bangų poveikio (pvz., uostų molai, dambos). Hidrotechniniai įrenginiai pagreitina arba sulėtina vandens judėjimą aplink juos, skatindami nuosėdų eroziją arba depoziciją. Klaipėdos miesto teritorijos ribose jūroje esantys hidrotechniniai įrenginiai, potencialiai galintys turėti įtakos krantodaros procesams, yra Klaipėdos uosto molai.

Prognozuojant ir valdant krantodaros procesus svarbų vaidmenį vaidina matematiniai modeliai. Krantodaros procesų modeliai turi sisteminį pobūdį. Jie apima priekrantės hidrodinamikos, morfologijos, nuosėdų pernašos, meteorologinius ir kitus procesus. Lietuvoje krantodaros matematiniai modeliai daugiausia taikyti išilginei nuosėdų pernašai prognozuoti Palangos paplūdimio teritorijoje (Zemlys ir kt. 2007; Mėžinė ir kt. 2013).

Bangų sukelta krantų erozija susideda iš išilginės (išilgai kranto) ir skersinės (statmenai krantui) pernašos komponentų. Ekstremalių įvykių metu kopų erozija vyksta daugiausia dėl skersinės pernašos, nuosėdas pernešant iš kopų į litoralės sistemą. Išilginės pernašos procesas vyksta dėl išilgai kranto susidarantių srovių. Šiuo atveju nuosėdos pernešamos išilgai kranto kampu į kranto liniją, kuris priklauso nuo dominuojančios vėjo ir kartu bangų krypties.

Nors skersinė ir išilginė pernaša gamtoje vyksta tuo pačiu metu, paprastumo dėlei inžineriniuose sprendimuose šie procesai tradiciškai modeliuojami ir skaičiuojami atskirai. Išilginės nuosėdų pernašos modeliai naudojami jau 50 metų, o skersinės pernašos modeliai pradėti naudoti mažiau negu prieš du dešimtmečius ir yra ne tokie patikimi kaip išilginės pernašos modeliai.

Uostų molai gali reikšmingai pakeisti hidrodinaminę ir nuosėdų pernašos situaciją. Kampuose tarp kranto linijos ir molų susidariusiose įlankose vandens lygis pakyla, išilgai molų formuojasi galingos atasrovės, išplaunančios gana gilius kanalus. Dažno tam tikros krypties bangavimo atveju yra formuojamas priekrantinis nuosėdų srautas. Toks srautas būdingas Baltijos rytinei pusei, kur nuosėdos migruoja nuo Tarano kyšulio Sambijos pusiasalyje iki Rygos įlankos. Šiuo atveju visi nuo sausumos į jūros pusę nutiesti statiniai trukdo natūraliai nuosėdų migracijai išilgai kranto. Pastačius uosto molus atvirame krante, priešvėjiniame kampe prasideda nuosėdų akumuliacija, o užuovėjinia-

me – nuosėdų išplovimas iš kranto povandeninio šlaito, paskui kranto linijos traukimas į sausumos pusę (Žaromskis, 2008).

Klaipėdos uostų molų įtaka krantodaros procesams kol kas tirta empiriniais metodais, todėl yra aktualu ištirti modeliavimo galimybes, kas leistų paaiškinti praėityje vykusius procesus, nagrinėti įvairius kiekybiškai pagrįstus ateities scenarijus, numatyti galimas neigiamas pasekmes, užuot vien tik stebint ir konstatuojant jau įvykusius arba vykstančius procesus.

Šio skyriaus tikslas yra:

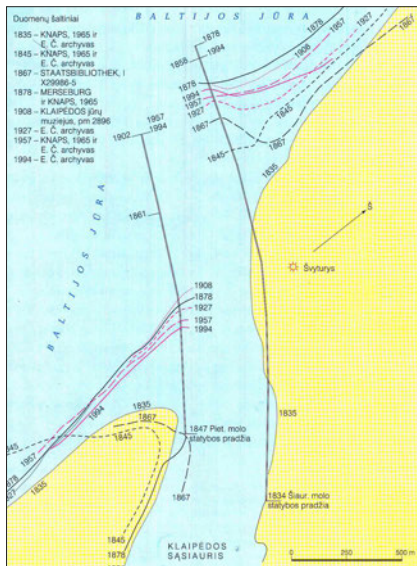
- Apžvelgti Klaipėdos uosto molų įtakos krantodaros procesams mokslinių tyrimų rezultatus.
- Atlikti galimybių analizę modeliuoti Klaipėdos uosto molų įtaką krantodaros procesams (taikytini modeliai, duomenų modeliavimui pakankamumas).
- Remiantis gautais rezultatais, pateikti rekomendacijas tolesniems tyrimams.

2. Klaipėdos uosto molai ir krantodaros procesai

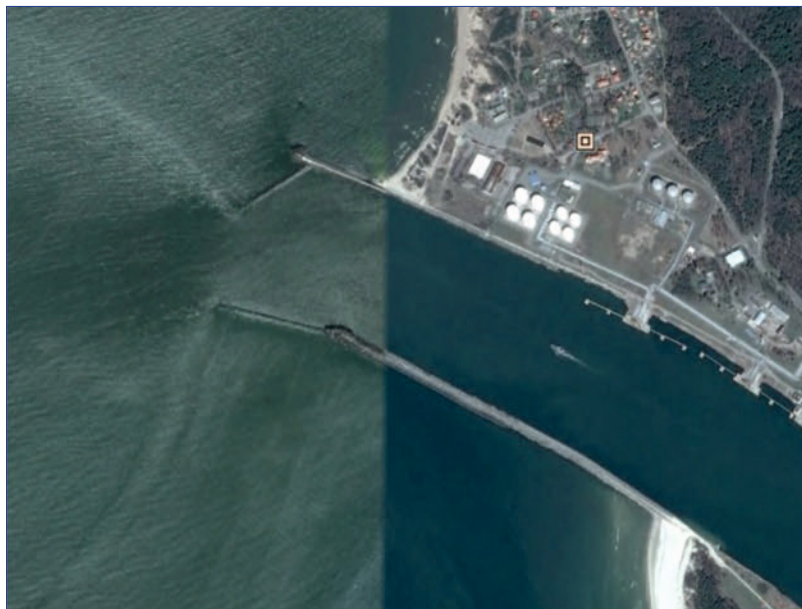
Klaipėdos uostas yra Lietuvos pietryčių Baltijos jūros krante. Jis įsikūręs Klaipėdos sąsiauryje, jungiančiame Baltijos jūrą ir Kuršių marių lagūną. Klaipėdos uosto molai (1, 2 pav.) pastatyti 1834–1878 m., kai iki tol Danės upėje buvęs Klaipėdos uostas tapo per ankštas. Molai įsiterpia į priekrantę nuosėdų pernašos zonoje (Žaromskis, 2010), be to, Klaipėdos sąsiauriu išteka Nemuno upės baseino ir kitų smulkių upių vanduo, o kartu su juo ir apie 0,5 mln. t sąnašų (Pustelnikovas, 1998).

