

**“IESPĒJAMO RISINĀJUMU KOPUMA IZSTRĀDE JŪRAS KRASTA  
EROZIJAS MAZINĀŠANAI”**

*Iepirkuma identifikācijas numurs KEM 2023/1*

**NOSLĒGUMA ZIŅOJUMS**

**IETEIKUMU SAGATAVOŠANA JŪRAS KRASTA EROZIJAS  
MONITORINGAM**



Izstrādātājs:  
Biedrība “Baltijas krasti”

2024. gada marts

*“Pētījums tiek finansēts no Norvēģijas finanšu instrumenta finansētās programmas “Klimata pārmaiņu mazināšana, pielāgošanās tām un vide” projekta Nr.LV-CLIMATE-0001 “Klimata pārmaiņu politikas integrācija nozaru un reģionālajā politikā” līdzekļiem”.*

## IZMANTOTIE SAĪSINĀJUMI UN TERMINU SKAIDROJUMS

<b>EM</b>	Ekonomikas ministrija
<b>ES</b>	Eiropas Savienība
<b>HELCOM</b>	Baltijas jūras vides aizsardzības komisija (Helsinki komisija)
<b>IPCC</b>	Klimata pārmaiņu starpvaldību padome
<b>KEM</b>	Klimata un enerģētikas ministrija
<b>Krasta kāpu aizsargjosla</b>	Baltijas jūras un Rīgas jūras līča krasta kāpu aizsargjosla
<b>LAS</b>	Latvijas normālo augstumu sistēma
<b>LIAS</b>	Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija „Latvija 2030”
<b>LPS</b>	Latvijas Pašvaldību savienība
<b>LVĢMC</b>	Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs
<b>LU</b>	Latvijas Universitāte
<b>LU ĢZZF</b>	Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
<b>LU ĢZZF LJKĢPM</b>	LU ĢZZF Latvijas jūras krasta ģeoloģisko procesu laboratorija
<b>MK</b>	Ministru kabinets
<b>NAI</b>	notekūdeņu attīrīšanas iekārtas
<b>Natura 2000</b>	Eiropas nozīmes aizsargājamās dabas teritorijas
<b>pamatnostādnes</b>	Piekrastes telpiskās attīstības pamatnostādnes 2011.-2017.gadam
<b>Tematiskais plānojums</b>	Valsts ilgtermiņa tematiskais plānojums Baltijas jūras
<b>piekrastes</b>	publiskās infrastruktūras attīstībai, 2016. gads
<b>Rekomendācija</b>	Eiropas Parlamenta un Padomes Rekomendācija integrētai piekrastes zonas pārvaldībai
<b>SSP</b>	Klimata pārmaiņu scenāriji <i>Shared Socioeconomic Pathways</i>
<b>VARAM</b>	Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija
<b>VASAB</b>	Baltijas jūras reģiona valstu (Zviedrijas, Dānijas, Norvēģijas, Vācijas, Polijas, Lietuvas, Latvijas, Igaunijas, Baltkrievijas, Krievijas un Somijas) par telpisko plānošanu un attīstību atbildīgo ministru sadarbība (Vīzija un stratēģijas apkārt Baltijas jūrai)
<b>Vides pārskats</b>	Vides pārskata projekts, kas sagatavots stratēģiskā ietekmes uz vidi novērtējuma ietvaros

### Izmantoto ar jūras krastu eroziju saistīto terminu skaidrojums

- deflācija – (izpūšana) vēja erozijas rezultātā notikusi kāpu fragmentācija, dažādu robu un “bedru” veidošanās kāpā
- erozijas vai krasta atkāpšanās riska zona – krasta josla iekšzemes virzienā no mūsdienu pamatkrasta robežas, kurā noteiktā laika periodā var notikt krasta erozijas izraisīta reljefa pārveidošanās
- jūras krasta erozija – vēja viļņu iedarbības rezultātā notiekoša grunts (smilšu, grants, māla u. c.) noskalošanās no krasta nogāzes augšējās daļas (g.k. sauszemes) un nonākšana zemūdens nogāzē
- krasta atkāpšanās – hroniskas un ilgstošas krasta erozijas rezultātā notiekoša krasta līnijas un pamatkrasta robežas pārvietošanās iekšzemes virzienā, jūras uzvirzīšanās sauszemei
- krasta nogāzes „atjaunošanās” – mērenas intensitātes viļņu un vēja darbības rezultātā notiekoša sanešu pārvietošanās pa krasta nogāzi uz augšu, atjaunojot pirms erozijas epizodes raksturīgo reljefu, parasti novērojama tikai akumulatīvos krasta posmos