Pirmaisiais metais po molų statybos pradžios (1835 m.) krantas tiek šiauriau, tiek piečiau uosto laipsniškai ėmė trauktis į jūros pusę. Iki molų statybos pabaigos šiaurinio molo pusėje krantas priaugo daugiau negu pietinio. Iki 1870 m., praėjus 34 metams po molų statybos pabaigos, nuosėdomis pamažu užsipildė tiek priešvėjinis – pietinis, tiek užuovėjinis – šiaurinis kampai tarp kranto linijos ir molų (Žaromskis, 2008). Šie faktai nelabai derinasi su nuosėdų srauto kryptimi iš pietų į šiaurę, apskaičiuota R. Knapso 1965 m., todėl naudojant ilgesnio laiko intervalo (1961–1990 m.) vėjų matavimų duomenis ir hidrologinį Knapso metodą, bandyta patikslinti nuosėdų pernašos kryptį. Nustatyta, kad ruože nuo Olando Kepurės iki atkarpos Pervalka–Juodkrantė nuosėdų pernašos jėga, nukreipta į pietus, šiek tiek viršija jėgą, nukreiptą į šiaurę (Žaromskis, 2008).

Skaiciuojant išilginę nuosėdų pernašą rytinėje Baltijoje CERC metodu nustatyta, kad 1970–2007 m. minėtame ruože vidutinė išilginė periodo pernaša



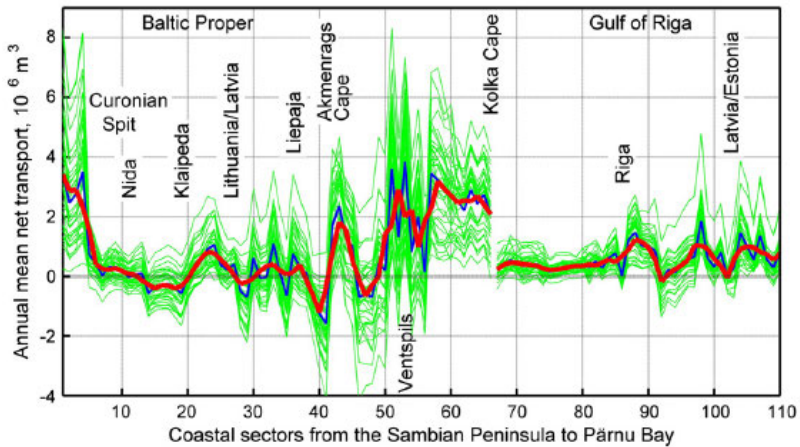
1 pav. Krantų keitimosi etapai ties Klaipėdos sąsiauriu nuo molų statybos pradžios iki 1994 m. (Žaromskis, 2008)



2 pav. Klaipėdos uosto molai po 2002 m. rekonstrukcijos (Google Earth nuotrauka, 2014)

yra nukreipta iš šiaurės į pietus (3 pav.) (Soomere, Viška, 2014). Tačiau nors šio laikotarpio vidurkis ir rodo kryptį iš šiaurės į pietus, išilginė pernaša skirtingais metais šiame ruože gali būti įvairių kryptų (Viška, Soomere, 2013). Tai rodo, kad kranto linija, pastačius molus, traukėsi į jūros pusę tiek pietiniame, tiek šiauriniame kampuose tarp kranto linijos ir molų.

Tačiau priešvėjinėje pusėje yra susikaupusių daug daugiau nuosėdų negu užuovėjinėje, ir užuovėjinėje pusėje susiformavusi išplovimo įlanka nesiderina



3 pav. Potenciali grynoji išilginė pernaša rytiniame Baltijos jūros krante nuo Sambijos pusiasalio iki Piarnu įlankos (Soomere, Viška, 2014). Raudona linija – vidurkis už 1970–2007 m., žalios linijos – atskirų metų išilginė pernaša. Teigiamos reikšmės reiškia pernašą iš pietų į šiaurę, neigiamos – iš šiaurės į pietus. Ruože ties Klaipėda neigiamos vidurkio reikšmės rodo vyraujančią pernašą iš šiaurės į pietus

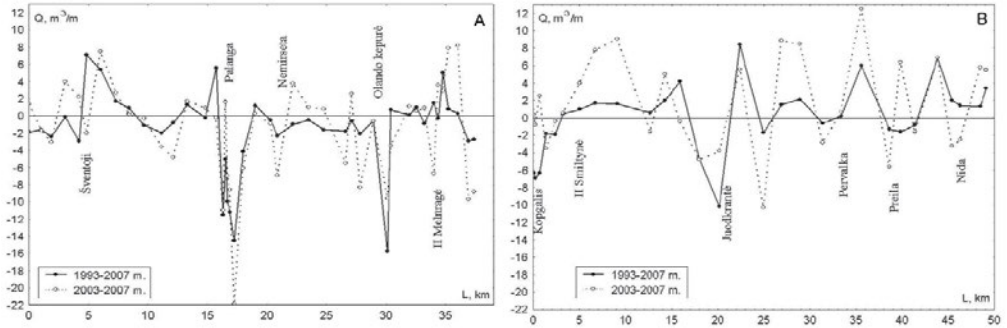
su vyraujančia nuosėdų pernaša pietų kryptimi. Nereikia pamiršti, kad apskaičiuota nuosėdų pernašos kryptis yra labiau teorinė (potenciali), nes naudoti algoritmai atsižvelgia tik į bangų poveikį. Prie potencialių veiksnių, kurie galėtų kompensuoti banginę pernašos energiją, dar priskiriamos kvazistacionarios dreifinės srovės, kurios Baltijos jūros rytinėje pakrantėje yra nukreiptos į šiaurę (Žaromskis, 2010).

3. Klaipėdos uosto rekonstrukcijos poveikis

Klaipėdos uosto įplaukos kanalo gilinimas ir tai, kad juo į jūrą išteka Kuršių marių vandenys (vidutinis metinis debitas – $27,6 \text{ km}^3$ (Jakimavičius, Kovalenkovienė, 2010)), yra dar viena aplinkybė, į kurią būtina atsižvelgti nagrinėjant uosto įrenginių įtaką išilginei nuosėdų pernašai. Priešvėjinėje (pietinėje) pusėje maždaug 8 km ruože uosto molai lėmė nuosėdų akumuliaciją, o migruojančių šiaurės kryptimi nuosėdų nukreipimą į didesnius gylius iki 2002 m. uosto rekonstrukcijos lėmė ne tiek molai, kiek pro vartus ištekanči srovė ir įplaukos kanalo gilinimas (Žaromskis, 2008). Gilinant įplaukos kanalą, nuosėdos buvo nukreipiamos į vis gilesnius vandenis. Sedimentologinių tyrimų duomenimis, dar iki 1987 m. nuosėdų migracija molų ir ištekančio vandens srauto labiausiai buvo veikiamą iki 13–15 m gylio, o į šiaurę nukreipto nuosėdų srauto pernašos galimybės buvo sumažėjusios beveik 50 % (Žaromskis, 2008).

Naujas uosto įrenginių ir kranto sąveikos etapas prasidėjo nuo 2002 m., ėmus toliau gilinti uosto įplaukos kanalą (Žaromskis, 2008). Pagilinus uosto įplaukos kanalą iki 14 m ir pailginus uosto molus, priešvėjinėje – pietinėje – uosto pusėje suintensyvėjo netoli pietinio molo esančio apie 1 km kranto ruožo ardymas, kurį sukelia nuosėdų „patraukimas“ į įplaukos kanalą ir bendras nuolydžio padidėjimas kranto povandeniniame šlaite. Užuovėjinėje – šiaurinėje – uosto pusėje stebimas gerokai didesnis poveikis. Čia šiauriau Klaipėdos esančiame 20–30 km kranto ruože ėmė ryškėti nešmenų stygius: siaurėti paplūdimiai, mažėti kopagūbrio smėlio atsargos po ekstremaliai stiprių audrų.