- krasta nogāzes augšējā daļa – josla starp vidējā ūdenslīmeņa līniju un krasta zonas iekšzemes robežu, vietu līdz kurai iekšzemes virzienā mūsdienās sniedzas jūras reljefveidojošā darbība, parasti sastāv no pludmales un primārajām kāpām vai stāvkrasta nogāzes
- m<sup>3</sup>/m – sanešu apjoms jūras krasta zonā, kas izteikts kubikmetros uz vienu metru platu (garkrasta griezumā) krasta iecirkni
- mākslīgs krasts – krasta posms, kurā dēļ preterozijas hidrotehniskām [DG1] būvēm ir būtiski izmainīti vai traucēti dabiskie jūras krasta ģeoloģiskie procesi
- ostas ārējās hidrotehniskās būves – ostas moli, preterozijas būves un kuģu ceļa padziļinājums
- piebarošana – krasta sistēmas mākslīga papildināšana ar smalkgraudainiem sanešiem, tos uzberot vai uzskalojot no lielāka dziļuma vai sauszemes ieguves vietām
- pludmale – ļoti mainīga krasta zonas (joslas) virsūdens daļa, kas epizodiski pakļauta viļņu gāzumam iedarbībai, iekšzemes pusē tā robežojas ar stāvkrasta piekāji vai primāro kāpu joslu
- preterozijas būves / aizsargbūves / aizsargkonstrukcijas / invazīvās erozijas ierobežošanas metodes – agresīvas darbības krasta erozijas ierobežošanā, kas ietver tādu pasākumus un būves, kuras mazina pienākošo viļņu enerģiju, vai tādas, kas stiprina/nosedz krasta nogāzes augšējo daļu veidojošos iežus, būtiski izmainot apstākļus krasta sistēmā un var novest pie krasta mākslīgošanās, kā arī veicināt krasta izmaiņas citviet
- priekškāpa – primārā vējnesto pludmales smilšu uzkrāšanās vaļņveida reljefa forma
- sanešu apmaiņas bilance – attiecība starp krasta erozijas rezultātā aizskaloto un krasta akumulācijas rezultātā uzkrāto sanešu apjomu kādā konkrētā krasta vietā, iecirknī vai reljefa formā (noteiktā laika periodā)
- sanešu deficīts jūras krastā – apstākļi, kuros krasta iecirknim pieplūstošo sanešu apjoms ir mazāks par noskaloto apjomu
- sekundārā kāpa – senākas paaudzes priekškāpa, kuras reljefa izmaiņas vairs nenotiek, un kuru parasti sedz skraja veģetācija, var izveidoties pelēko kāpu biotops
- stāvkrasts (jūras) – galvenokārt jūras krasta ģeoloģisko procesu (hroniskas erozijas) rezultātā izveidojusies reljefa forma ar stāvu nogāzi un iežu atsegumu
- transgresija (jūras) – krasta līnijas pārvietošanās iekšzemes virzienā uz augstāku vietu, arī sauszemes applūšana
- varbūtība <5 %/gadā – notikums iespējams retāk kā vidēji vienu reizi 20 gados

# SATURS

IZMANTOTIE SAĪSINĀJUMI UN TERMINU SKAIDROJUMS.....	2
SATURS.....	4
IEVADS.....	5
I Krasta eroziju veicinošie faktori un to analīze .....	6
1.1. Dabiskie krasta eroziju veicinošie faktori.....	9
1.2. Krasta eroziju veicinošie cilvēkfaktori .....	11
II Krasta erozijas nodarītie zaudējumi .....	18
2.1. Apkopotā informācija no plašsaziņas līdzekļiem .....	18
2.2. Pašvaldību informācija par krasta erozijas radīto postījumu atjaunošanai .....	35
2.3. Piekrastes erozijas potenciāli radīto zaudējumu aprēķināšanas metodoloģija.....	37
Ieteicamās vērtības un metodes monetāro izmaksu noteikšanai.....	42
2.4. Paredzamā klimata pārmaiņu ietekme uz tautsaimniecības nozarēm .....	44
III Krasta erozijas monitorings un turpmākie pētījumi.....	50
3.1. Mūsdienās krasta pētījumos pielietojamo metožu kopums .....	50
3.2. Rekomendācijas turpmākai jūras krasta monitoringa programmas īstenošanai .....	56
IV Pētījuma galvenie rezultāti, secinājumi un priekšlikumi turpmākai rīcībai. ....	58
4.1. Pētījuma galvenie rezultāti, secinājumi .....	58
4.1.1. Datu un pētījumu trūkums .....	58
4.1.2. Jūras krastu ģeoloģiskie procesi, eroziju ietekmējošie faktori.....	59
4.1.3. Hidrometeoroloģisko apstākļu un klimata pārmaiņu ietekme uz jūras krasta eroziju .....	59
4.1.4. Riska klases.....	60
4.1.5. Risinājumi krasta aizsardzībai pret eroziju .....	62
4.1.6. Risinājumu ieviešanas izmaksu un zaudējumu aprēķināšana.....	65
4.2. Priekšlikumi turpmākai rīcībai un nepieciešamie pētījumi.....	67
Izmantotā literatūra .....	69

## IEVADS

Noslēguma ziņojums - **Ieteikumu sagatavošana jūras krasta erozijas monitoringam** – ir izstrādāts Pētījuma “Iespējamo risinājumu kopuma izstrāde jūras krasta erozijas mazināšanai” ietvaros. Pētījuma mērķis ir izstrādāt iespējamo risinājumu kopumu jūras krasta erozijas mazināšanai, lai sniegtu atbalstu jūras piekrastes teritoriju attīstības plānošanā un apsaimniekošanā, kā arī lai ierobežotu jūras krasta eroziju un tās sekas klimata pārmaiņu ietekmē. Pētījumu īsteno Biedrība “Baltijas krasti” Latvijas Republikas Klimata un enerģētikas ministrijas uzdevumā, Pētījuma īstenošanas laiks ir no 2023. gada oktobra līdz 2024. gada martam.

Noslēguma ziņojuma ietvaros veikti šādi uzdevumi:

1. Uzskaitīti un raksturoti krasta eroziju veicinošie faktori, veikta to analīze.
2. Apkopota pieejamā statistika par pēdējos 10 gados krasta erozijas nodarītajiem postījumiem zemes īpašniekiem un analizēta zaudējumu korelācija ar klimatisko datu izmaiņām.
3. Izstrādāta metodoloģija zaudējumu aprēķināšanai.
4. Izstrādāti argumentēti ieteikumi krasta erozijas monitoringa pastāvīgai nodrošināšanai un turpmākiem pētījumiem jūras krasta aizsardzībai.
5. Sniegti argumentēti ieteikumi Latvijas normatīvo aktu un atbilstošo politikas plānošanas dokumentu uzlabošanai, lai ietvertu pastāvīga krasta erozijas monitoringa nodrošināšanu.
6. Apkopoti pētījuma galvenie rezultāti, atziņas, secinājumi un sniegti priekšlikumi turpmākai rīcībai.

Ziņojuma 1. nodaļa ietver krasta eroziju veicinošo faktoru aprakstu un analīzi, uzskaitot galvenās likumsakarības, kurām seko krasta dabiskā pārveidošanās virzoties uz līdzsvara stāvokli, krasta eroziju veicinošos dabiskos un cilvēkfaktorus.

Ziņojuma 2. nodaļā sniegts pieejamās informācijas apkopojums par pēdējo 10 gadu laikā krasta erozijas nodarītajiem postījumiem un zaudējumiem, kā arī analizēta zaudējumu korelācija ar klimatisko datu izmaiņām. Šajā nodaļā ietverta arī autoru izstrādātā metodoloģija zaudējumu aprēķināšanai.

Ziņojuma 3. nodaļā apskatīta nepieciešamība veikt krasta erozijas monitoringu - regulāru krasta zonas mainības uzraudzību, to morfodinamikas novērtēšanu un sanešu pārnesi ietekmējošo procesu noteikšanu, kas kļūst arvien svarīgāka, lai labāk izprastu krasta sistēmu izmaiņas un attīstības tendences, kā arī varētu sagatavoties un atbilstoši pielāgoties nākotnē sagaidāmiem augstvarbūtīgiem izaicinājumiem. Nodaļā aprakstītas mūsdienās krasta pētījumos izmantoto daudzveidīgo datu ieguves pieejas, kā arī sniegti priekšlikumi jūras krasta izmaiņu monitoringa programmas optimālajai kompozīcijai.

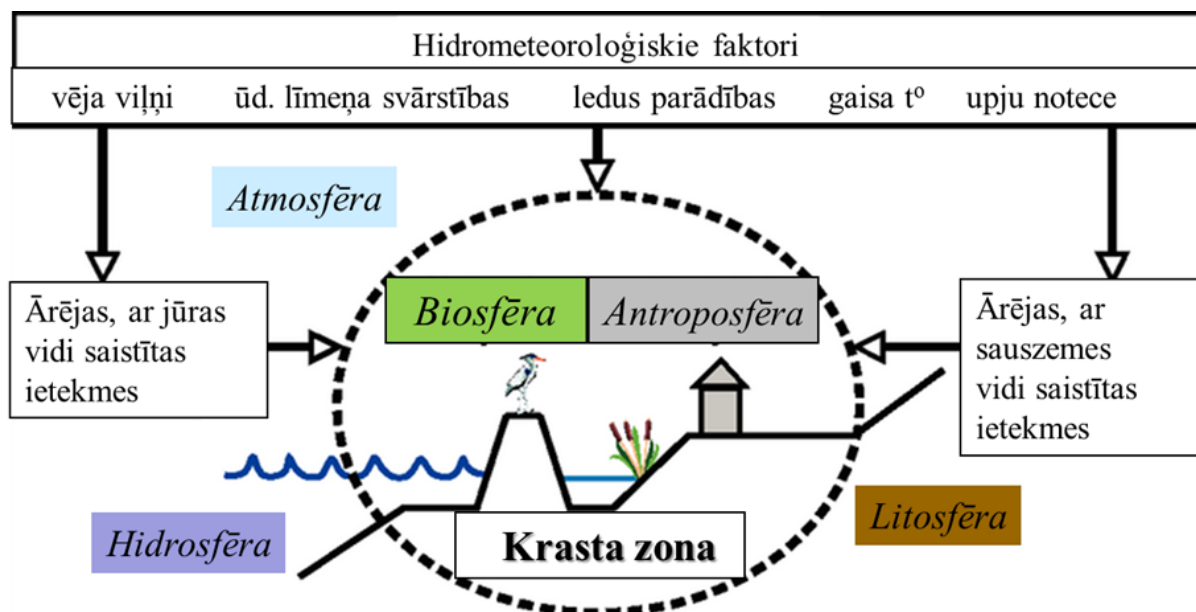
Ziņojuma noslēguma sadaļa ietver visa pētījuma galveno rezultātu un secinājumu apkopojumu, kā arī priekšlikumu un rekomendācijas turpmākajai rīcībai un nepieciešamajiem pētījumiem.

## I Krasta eroziju veicinošie faktori un to analīze

Jūras krasta zonas, kas parasti sastāv no tādām galvenajām daļām kā zemūdens nogāze, pludmale un tai piekļautā primārā kāpa, morfometriskie parametri un īpašības (vidējais slīpums, augstums dažādās vietās un irdeno sanešu krājumi) vienmēr atrodas nepārtrauktā mainības procesā, kas ilgtermiņā tiecas uz dinamiskā līdzsvara stāvokli. Virzība uz līdzsvara stāvokli notiek vienlaicīgi gan kā „līdzsvara šķērsprofila” veidošanās, gan kā „krasta līnijas līdzsvara stāvokļa” veidošanās plānā, kas parasti novērojama kā pakāpeniska krasta līnijas izlīdzināšanās un iztaisnošanās.

Raksturojot jūras krastu ir jāņem vērā arī tas, ka krasts faktiski ir kompleksa lito-ģeomorfoloģiska sistēma, kas sastāv no dažāda mēroga savstarpēji atkarīgām (mijiedarbē esošām) elementārdaļām (parasti šāda krasta sistēma ir pilnībā vai daļēji nodalīta no citiem krasta posmiem/sistēmām). Katrai šādai krasta sistēmas daļai ir savi tipiskie izmēri un pastāvēšanas ilgums (vai mainības ilgums). Krasta sistēmas mainībā liela nozīme ir arī dažādiem kvazicikliem. Latvijas viļņu dominētajos krastos īstermiņā noteicošais ir viļņu uzplūšanas–atplūšanas cikls, bet ilgtermiņā – „vētra-klusais periods” cikls (neliela nozīme ir arī upju sanešu pienesuma sezonalitātei, kā arī vēju valdošā virziena sezonalitātei). Mainību nodrošina dažādu Saules enerģijas pārveidojumu “piegādātās” enerģijas tērēšana, kas rezultējas krasta zonas iežu un nogulumu erozijā, abrāzijā, mobilizācijā, pārvietošanā, šķirošanā un deponēšanā (uzkrāšanā). Praksē šo procesu summas izpausme ir novērojama kā krasta atkāpšanās iekšzemes virzienā vai pieaugšana jūrpusē. Vienlaikus notiek arī esošu reljefa formu noārdīšanās un jaunu veidošanās.