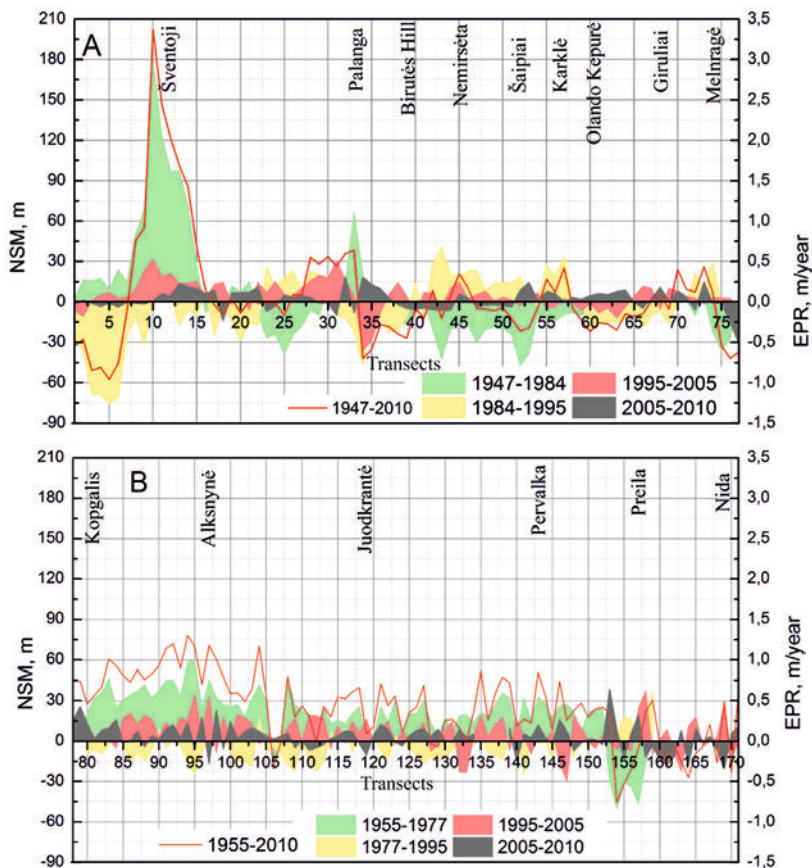
Naujomis sąlygomis vidutinių bangavimų metu uosto molai beveik nebepraleidžia nuosėdų į šiaurę arba jos nukrypsta į 18–24 m gylius, kurie nuo sekliavandenės zonos yra atskirti moreniniais gūbriais. Tiesa, šie teiginiai nėra pagrįsti tiesioginiais smėlio atsargų pokyčių matavimais. Pateikiamas smėlio atsargų krante vidutinių pokyčių, sukeltų kartu ir skersinės, ir išilginės pernašos, palyginimas 1993–2007 m. ir 2003–2007 m. laikotarpiais (Žilinskas, 2008) iš tikrųjų liudija abrazinių procesų suintensyvėjimą 2003–2007 m. laikotarpiu Kopgalyje, 1–2 km ruože nuo pietinio molo, ir daugelyje vietų Klaipėdos–Šventosios ruože, ką galima aiškinti 2002 m. uosto rekonstrukcijos įtaka (4 pav.). Tačiau reikia turėti omenyje ir tai, kad vykstant klimato kaitai intensyvėja daugelis veiksnių, tokių kaip vandens lygio kilimas, ledo ir sniego dangos mažėjimas, intensyvių vėjų dažnumo didėjimas, kurie taip pat neigiamai veikia kranto būklę (Žilinskas, 2008).



4 pav. Vidutiniai metiniai kranto nuosėdų pokyčiai ($Q, \text{m}^3/\text{m}$) 1993–2007 m. ir 2003–2007 m. laikotarpiais (Žilinskas, 2008). A – Šventoji–Melnragė, B – Klaipėda–Nida

Informacijos apie uosto įtaką krantams, ypač po uosto 2002 m. rekonstrukcijos, galėtų duoti ir matuotų kranto linijų palyginimas laikotarpiu nuo XX a. vidurio iki 2010 m. (Bagdanavičiūtė ir kt., 2012). Atliktos analizės duomenimis (5 pav.), visas Lietuvos jūros krantas pagal kranto linijos dinamiką suskirstytas į tris zonas: 1) erozinis krantas, 2) kvazistabilus krantas ir 3) akumuliacinis krantas. Tačiau 20–30 km į šiaurę nuo šiaurinio molo esančioje teritorijoje į erozinio kranto zoną pakliūva tik ruožas Melnragė–Klaipėda ir maža atkarpa ties Palanga. Piečiau pietinio molo esanti kranto atkarpa apibūdinama kaip kvazistabili. Kaip matyti, net po 2002 m. uosto rekonstrukcijos 2005–2010 m. laikotarpiu kranto linijos pokytis, einant nuo Klaipėdos šiaurę, išskyrus kranto dalį prie šiaurinio molo, rodo daugiau kranto pasislinkimo į jūros pusę kaip ir piečiau uosto.

Kaip matyti iš anksčiau pateiktos apžvalgos, Klaipėdos uosto molų įtaka krantams nėra vienareikšmiška, iki galo iširta ir įvertinta kiekybiškai. Vyraujanti nuosėdų išilginės pernašos kryptis nėra iki galo aiški ir tyrėjams tenka imtis skirtingų hipotezių siekiant paaiškinti molų kaimynystėje vykstančius krantodaros procesus. Greta vėjo sukeltų bangų šioje teritorijoje nuosėdų pernašai įtakos turi dreifinės srovės, iš Kuršių marių ištekanis vanduo, taip pat daugelis klimato kaitos sukeltų procesų. Minėtų sudėtingų problemų atveju uosto įrenginių įtakos krantams tyrimui gali pasitarnauti matematiniai modeliai.



5 pav. Baltijos jūros kranto linijos galutinio taško kitimo greitis (skirtumas tarp jauniausios ir seniausios kranto linijos padalytas iš laiko periodo ilgio) 1955–2010 m. periodui (raudona linija) ir grynasis pokytis (skirtumas tarp jauniausios ir seniausios kranto linijos) už skirtingus laiko periodus 1947–2010 m. (Bagdanavičiūtė ir kt. 2012). A – Šventoji–Melnragė, B – Klaipėda–Nida; atstumas tarp transektų – 500 m

4. Modeliavimo galimybės

Matematinų modelių naudojimo specifika priklauso nuo sprendžiamos problemos. Taigi projektuojant ar rekonstruojant uostą pagrindinis dėmesys turėtų būti skiriamas rasti tokią uosto molų konfigūraciją, kuri minimizuotų bangavimą uosto teritorijoje, minimizuotų uosto užnešimą nuosėdomis ir

poveikį aplinkai (krantodarai, rekreaciniais ir kitiems gamtiniams ištekliams). Toks uždavinys yra daugiakriteris, todėl ne visada daliniai tikslai gali būti vienodai pasiekti. Be to, ne visos modelio sudedamosios dalys gali būti sprendžiamos vien formaliais (matematiniais) metodais, todėl kartu reikia taikyti ir ekspertinius sprendinius.