Ja kādi krasta nogāzē esoši elementi ir ļoti izturīgi pret viļņu iedarbību un nepakļaujas erozijai (piemēram, cietu iežu atsegumi vai ievērojams daudzums laukakmeņu), krasta dinamiskā līdzsvara profila veidošanās var turpināties ļoti ilgi (pat daudzus tūkstošus gadu). Tomēr, ja krasta zona sastāv tikai no irdeniem nogulumiem, dinamiskā līdzsvara stāvoklis var tikt sasniegts samērā ātri – gadu vai gadu desmitu laikā pēc citu ārējo apstākļu stabilizēšanās. Krasta joslas izskats un reljefa īpatnības arī pēc līdzsvara stāvokļa sasniegšanas nekļūst statiskas, bet hidrometeoroloģisko apstākļu mainības ietekmē svārstās ap šo līdzsvara stāvokli. Visaktīvākās svārstības izraisa reakcija uz hidrodinamisko faktoru svārstībām (plūdmaiņu cikli, vēja parametru sezonāla mainība un sekojoša viļņu režīma mainība) un tādām ārējām ietekmēm, kas izmaina konkrētajā krasta vietā pieejamo sanešu apjomu (1. attēls).



1. attēls. Jūras krasts ir ļoti izstiepta un relatīvi šaura josla, kurā notiek atmosfēras, hidrosfēras, litosfēras, biosfēras un antroposfēras saskare un mijiedarbība. Attēlā shematiski vizualizēti galvenie jūras krasta zonu ietekmējošie, pārveidi virzošie un pārveidi limitejošie faktori.

Galvenās likumsakarības, kurām seko krasta dabiskā pārveidošanās virzoties uz līdzsvara stāvokli ir šādas:

- Ja krasta sistēmā izveidojas sanešu pārsātinājums – notiek krasta uzvirzīšanās jūrai un akumulatīvo formu veidošanās, jo īpaši primāro kāpu augšana un / vai barjerformu veidošanās (tur tiek deponēts „liekais” sanešu materiāls);
- Ja krasta sistēmā izveidojas sanešu deficīts – notiek krasta atkāpšanās un erozijas formu veidošanās (materiāla deficīts tiek kompensēts to noskalojot no krasta virsūdens daļas);
- Ja krasta nogāze pastāvinās (tiek mākslīgi pastāvināta) – viļņu enerģija tiek tērēta nogāzes augšējā daļā un notiek erozija / abrazija, līdz nogāze kļūst vietas hidrodinamiskajiem apstākļiem pietiekami lēzena;
- Ja nogāze kļūst (tiek padarīta) lēzenāka – intensīvākās akumulācijas zona izveidojas zemūdens nogāzē lielā attālumā no ūdenslīnijas un akumulācija notiek tikmēr, kamēr nogāze kļūst vietas apstākļiem piemēroti stāva;
- Vienlaicīgi notiek abrazētā un mobilizētā sanešu materiāla šķirošana pēc hidrauliskā rupjuma – smalkāko frakciju saneši nonāk lielā dziļumā un pamet krasta sistēmu.

Būtiski nošķirt krasta īslaika mainību, kas notiek haotiski “svārstoties” ap dinamiskā līdzsvara “nulli”, un strukturālās (fundamentālās-paliekošās) izmaiņas krasta sistēmā, kuras var notikt tikai kā reakcija uz strukturālām-paliekošām hidrodinamisko apstākļu izmaiņām, paliekošām sanešu pieejamības izmaiņām vai relatīvā ūdenslīmeņa izmaiņām. Šīm strukturālajām izmaiņām var būt pilnībā dabisks, kombinēts vai pilnībā cilvēkfaktors balstīts cēlonis. Ja strukturālās izmaiņas notiek lēni (lēnāk nekā var notikt krasta sistēmas pielāgošanās un līdzsvara stāvokļa atjaunošanās atbilstoši jaunajiem apstākļiem, krasta pārveidošanās notiks bez būtiskām izmaiņām krasta ainavā – mainīsies tikai krasta līnijas un krastu veidojošo elementu novietojums – tie ļoti lēni “migrēs” iekšzemes vai jūras virzienā. Ja strukturālās izmaiņas ir straujas (apstākļi mainās ātrāk nekā krasta zonas reljefā var notikt virzība uz jauno līdzsvara stāvokli), agrākajam līdzsvara stāvoklim raksturīgā ainava pilnībā izmainīsies, krasta reljefs dramatiski pārveidosies un krasta līnijas migrācija (vai zemo teritoriju applūšana) var notikt ļoti strauji.

Klimata pārmaiņas, kas ietekmē jūras līmeni, viļņu režīmu, gaisa temperatūru, upju noteces piegādāto sanešu pieplūdi, kāpu veģetācijas veidošanos un stabilitāti, ledus parādības utt. krastu dinamikas analīzē ir pieņemts uzskatīt par dabisku krasta mainības cēloni. Klimata pārmaiņu rezultātā notiekošā nobīde no iepriekš izveidotā līdzsvara stāvokļa notiek relatīvi lēni, un tāpēc tādi krasta iecirkņi, kuros dinamiskā līdzsvara stāvoklis ir bijis izveidojies, dramatisku reljefa pārveidošanos var nepiedzīvot. Jo īpaši tas ir attiecināms uz tādiem stabiliem dinamiskā līdzsvara krastiem, kuri ir ļoti lielu krasta sistēmu daļa, piemēram – visa Kurzemes rietumu krasta josla kādreiz piederēja pie vienotās austrumbaltijas krasta sanešu pārdales un apmaiņas sistēmas, kas sniedzās no Tarana raga Sembas pussalā dienvidos, līdz Kolkas ragam Kurzemes ziemeļos. Jāņem vērā, ka Latvijas krastos vēl joprojām ir saglabājušies daudzi posmi, kuros dinamiskā līdzsvara apstākļi nav izveidojušies. Šajos krasta iecirkņos klimata pārmaiņu radītās izmaiņas hidrodinamiskajos faktoros radīs ļoti daudzveidīgus efektus, kuru galvenās iezīmes būs šādas: līdzšinēji dabiskas erozijas dominētos iecirkņos erozija būtiski pastiprināsies, bet līdzšinēji dabiskas akumulācijas dominētos iecirkņos ir sagaidāma gan akumulācijas pastiprināšanās, gan tās “aprimšana”.