Uostų molų konfigūracijos optimizavimo pavyzdžių siekiant sumažinti išilginės nuosėdų pernašos stabdymą ir uosto įplaukos užnešimą pateikiama Brøker ir kt., 2007. Esminės tokio uždavinio sudėtinės dalys yra: 1) išilginės pernašos apimčių ir kranto linijos dinamikos tendencijų nustatymas, 2) hidromorfologinių modelių taikymas siekiant ištirti srovių ir nuosėdų pernašos pobūdį aplink molus esamai ir būsimoms molų konfigūracijoms. Panaši schema galėtų būti pritaikyta ir Klaipėdos uostui, tik vietoje minėtoje studijoje naudotų daug investicijų reikalaujančių komercinių LITPACK ir MIKE CAMS modelių galėtų būti naudojami atvirojo kodo modeliai, aptariami šiame poskyryje.

Klaipėdos uosto atveju yra aktualu išanalizuoti, kokį poveikį uosto molai daro krantodaros procesams. Bendru atveju tokiame uždaviniui spręsti gali būti naudojamos įvairaus sudėtingumo priemonės, pradedant matavimo duomenų analize ir baigiant hidrodinaminiais ir morfodinaminiais modeliais. Uosto molai daugiausia įtakos, atrodo, turi išilginei nuosėdų pernašai, todėl svarbu įvertinti šios pernašos apimtį ir kryptis. Išilginės pernašos intensyvumas krantų inžinerijos srityje yra vienas reikalingiausių rodiklių ir yra būtinas norint taikyti morfodinaminčius modelius skaičiuojant gilinamų kanalų užnešimus, pamaitintų paplūdimių medžiagos sklaidą ir hidrotechninių įrenginių morfodinaminį poveikį kranto teritorijoms.

Šios informacijos nebuvimas ir neapibrėžtumas, ko gero, šiuo metu yra silpniausia grandis krantų inžinerijos srityje, nes nuo šios informacijos kokybės priklauso visų kitų skaičiavimų patikimumas. Patikimai išmatuoti išilginę pernašą yra gana sudėtinga (Pilkey, Cooper, 2002), todėl dažniausiai naudojamos formulės, kurių patikimumas vis tiek turi būti patikrintas laboratoriniais arba lauko eksperimentais. Bene dažniausiai naudojama apskaičiuojant išilginės nuosėdų pernašos intensyvumą yra CERC (*Coastal Engineering Research Center*) formulė (USACE, 1984), kuri remiasi prielaida, kad išilginės nuosėdų pernašos intensyvumas yra tiesiog proporcingas bangų energijos srautui su koeficientu k . Koeficientas, iš pradžių laikytas universalia konstanta su pastovia reikšme, vėliau pasirodė kintantis plačiame diapazone (Pilkey, Cooper, 2002). Todėl buvo dedamos pastangos koeficientą išreikšti per bangų lūžimo tipo charakteristikas, bangų statumo (*steepness*) ir kitas bangų charakteristikas

(Smith ir kt., 2009), taip pat buvo pasiūlyta ir kitų išilginės nešmenų pernašos formulių (Güner ir kt., 2011).

Kaip matyti iš pateiktos apžvalgos, išilginė nuosėdų pernaša jūrinio kranto ruože, kuriame yra Klaipėdos uostas, ko gero, vyksta ne tik dėl bangų energijos, bet ir dėl išilgai kranto nukreiptos dreifinės srovės poveikio. Viena naujausių ir paprastesnių taikyti formulių, kurioje galima atsižvelgti ne tik į bangų sukeltas, bet ir į kitas sroves, yra Bayramo formulė (Bayram ir kt., 2007). Pagal Bayramo formulę, išilginės nuosėdų pernašos intensyvumas apskaičiuojamas taip:

$$Q_{ht} = \frac{\varepsilon}{(\rho_s - \rho)(1 - a)g w_s} F \bar{V} \quad (1),$$

kur $\bar{V}$ – srovės greitis išilgai kranto mūšos zonoje dėl bangų poveikio ir kitų veiksnių,

F – lūžtančių bangų energijos srautas, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$F = E_b C_{gb} \cos \theta_b \quad (2),$$

kur $E_b = (1/8) \rho g H_b^2$ – bangų energija, tenkanti bangos keteros pločio vienetui,

$C_{gb} = \sqrt{g H_b / \gamma_b}$ – bangų grupės greitis,

H_b – lūžtančių bangų aukštis,

θ_b – kampas tarp bangų keturų ir izobatų lūžimo metu,

a – sedimentų poringumas,

ρ ir ρ_s – jūros vandens ir nuosėdų dalelių tankis,

w_s – nuosėdų nusėdimo greitis.

Pernašos koeficientas ε gali būti kalibruojamas pagal matavimo duomenis arba išreikštas bangos aukščiu ir periodu (Bayram ir kt., 2007).

Ši formulė yra gana gerai testuota tiek lauko, tiek laboratorinėmis sąlygomis, taip pat atliktas jos papildomas kalibravimas (Mil-Homens ir kt., 2013). Nepaisant pastangų kol kas 42 % Bayramo formule (kaip ir kitų toje pačioje studijoje kalibruotų formulių) apskaičiuotų reikšmių daugiau negu dvigubai skiriasi nuo išmatuotų. Taikant šią formulę būtinos bangų charakteristikos gali būti apskaičiuotos bangų modeliu, pvz., SWAN (<http://www.swan.tudelft.nl/>) arba WAM (Monbaliu ir kt., 2000). Bangų sukeltos srovės išilgai kranto greičio dedamoji gali būti apskaičiuota iš paplūdimio ir bangų charakteristikų (Bayram ir kt., 2007), kitos greičio dedamosios gali būti apskaičiuotos naudojant bet kokį hidrodinaminį modelį. Bayramo formulė galėtų būti pritaikyta ruožui į pietus, kur nėra abejonių dėl nuosėdų deficito.

Kitas svarbus uždavinys, kurį reikėtų spręsti, įvertinus išilginę nuosėdų pernašą, yra uosto molų nuosėdų pralaidumo įvertinimas šiaurės kryptimi. Tai galima atlikti naudojant morfodinaminį modelį. Čia galėtų būti panaudotas baigtinių elementų modelis SHYFEM (<https://sites.google.com/site/shyfem/>), kuris greta hidrodinaminio modulio turi nuosėdų pernašos modulį. Jo dėka naudojant Bayramo formulę apskaičiuotą išilginės nešmenų pernašos intensyvumą šiaurės kryptimi kaip išėties duomenis, galima būtų įvertinti, kokia dalis iš pietų atnešamo srauto yra pernešama pro molus į šiaurę. Atliekant tai, papildomai būtina atsižvelgti ir į iš Klaipėdos sąsiaurio ištekančio vandens įtaką nuosėdų pernašai, kas gali būti atlikta tuo pačiu modeliu.

Minėtiems tyrimams atlikti būtina tokia pradinė informacija: 1) meteorologiniai duomenys bangų ir srovių skaičiavimams, 2) batimetrija aplink molus (detali) ir didesnėje teritorijoje, užtikrinančioje patikimų rezultatų gavimą, skaičiuojant bangų ir hidrodinaminiais modeliais, nuosėdų morfometrinės charakteristikos. Hidrodinaminio modeliu modeliuojama teritorija siekiant sumažinti skaičiavimų apimtis gali būti sumažinta, kraštinėms sąlygoms jūroje naudojant hidrodinaminį operacinį modelių skaičiavimus, pvz., HIROMB (Funkquist, 2003).

5. Apibendrinimas

Kaip rodo literatūros apžvalga, Klaipėdos uosto molų įtaka krantams nėra vienareikšmiška, iki galo ištirta ir įvertinta kiekybiškai. Vyraujanti nuosėdų išilginės pernašos kryptis nėra iki galo aiški ir tyrėjams tenka imtis skirtingų hipotezių siekiant paaiškinti molų kaimynystėje vykstančius krantodaros procesus. Šalia vėjo sukeltų bangų šioje teritorijoje nuosėdų pernašai, atrodo, įtaką daro dreifinės srovės, iš Kuršių marių ištekanis vanduo, taip pat daugelis klimato kaitos sukeltų procesų.

Kaip rodo empiriniai stebėjimai, pailginus uosto molus ir pagilinus įplaukos kanalą kranto ruože sumažėjo smėlio atsargos, todėl vienas svarbesnių uždavinių yra įvertinti, kokią įtaką daro ir darė uosto molai nuosėdų pernašai iš pietų į šiaurę.

Kritinė informacija, reikalinga molo įtakos krantams įvertinti, yra išilginės pernašos apimtis ir kryptis piečiau Klaipėdos uosto, kuri priklauso ne tik nuo bangų (vėjo) krypties, bet ir nuo dreifinių srovių. Šiam rodikliui įvertinti tinkama Bayramo formulė, kuriai taikyti reikia informacijos apie bangas, kuri gali būti gauta naudojant bangų modelius.

Įvertinus išilginės pernašos mastus ir kryptį, molų įtaką nuosėdų pernašai šiaurės kryptimi reikėtų įvertinti naudojant hidromorfodinaminis modelius.

Literatūra

- Bagdanavičiūtė, I., Kelpšaitė, L., Daunys, D., 2012. Assessment of shoreline changes along the Lithuanian Baltic Sea coast during the period 1947–2010. *Baltica* 25 (2), 171–184.
- Bayram, A., Larson, M., Hanson, H., 2007. A new formula for the total longshore sediment transport rate. *Coastal Engineering* 54 (2007), 700–710.
- Brøker, I., Zyserman, Madsen, E. Ø., Mangor, K., Jensen, J., 2007. Morphological modelling: a tool for optimization of coastal structures. *Journal of Coastal Research* 23 (5), 1148–1158.
- Funkquist, L., 2003. A unified model system for the Baltic Sea. *Elsevier Oceanography Series* 69, 516–518; doi:10.1016/S0422-9894(03)80082-X.
- Güner, H. A. A., Yüksel, Y., Çevik, E. Ö., 2011. Determination of longshore sediment transport and modelling of shoreline change. In *Sediment Transport*, Ed. S. S. Ginsberg, InTech, 346 p. [Chapters published April 26, 2011 under CC BY-NC-SA 3.0]; doi 10.5772/647.
- Jakimavičius, D., Kovalenkoviienė, M., 2010. Long-term water balance of the Curonian Lagoon in the context of anthropogenic factors and climate change. *Baltica* 23 (1), 33–46.
- Mežinė, J., Zemlys, P., Gulbinskas, S., 2013. A coupled model of wave-driven erosion for the Palanga Beach, Lithuania, *Baltica* 26 (2), 169–176.
- Mil-Homens, J., Ranasinghe, R., van Thiel de Vries, J. S. M., Stive, M. J. F., 2013. Re-evaluation and improvement of three commonly used bulk longshore sediment transport formulas. *Coastal Engineering* 75 (2013), 29–39.
- Pilkey, O. H., Cooper, J. A. G., 2002. Longshore transport volumes: a critical view. *Journal of Coastal Research*, 572–580.
- Pustelnikovas, O., 1998. *Geochemistry of sediments of the Curonian Lagoon*. Vilnius, 234 p.
- Smith, E. R., Wang, P., Ebersole, B. A., Zhang, J., 2009. Dependence of total longshore sediment transport rates on incident wave parameters and breaker type. *Journal of Coastal Research* 25 (3), 675–683.
- Soomere, T., Viška, M., 2014. Simulated wave-driven sediment transport along the eastern coast of the Baltic Sea. *Journal of Marine Systems* (2013). doi 10.1016/j.jmarsys.2013.02.001
- Viška, M., Soomere, T., 2014. Simulated and observed reversals of wave-driven alongshore sediment transport at the eastern Baltic Sea coast. *Baltica* 26 (2), 145–156.
- Zemlys, P., Fröhle, P., Davulienė, L., Gulbinskas, S., 2007. Near-shore evolution model for Palanga area: feasibility study of beach erosion management. *Geologija* 57, 45–54.
- USACE, 1984. Shore Protection Manual, 2 vols. *Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Mississippi*.
- Žaromskis, R., 2008. *Baltijos jūros uostai*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 431 p.
- Žilinskas, G., 2008. Distinguishing priority sectors for the Lithuanian Baltic Sea coastal management. *Baltica* 21 (1–2), 85–94.

VIII. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS (Klaipėdos miesto problemos)

1. Jūros kranto būklė Klaipėdos miesto teritorijoje

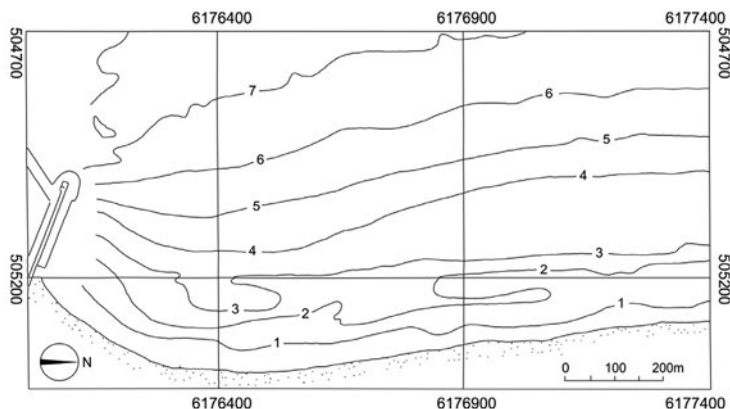
Klaipėdos miestui priklausanti jūros kranto dalis yra ir Kuršių nerijoje, ir žemyniniame krante. Nerijos ir žemyno krantą skiria Klaipėdos uosto įplaukos kanalas, apsaugotas molais, todėl abiejų kranto ruožų būklei reikšmingą įtaką turėjo, turi ir ateityje gali turėti uosto įplaukos gylis ir molų konfigūracija. Šis uosto poveikis daro reikšmingą įtaką išilgai kranto vykstančiai nešmenų migracijai ir nešmenų biudžetui priekrantėje. Pagal Kuršių nerijos litodinamines sąlygas, Alksnynės–Kopgalio priekrantė priklauso nešmenų nuoseklios akumuliacijos atkarpai. Šiame ruože išsikrauna išilginis nešmenų srautas, todėl stebimas ir kranto priaugimas, t. y. kranto linijos persistūmimas jūros pusėn. Tačiau ši Kuršių nerijos dalis yra labai jautri pokyčiams uosto įplaukoje.