Pretēji iepriekš aprakstītajam, nozīmīgākās strukturālās (paliekošās) izmaiņas hidrodinamiskajos apstākļos un pieejamo krasta zonas sanešu nodrošinājumā parasti izraisa cilvēka iejaukšanās. Cilvēkfaktoru radītās ietekmes uz krasta procesiem parasti izraisa ļoti strauju (lēcienvēidīgu) apstākļu maiņu, kuras rezultātā arī iepriekš stabili dinamiskā līdzsvara krastu posmi var pilnībā pārveidoties un pārvietoties. Ņemot vērā to, ka cilvēkfaktoru radītās ietekmes dažkārt ir ar gadījuma raksturu (krasta preterozijas būvju ierīkošana vai vienreizēja grunts/būvmateriālu ieguve seklūdens zonā), to ietekme rezultējas īslaicīgā un ļoti agresīvā krasta “pārkārtošanās” epizodē, kas pakāpeniski aprims un beidzas tad, kad līdzsvars ir atjaunojies. Šāda krasta dabiskā stāvokļa atjaunošanās atkarībā no tam piemītošajām īpatnībām un traucējuma mēroga var aizņemt dažus gadus līdz gadu simtus. Tādi cilvēkfaktoru radīti traucējumi, kuri tiek ilgstoši “uzturēti” (ostu pieejas kanālu bagarēšana, intensīvas rekreācijas zonu neilgtspējīga apsaimniekošana, upju sanešu noteces paliekoši traucējumi (HES aizsprosti u.c.)) un kuru radītā ietekme uz krasta sistēmas stabilitāti netiek mērķtiecīgi kompensēta, rada apstākļus, kuros “dinamiskā līdzsvara” stāvoklis tiek izjaukts un tā atjaunošanās nevar notikt. Tas nozīmē, ka šādos gadījumos iepriekš krasta iecirknim neraksturīgi strauja akumulācija vai erozija saglabāsies vismaz tik ilgi, cik ilgi tiks uzturēts to radījušais traucējums.

Svarīgs jēdziens krasta erozijas cēloņu un sadalījuma īpatnību izskaidrošanā ir jau pieminētais krasta sanešu apmaiņas sistēmas jēdziens. Krasta sanešu apmaiņas sistēma (ārvalstu nozares literatūrā parasti tiek saukta arī par litorāles šūnu vai krasta sanešu apmaiņas šūnu “coastal sediment cell”) ir jūras krasta joslas posms, kura ietvaros eksistē gan erozijas zonas, gan akumulācijas zonas un sanešu “ieguves” avoti. Parasti erozija vienā sistēmas vietā nozīmē akumulāciju citā tās pašas sistēmas vietā; respektīvi sanešu sadalījums mainās, bet vienas sistēmas ietvaros kopumā tas saglabājas tuvs nemainīgam, turklāt neietekmējot vai gandrīz neietekmējot citas (blakus) krasta sistēmas. Vienkāršojot var uzskatīt, ka šāda krasta sistēma atrodas morfodinamiskā līdzsvarā, ja nogulumu sadalījuma izmaiņas svārstību ietekmē (ūdens līmeņa svārstības, viļņu klimats, tostarp vētras) ir īslaicīgas un kvazicikliskas. Ļoti ilgstoša erozija vai akumulācija šādā sistēmā var notikt tikai tad, ja pastāv kaut kāda mākslīga iejaukšanās vai mainās ārējie apstākļi un to rezultātā ir sagaidāma sistēmas robežu pārvietošanās (savienošanās ar blakus sistēmām, vai sadalīšanās/sabrukšana mazākās daļās).



## 1.1. Dabiskie krasta eroziju veicinošie faktori

Balstoties augstāk aprakstītajās likumsakarības, var izdalīt galvenos dabiskos procesus, kuru rezultāts var būt krasta erozijas pastiprināšanās:

1. Krasta sistēmas sanešu zudumi tiem nonākot dziļūdens apstākļos. Ļoti spēcīgu vētru laikā lieli viļņi izraisa smalkgraudaino krasta joslas sanešu migrāciju jūras virzienā, un nelabvēlīgos apstākļos veidojoties dažādām pārrāvuma un piegultnes straumēm šāda sanešu pārvietošanās var notikt līdz tādām dziļumam ( $> 10$  m), no kura normālos apstākļos sanešu atgriešanās vairs nav iespējama. Tiek uzskatīts, ka šī procesu kopuma rezultātā no krasta sistēmas var tikt zaudēti vidēji 1-3 % sanešu gadā, tomēr kvantitatīva šī fenomena analīze ir ļoti sarežģīta un tas nav pietiekami izpētīts.
2. Vēja nesto un vētras uzplūdu nesto pludmales smilšu nonākšana dziļi iekšzemē. Spēcīgu jūras rumbu vēju ietekmē, parasti bezveģetācijas apstākļos, smilšu pārpūšana no pludmales neapstājas primāro vai sekundāro kāpu joslā bet turpinās līdz smiltis var nonākt pat vairāku simtu metru attālumā no aktīvās krasta zonas. Dānijas un Nīderlandes piekrastē, šāda procesa rezultātā vietām novērojama krasta atkāpšanās pat bez tipiskās viļņu ārdošanās iedarbības uz krasta reljefu. Latvijas apstākļos nozīmīgā apjomā smilšu pārpūšana iekšzemē nenotiek, bet vietām, jo īpaši intensīvas rekreācijas zonās un zemajos krasta posmos Vidzemes ziemeļos, šādi smilšu zudumi var nodrošināt līdz 1% no kopējā zaudētā apjoma.
3. Smalkgraudainais krasta sanešu materiāls pamet sistēmu vietās, kur būtiski mainās krasta līnijas vērsums un gar krastu ceļojošo sanešu masa var nonākt lielākā dziļumā par vietējai krasta sistēmai raksturīgo. Parasti tas notiek vietās, kur beidzas kādas krasta elementārdaļas ("šūnas") robežas. Principā var uzskatīt, ka šis materiāls nav neatgriezeniski zaudēts, bet ir tikai nonācis ļoti ilga termiņa depozītā, no kura, iespējams, tiks atgūts pēc daudziem gadu desmitiem vai simtiem. Šādi apstākļi ir novērojami Latvijas krastā pie Kolkas raga un mazākā mērā pie Ovīšu raga. Precīzs šādi zaudēto sanešu apjoms nav zināms, bet ir ticami, ka Kolkas raga zemūdens turpinājumā katru gadu nonāk vairāki desmiti tūkstošu  $m^3$  smilšu.
4. Par dabiski izraisītu krasta erozijas cēloni parasti uzskata arī upju piegādātās sanešu noteces apjoma samazināšanos, kas izraisa krasta erozijas pastiprināšanos tieši attiecīgo upju grīvu tuvumā. Šāda cēloņa klasifikācija dažkārt tiek apšaubīta, jo upju noteci un ar to saistīto upju spēju transportēt un piegādāt jūras krastam sanešu materiālu var ietekmēt arī dažādi tieši un netieši cilvēkfaktori. Tā piemēram, zemes lietojuma veida maiņa upes sateces baseinā no mežiem uz lauksaimniecības platībām, var samazināt kopējo upes noteces apjomu un samazināt arī sanešu noteci. Dažādi ar klimata maiņu saistīti mehānismi arī var ietekmēt upju noteci, tomēr tiem var būt pretēji vērsti efekti. Kopējā šādu efektu ietekme Latvijā nav pētīta, tomēr ir zināms, ka dažu pēdējo gadu desmitu laikā ir ļoti būtiski aktivizējusies Rīgas līča krasta erozija pie Gaujas grīvas. Citu lielo Latvijas upju grīvās pārliecinoša ietekmes tendence nav vērojama, jo tās ir būtiski pārveidotas (ierīkoti ostu moli) vai to tuvumā pastāv ļoti izteikta sanešu garkrasta kustība, kas maskē jebkādu upes radītas ietekmes izpausmi. Mazo un vidējo jūrā vai līcī ieplūstošo Latvijas upju un strautu ietekme uz jūras krasta sanešu budžetu un tā bilanci ir nenoizīmīga.
5. Tiešās klimata pārmaiņu radītās ietekmes. Šo ietekmju mehānismi ir visai plaši un daudzveidīgi, tomēr par galvenajām Latvijas apstākļos parasti uzskata tās ietekmes, kuras rada vidējā ūdenslīmeņa paaugstināšanās, vēja režīma izmaiņas un ledus parādību režīma izmaiņas.
  - a) Klimata maiņas rezultātā jūras līmenis paaugstināsies, taču sagaidāmās reģionālās atšķirības arī ir visai ievērojamas. Tas jo īpaši attiecas uz relatīvā jūras līmeņa

maiņu, t. i., jūras līmeņa izmaiņām attiecībā pret vietējo sauszemes līmeni. Latvijas apstākļos (kā tas detaļās ir apskatīts citās nodaļās) līdz 2050. gadam sagaidāma ūdenslīmeņa paaugstināšanās par 0,12 līdz 0,30 m (atkarīgs no klimata pārmaiņu scenārija). Ceļoties vidējam ūdenslīmenim, krasta līnijas atkāpšanos izraisīs gan piekrastes teritoriju applūšana, gan krasta nogāzes profila pielāgošanās jaunajam ūdenslīmenim. Domājams, ka saistībā ar Zemes garozas vertikālo kustību, Latvijas dienvidrietumos pie robežas ar Lietuvu relatīvā ūdenslīmeņa paaugstināšanās varētu būt par daži procentiem lielāka, nekā tas sagaidāms Vidzemes ziemeļos. Saskaņā ar tā saukto "Bruuna parametriskā līdzsvara likumu", relatīvā jūras līmeņa paaugstināšanās izraisīs krasta līnijas atkāpšanos, kas ir aptuveni vienāda ar jūras līmeņa paaugstināšanos, daļot to ar aktīvā krasta profila vidējo slīpumu. Tā piemēram, Kurzemes krastā jūras līmeņa paaugstināšanās par 0,2 m izraisītā (no citiem faktoriem neatkarīgā) un līdz tam dinamiskā līdzsvara stāvoklī bijuša krasta atkāpšanās varētu sasniegt 20 līdz 40 m (atkarīgs no krasta nogāzes augstuma un ģeoloģiskās uzbūves – smalkgraudainu nogulumu veidotiem krastiem būtu jāatkāpjas vairāk).

- b) Krasta reljefa sasalums un ledus sega (arī peldoša ledus gabalu josla) jūrā ierobežo vētras viļņu hidrodinamisko iedarbību uz krasta reljefu un var būtiski samazināt krasta erozijas intensitāti stipro ziemas vētru laikā. Gaisa temperatūras kāpums ziemas mēnešos krasta noskalošanu veicina arī tādēļ, ka neveidojas noturīgs grunts sasalums. Nākotnē paaugstinoties ziemas mēnešu temperatūrai ir sagaidāma krasta procesu kopējās aktivitātes palielināšanās (tostarp arī erozijas aktivizēšanās), tomēr kvantitatīvu vērtējumu šai parādībai nav iespējams sniegt.
- c) Latvijas apstākļos krasta reljefa pārveidošanās notiek kvaziciklisko vētru un starpvētru kluso periodu mijas "ritmā". Vidējais vēja ātrums netiek uzskatīts par drošu krasta procesu intensitātes indikatoru, jo krasta procesos izšķiroši liela loma ir tieši retajām un "katastrofālajām" parādībām – vētrām un orkāniem. Paaugstinoties vidējā un ekstremālā ūdens līmeņa augstumam, ir ticami sagaidāma arī vētru apstākļu veicinātās krasta procesu kopējās intensitātes palielināšanās, kas cita starpā nozīmētu arī straujāku krasta atkāpšanos krasta sanešu deficīta zonās. Jāņem vērā arī tas, ka vētru laikā ūdenslīmenis pie krasta var īslaicīgi paaugstināties par vairākiem metriem (Latvijas rekords ir Skultes HNS 1969. gada oktobrī novērotie +2,47 m), un tas nozīmē, ka vēja sadzinumu izraisītie īslaicīgie efekti Latvijas piekrasti tuvākajās desmitgadēs ietekmēs daudz vairāk nekā vidējā jūras līmeņa celšanās.