Rekonstravus uosto įplauką 2001–2002 m., kai įplaukos kanalas buvo pagilintas iki 14,0–14,5 m gylio ir pailginti uosto molai, Kopgalio dalyje prasidėjo intensyvus kranto ardymas. Kranto eroziją nulėmė tai, kad didinant įplaukos gylį buvo ne tik pagilintas bei išplatintas pats kanalas, bet ir suformuoti jo šlaitai bei iškastos kišenės, apsaugančios kanalą nuo staigaus užnešimo. Nors šis gilinimas pakeitė dugno reljefą uosto vartų rajone, poveikį dugno morfodinamikai tai turėjo gerokai didesniame plote. Taigi tol, kol Kopgalio priekrantės reljefas prisitaikė prie naujų sąlygų, smėlio nešmenys buvo „atitraukiami“ nuo paplūdimio. 2002–2006 m. susiaurėjus paplūdimiui, ties Kopgalio prasidėjo ir apsauginio kopagūbrio ardymas. Priekrantėje atsistačius stabiliam profiliui, stabilizavosi ir viršvandeninė dalis, prasidėjo akumuliacija ir paplūdimio plėtimasis.

Kitokie procesai stebimi Melnragės–Girulių ruože. Iki 2000 m. kranto zona šiauriau uosto vystėsi veikiama daugelį metų nesikeitusiam molų ir artimo natūraliam nešmenų balansui. Priekrantės litodinaminė būklė buvo stabili. Krante iš esmės vyravo dinaminė pusiausvyra su nedidele akumuliacijos tendencija. Paplūdimio ir apsauginio kopagūbrio būklė buvo gera, nors kai kur krante buvo lokalių abrazinių atkarpų ir defliacijos procesų suskaidyto kopagūbrio ruožų.

Po uosto vartų rekonstrukcijos litodinaminiai ir hidrodinaminiai procesai turėjo prisitaikyti prie uosto molų pakeistų sąlygų. Priekrantėje sumažėjo povandeninių sėklių skaičius, suplonėjo dugną dengiančių purių nuosėdų danga. Kai kuriose vietose dugne fragmentiškai atsidengė moreninis priemolis. Ypač

reikšmingai pasikeitė priekrantės dugno reljefas. Kitokia tapo izobatų tįsa. Jei anksčiau jos buvo išgaubtos į jūros pusę, tai dabar išsigaubė kranto link. Ženkliai prie kranto priartėjo trijų ir penkių metrų izobatos (1 pav.). Padidėję priekrantės gyliai ir nuolydžiai padidino kranto link sklindančių bangų energiją. Be to, šioje atkarpoje per audras gali susidaryti didesnė patvanka. Šie veiksniai lėmė didelę kranto ardą. Šiauriau uosto esantį ir dabar ardomą kranto ruožą labiausiai neigiamai gali veikti vakarų krypties bangavimas.

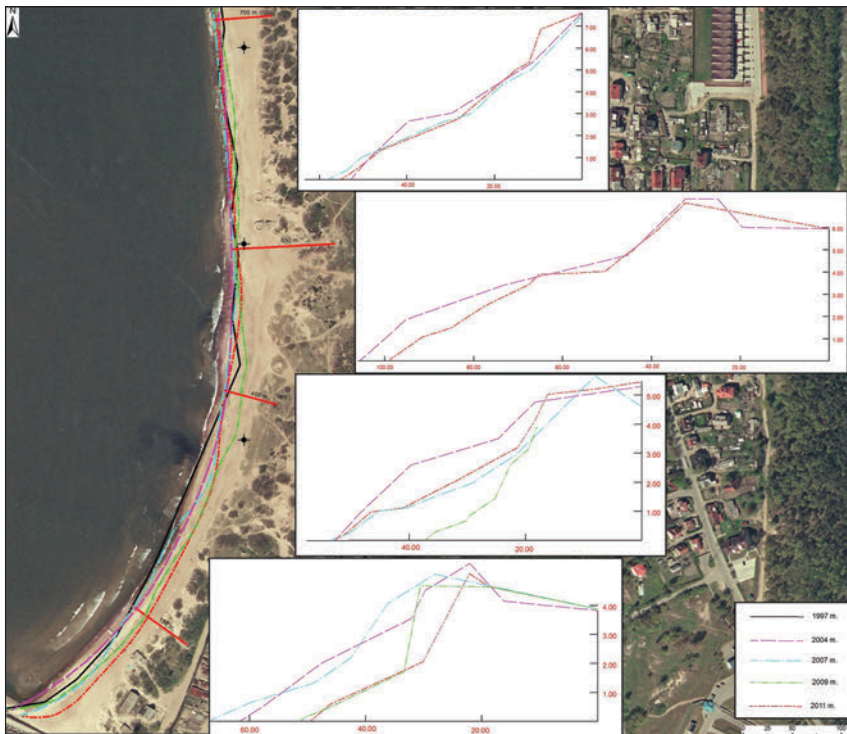


1 pav. Jūros priekrantės į šiaurę nuo uosto dugno gylių schema 2007 m. (sudarė R. Žaromskis)

Rekonstravus uosto vartus, krantas degradavo maždaug 600 m atkarpoje nuo uosto molo į šiaurę. Kranto degradacija dabar vyksta jau ne tik esant ekstremaliems režimams, bet ir kiek stipresniems negu vidutiniai bangavimams. Dėl abrazijos procesų šiame ruože kranto linija 2004–2011 m. atsitraukė iki 25,3 m ir ši tendencija kol kas išlieka (2 pav.).

Apibendrintos krantų raidos tendencijos ir pagrindiniai paplūdimio ir apsauginio kopagūbrio parametrų rodikliai pateikti 1 lentelėje.

Taigi pagrindinės Klaipėdos miesto jūros krantų būklės problemos yra susijusios su Klaipėdos uosto įplaukos kanalo ir hidrotechninių įrenginių keliamu poveikiu. Šis poveikis dabartiniu metu intensyviausiai pasireiškia apie 600 m ilgio kranto ruože tarp šiaurinio uosto molo ir I Melnragės, kur krantas intensyviai ardomas. Neigiamos krantodaros tendencijos, stebėtos 1993–2004 m. atkarpoje I Melnragė–Giruliai, iš dalies buvo stabilizuotos atliekant priekrantės papildymą smėliu, iškasamu valant įplaukos kanalą (GGI duomenys, 2008).



2 pav. Kranto skersiniai profiliai ir kranto linijos kaita 2004–2011 m. Klaipėdos miesto ribose

2. Krantosauginės priemonės

Baltijos jūros Lietuvos kranto tvarkymo priemonės yra numatytos „Pajūrio juostos tvarkymo programoje 2014–2020 m.“ (TAR, 2014-04-16, Nr. 4473). Šioje programoje Klaipėdos miesto ribose krantosauginės priemonės siūloma taikyti Klaipėdos, Smiltynės ir Alksnynės rekreacinėse zonose.

Klaipėdos rekreacinė zona:

- kopagūbrio viršūnėje esančias defliacines formas ir vakarinį kopagūbrio šlaitą (ten, kur jis pažeistas) kasmet dengti šakų klojiniais ($21\,000\text{ m}^2$);
- kopagūbrio šlaito papėdę kasmet tiesinti viena žabtvtorių eile, o kopagūbrio viršūnėje vieną penktąją dalį esančių defliacinių formų skaidyti žabtvtorių stačiakampiais ($4\,100\text{ m}$);

1 lentelė. Jūros kranto charakteristika Klaipėdos m. teritorijoje (pagal GGI duomenis, 2008)

Ruožas	Ruožo ilgis (m)	Paplūdimys	Apsauginis kopagūbris	Krantodaros tendencijos
Alksnynė	1 300	Plotis 62 m; aukštis iki 3 m; sąnašų kiekis 89,5 m ³ /m	Kopagūbris viengūbris, aukštis 9–10 m	Krantas stabilus, silpna akumuliacija
Alksnynė–Smiltynė	2 200	Plotis 60 m; aukštis iki 3,2 m; sąnašų kiekis 94,3 m ³ /m	Kopagūbris viengūbris, kupoliškas, aukštis iki 13 m	Krantas stabilus, silpna akumuliacija
II Smiltynė	2 600	Plotis 65 m; aukštis iki 3,5 m; sąnašų kiekis 79,2 m ³ /m	Kopagūbris dvigūbris, aukštis 12–13 m	Krantas stabilus, silpna akumuliacija
I Smiltynė	2 270	Plotis 40–50 m; aukštis iki 3,5 m; sąnašų kiekis 65,8 m ³ /m	Kopagūbris dvigūbris, aukštis 10–12 m	Krantas stabilus, silpnas išplovimas
Kopgalis	900	Plotis 40–50 m; aukštis iki 3,5 m; sąnašų kiekis 95,0 m ³ /m	Kopagūbrio aukštis 6–11 m	Krantas nepastovus, pasireiškia ir išplovimo, ir akumuliacijos tendencijos
Uosto šiaurinis molas–I Melnragė	450	Plotis iki 30 m; aukštis 1,0–3,5 m; sąnašų kiekis iki 44,80 m ³ /m	Kopagūbris degraduojantis, aukštis 1–2 m, plotis 10–40 m	Krantas išplaunamas
I Melnragė	1 050	Plotis iki 35–40 m; aukštis iki 5,0 m; sąnašų kiekis 90,0 m ³ /m	Kopagūbrio aukštis 2,5 m, plotis 90 m	Silpnas išplovimas
II Melnragė	1 300	Plotis iki 38 m; aukštis iki 4,0 m; sąnašų kiekis 69,2 m ³ /m	Kopagūbris dvigūbris, plotis 127 m, aukštis 3–4 m	Stabilus
II Melnragė	850	Plotis 45–55 m; aukštis iki 3,5 m; sąnašų kiekis 75,0 m ³ /m	Kopagūbris dvigūbris, plotis 70 m, aukštis 3–4 m	Stabilus
Giruliai	1 350	Plotis 47 m; aukštis iki 4,0 m; sąnašų kiekis 78,5 m ³ /m	Kopagūbris dvigūbris, plotis 40 m, aukštis 5 m	Silpnas išplovimas

- nutiesti šešis naujus takus ir pastatyti dvejus naujus laiptus, kasmet dalį laiptų ir takų atnaujinti (iš viso laiptų – 150 m², takų – 1 400 m²);
- įrengti iki 450 vietų dviračių stovų;
- parengti I Melnragės priekrantės rekultivacijos projektą;
- vykdyti kartotinę I Melnragės priekrantės rekultivaciją.

Smiltynės rekreacinė zona:

- vakarinį kopagūbrio šlaitą (vietas, kur kopagūbris pažeistas) kasmet dengti šakų klojiniais (6 000 m²).
- nutiesti aštuonis naujus takus ir pastatyti aštuonerius naujus laiptus, kasmet dalį laiptų ir takų atnaujinti (iš viso laiptų – 450 m², takų – 1 500 m²);
- įrengti iki 250 vietų dviračių stovų.

Alksnynės rekreacinė zona

- nutiesti vieną naują dvigubą taką ir kasmet jį atnaujinti (iš viso takų – 320 m²).
- įrengti 20 vietų dviračių stovų.

Pagal šią programą Klaipėdos miesto krantotvarkos priemonėms reikalingos lėšos pateikiamos 2 lentelėje. Atkreiptinas dėmesys į tai, kad nors programa ir numato būtinybę parengti I Melnragės priekrantės rekultivacijos programą bei vykdyti pačią rekultivaciją, tačiau nesprendžia problemišiausios kranto dalies tarp šiaurinio molo ir I Melnragės sutvarkymo.

2 lentelė. Investicijų poreikis krantotvarkos priemonėms įgyvendinti („Pajūrio juostos tvarkymo programa 2014–2020 m.“)

Nr.	Kranto ruožas	Investicijų poreikis, tūkst. Lt	
		Kasmetinis poreikis*	Vienkartinis poreikis**
66	Klaipėdos rekreacinė zona	358,96	105,04
99	Smiltynės rekreacinė zona	151,72	66,38
110	Alksnynės rekreacinė zona	4,08	18,28
	Iš viso	514,76	189,7

* Investicijų poreikis krantotvarkos priemonėms (kopagūbriui tvirtinti ir rekreacinei infrastruktūrai atnaujinti) įgyvendinti kiekvieniems 2014–2020 m. laikotarpiu metams.

** Vienkartinių investicijų poreikis krantotvarkos priemonėms (rekreacinės infrastruktūros plėtrai ir priekrantės bei paplūdimio sąnašoms papildyti) įgyvendinti 2014–2020 m. laikotarpiu.

Klaipėdos m. savivaldybė yra parengusi Melnragės ir Girulių rekreacinės teritorijos iki Pajūrio regioninio parko pietinės ribos Specialiojo plano sprendinius (UAB „TEAM projektų valdymas“, 2013). Šiuose sprendiniuose aptariamos jūrinių krantų, apsauginio paplūdimio kopagūbrio ir paplūdimių tvarkymo galimybės. Melnragės–Girulių ruože rekomenduojama taikyti kompleksines krantotvarkos priemones prioritetą suteikiant „kietosioms“ (bunos, bangolaužiai, apsauginio stabilizuojančiojo kopagūbrio įrengimas). Šių priemonių mastai ir taikymo ribos turėtų būti apibrėžtos techninių galimybių studijoje. Taip pat nurodoma, kad turi būti parengtos „Uosto įplaukos gilinimo darbų poveikio Melnragės–Girulių ruožo krantams“ ir „Planuojamos Girulių salos įrengimo poveikio krantams“ mokslinių tyrimų studijos. Atkreiptas dėmesys į būtinybę sustiprinti krantų stebėseną (monitoringą).

2013 m. parengtas Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo maksimalaus gilinimo ir platinimo plėtros planas ir SPAV ataskaita (UAB „SWECO Lietuva“, 2013). Jame siūloma uosto įplaukos kanalą paplatinti, pasukti vedlinę ir pagilinti iki 17,0 m. Šiam tikslui reikėtų sutvirtinti esamus uosto molus ir įplaukos kanalo šlaitus. Tačiau vertinimo ataskaitoje šių sprendinių strateginių pasekmių aplinkai poveikis jūros krantams ir Klaipėdos miesto rekreacinei aplinkai nebuvo nagrinėtas.