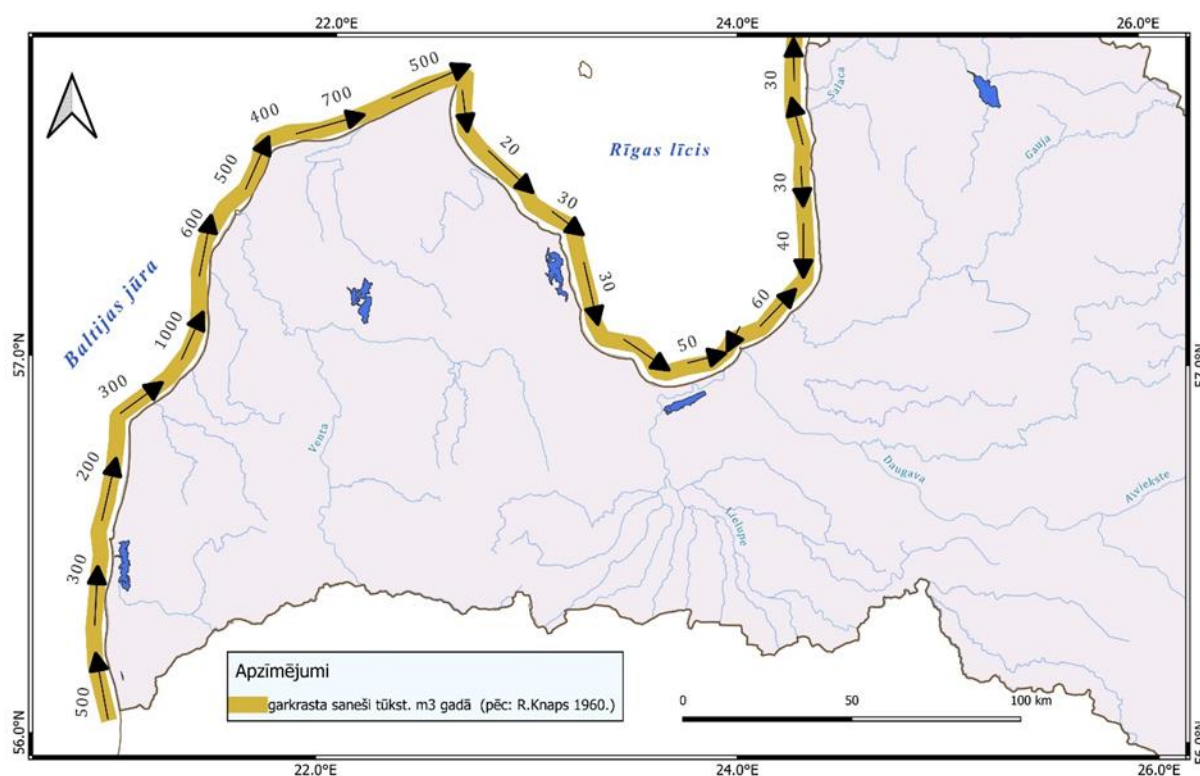
Jānorāda, ka šajā nodaļā uzskaitītos un raksturotos krasta eroziju veicinošos dabiskos vai kvazidabiskos faktorus nav iespējams vērtēt atrauti, jo starp šiem faktoriem pastāv dažāda līmeņa mijiedarbība. Tā piemēram krasta procesu kopējās intensitātes pieaugums paātrinās līdzsvara profila atjaunošanos tajos krasta iecirkņos, kuros to izjauks vidējā relatīvā ūdenslīmeņa kāpums, vai gadījuma rakstura cilvēkfaktoru izraisīti traucējumi. Vētru tipiskā virziena maiņa var izraisīt garkrasta sanešu apmaiņas pārkārtošanos un samazināt erozijas intensitāti līdzšinēji aktīvos posmos, bet veicināt – līdzšinēji stabilos krasta posmos. Par kopējo secinājumu var virzīt atziņu, ka drošticamu un augsti precīzu ilga termiņa krasta erozijas prognozi sagatavot nav iespējams. Tomēr informācijas ir pietiekami, lai izdarītu vispārinošu secinājumu: dabisko krasta mainību un eroziju ietekmējošo faktoru vidū par ilgtermiņā nozīmīgāko Latvijas apstākļos ir uzskatāms sagaidāmais vidējā jūras ūdenslīmeņa kāpums.

## 1.2. Krasta eroziju veicinošie cilvēkfaktori

Balstoties augstāk aprakstītajās likumsakarībās, var izdalīt arī galvenos cilvēkfaktorus, kuru rezultāts var būt krasta erozijas pastiprināšanās. Visas iespējamās cilvēkfaktoru ietekmes vienmēr ir saistītas ar iejaukšanos krasta sistēmas dabiskajās norisēs, sanešu apmaiņas barjeru ierīkošanu un kopējo krasta sistēmas dinamiskā līdzsvara svārstību nepieļaušanu. Lai arī dažādie ietekmju veidi nav strikti nodalāmi un bieži savstarpēji kombinējas, traucējumus ir iespējams vienkāršoti iedalīt trīs grupās:

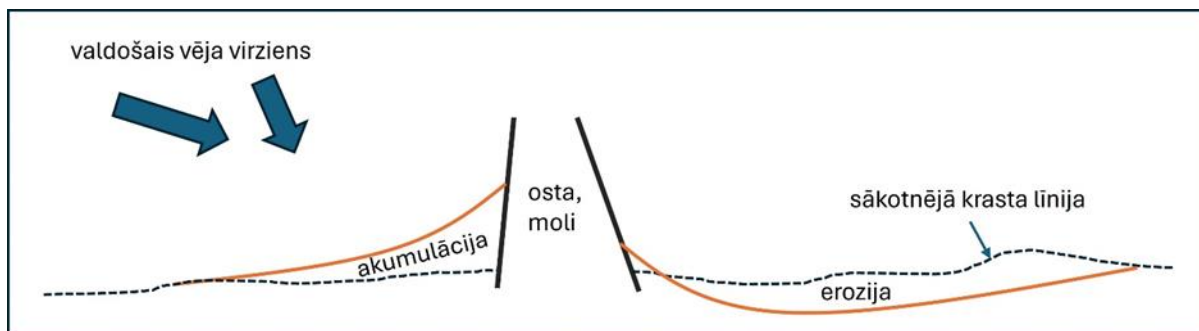
1. garkrasta sanešu dabiskās apmaiņas traucējumi,
2. šķērskrasta sanešu dabiskās apmaiņas traucējumi,
3. krasta sistēmai raksturīgu sekundāru dabas parādību traucēšana – primāro kāpu veģetācijas iznīcināšana.