Literatūra

- Lietuvos Baltijos jūros krantų tvarkymo programa 2008–2013 m. Geologijos ir geografijos institutas (GGI), 2008, 86 p.
- Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo maksimalaus gilinimo ir platinimo plėtros plano sprendinių SPAV ataskaita. UAB „SWECO Lietuva“, 2013, 232 p.
- Rekreacinių teritorijų nuo Švyturio g., Melnragės, Girulių iki Karklės dviračių takų, paviršinių nuotekų, upelių sutvarkymo ir kraštovaizdžio specialusis planas. Sprendinių konkretizavimas. UAB „TEAM projektų valdymas“, 2013.
- Žaromskis, R., Gulbinskas, S., 2011. Nearshore nourishment for sandy shore stabilization, Lithuania (south-eastern part of the Baltic Sea). *Proceedings of the International Conference „Construction of Artificial Lands in the Coastal and Offshore Areas“*, Novosibirsk, August 1–6, 2011. Novosibirsk: Publ. House of SB RAS, 151–156.
- Žaromskis, R., Gulbinskas, S., 2011. Smėlio nešmenų migracijos ypatumai Baltijos jūros Lietuvos žemyniniame krante. *Jūros ir krantų tyrimai 2011*, Klaipėda, 272–276.
- Žaromskis, R., Gulbinskas, S., 2012. *Impact of Klaipėda Port gates reconstruction on coastal dynamics*. IEE OES Baltic International Symposium, Klaipėda.

IX. Šaltiniai

Galiojantys teritorijų planavimo dokumentai

Jūros krantų apsaugos ir naudojimo nuostatai (Žin., 2000, Nr. 19-473).

Lietuvos Baltijos jūros krantotvarkos strategijos nuostatos (Žin., 2001 Nr. 103-3690).

Lietuvos Respublikos pajūrio juostos įstatymas (Žin., 2002, Nr. 73-3091).

Pajūrio juostos tvarkymo programa (Žin., 2003, Nr. 88-4004).

Grunto kasimo jūrų ir jūrų uostų akvatorijose bei iškastų gruntų tvarkymo taisyklės LAND 46-2002 (Žin., 2002, Nr. 27-9760).

LR planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymas (Žin., 1996, Nr. 82-1965; 2005, Nr. 84-3105; 2008, Nr. 81-3167; 2010, Nr. 54-2647; 2011, Nr. 77-3720).

LR aplinkos monitoringo įstatymas 1997-11-20 Nr. VIII-529 (Žin. 1997, Nr. 112-2824, 2006, Nr. 57-2025).

LRV nutarimas „Dėl bendrųjų buveinių ar paukščių apsaugai svarbių teritorijų nuostatų patvirtinimo“, 2004 m. kovo 15 d. Nr. 276 (Žin., 2004, e41-1335); nauja nuostatų redakcija (nuo 2011-06-03) Nr. 614, 2011-05-25, Žin., 2011, Nr. 67-3171 (2011-06-02).

LR saugomų teritorijų įstatymas, 1993 m. lapkričio 9 d. Nr. I-301, Vilnius; nauja įstatymo redakcija: Nr. IX-628, 2001-12-04, Žin., 2001, Nr. 108-3902 (2001-12-28).

LR saugomų gyvūnų, augalų, grybų rūšių ir bendrųjų įstatymas, 2009 m. gruodžio 17 d. Nr. XI-578, Vilnius (Žin., 1997, Nr. 108-2727; 2001, Nr. 110-3987).

LR laukinės augalijos įstatymas, 1999 m. birželio 15 d. Nr. VIII-1226, Vilnius.

LR augalų nacionalinių genetinių išteklių įstatymas, 2001 m. spalio 9 d. Nr. IX-533, Vilnius.

LR miškų įstatymas, 1994 m. lapkričio 22 d. Nr. I-671, Vilnius; nauja įstatymo redakcija nuo 2001 m. liepos 1 d., Nr. IX-240, 2001 04 10, Žin., 2001, Nr. 35-1161 (2001 04 25).

LR aplinkos apsaugos įstatymas, Žin., 1992, Nr. 5-75.

Ba287 Baltijos jūros krantų erozijos problemų analizė ir sprendimo būdai: Inga Dailidienė, Leonora Živilė Gelumauskaitė, Algimantas Grigelis, Saulius Gulbinskas, Loretą Kelpšaitė, Jūratė Kriaučiūnienė, Petras Zemlys / sudarytojas Algimantas Grigelis. – Vilnius: Lietuvos mokslų akademija, 2015. – 156 p., lent., iliustr.

The Lithuanian Baltic Sea Coastal Erosion Analysis and Solution of the Problems: Inga Dailidienė, Leonora Živilė Gelumauskaitė, Algimantas Grigelis, Saulius Gulbinskas, Loretą Kelpšaitė, Jūratė Kriaučiūnienė, Petras Zemlys / compiler Algimantas Grigelis. – Vilnius: Lithuanian Academy of Sciences, 2015. – 156 p., tabl., ill., in Lithuanian.

ISBN 978-9986-08-055-8

UDK 551.4(261.24)

Aurių grupės parengtoje studijoje pateikiamos naujausios mokslo žinios apie Lietuvos Baltijos jūros krantų būklę, natūralių ir antropogeninių veiksnių, turinčių įtakos krantodaros procesams, ir jūros krantų erozijos problemų analizė, nustatyta galima tokių veiksnių įtaka gyvajai gamtai ir žmogui. Studijoje identifikuotos Klaipėdos valstybinio jūrų uosto gamtonaudos problemos, Klaipėdos miesto jūros krantų erozijos procesai, išnagrinėtas galimas šių procesų, turinčių tiesioginę ar netiesioginę įtaką miesto ir gyventojų veiklos plėtrai, poveikis žmogui aplinkai, rekreacijai, gyvajai gamtai, žemėnaudai, pasiūlyti problemų sprendimo būdai 2014–2020 m. laikotarpiu.

Studija parengta įgyvendinant Europos socialinio fondo ir Lietuvos Respublikos biudžeto lėšomis finansuojamą projektą *Integrato mokslo, studijų ir verslo centro (slėnio) „Nemunas“ programos įgyvendinimas, stiprinant partnerystę ir institucijų veiklą pagal priemonę MTTP tematinų tinklų, asociacijų veiklos stiprinimas* (VP1-3.1-ŠMM-05-K-02-018).

Kalbos redaktorės Roma NIKŽENTAITIENĖ (Klaipėdos universiteto leidykla)
ir Aurika BAGDONAVIČIENĖ (Lietuvos mokslų akademija)

Maketuotoja Miglė DATKŪNAITĖ

Išleido Lietuvos mokslų akademija
Gedimino pr. 3, 01103 Vilnius

Spausdino UAB „Parazitas“
Kalvarijų g. 143, 08221 Vilnius
www.parazitas.lt

Tiražas 100 egz.



MOKSLAS • EKONOMIKA • SĄNGLAUDA



EUROPOS SĄJUNGA
(EUROPOS SOCIALINIS FONDAS)

Kuriame Lietuvos ateitį