Ja normāla sanešu pārvietošanās gar krastu tiek pārtraukta vai būtiski ierobežota, notiek materiāla uzkrāšanās „pretstraumes” pusē, un kā sekas – materiāla deficīta izraisīta krasta noskalošana aiz šķēršļa. Latvijā lielākajā daļā no krasta kopgaruma pastāv garkrasta sanešu kustība, kurai ir dominējošs virziens, piemēram Baltijas jūras Kurzemes piekrastē valda sanešu kustība virzienā uz ziemeļiem, bet Rīgas līča Kurzemes piekrastē sanešu kustība galvenokārt notiek virzienā uz dienvidiem (2. attēls).



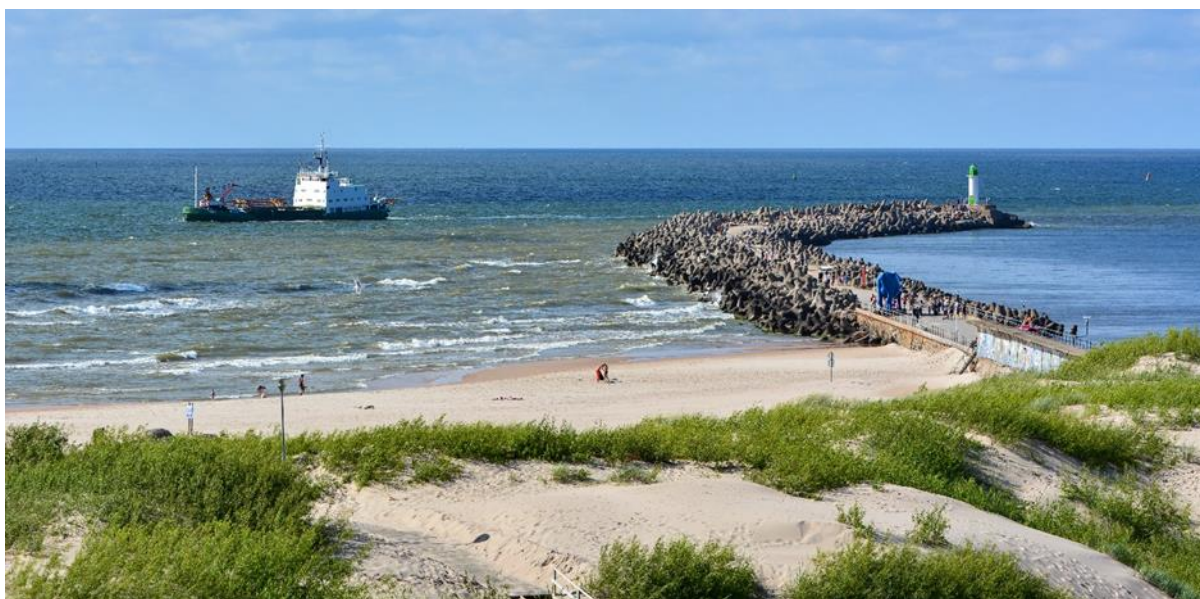
2. attēls. Garkrasta sanešu pārvietošanās Latvijas krasta zonā (pēc R.Knaps, 1960.)

Rezultātā pie ostu moliem “pievēja” pusē notiek pastiprināta sanešu uzkrāšanās un laika gaitā (pastiprinoties sanešu deficītam aiz ostas moliem) sākas erozijas pastiprināšanās (3. attēls). Ostu klātbūtne krasta sistēmu faktiski sašķeļ mazākās daļās, jo lielās Kurzemes ostas ir gandrīz nepārvarams šķērslis sanešu migrācijas ceļā. Papildu ostas molu radītajam pārtraukumam, ostu apsaimniekošanas prakse Latvijā ir tāda, ka ostu pieejas kanālos un akvatorijās izņemtās (izbagarētās) grunts (4. attēls) apglabāšana parasti notiek dziļjūras izgāztuvēs, no kurienes sanešu atgriešanās atpakaļ krasta sistēmā notiek ļoti nelielā apjomā.



3. attēls. Shematiski attēlota ostas ārējo hidrotehnisko būvju ietekme uz krasta eroziju-akumulāciju un krasta līnijas novietojuma maiņu garkrasta sanešu apmaiņas traucējuma rezultātā.

Latvijas piekrastē, ieskaitot lielās un mazās ostas, kopš Latvijas neatkarības atjaunošanas jūras izgāztuvēs apglabāti >50 milj. m<sup>3</sup> grunts. Ilgstoši pastāvošā un uzturētā traucējuma rezultātā uz ziemeļiem no lielajām Kurzemes ostām noskalotās krasta joslas platums vietām sasniedz 230 m, savukārt uz dienvidiem no tām pieauguma joslas platums sasniedz 370 m (Liepāja) un 800 m (Ventspils). Ostu radītais traucējums parasti rada relatīvi īsu ļoti intensīvas akumulācijas posmu (5. attēls) un ievērojami garāku bez mazāk intensīvi mainīgu erozijas posmu (6. attēls). Pieauguma krastu kopējais garums un jauniegūtā platība ir ievērojami mazāka par atkāpjošos krastu posmos ilgtermiņā zaudēto platību. Rīgas līcī esošo mazo ostu nozīme krasta dinamikā arī ir būtiska, tomēr tās skar ievērojami mazāku krasta kopgarumu un zemākas kopējās krastu mainības dēļ arī traucējuma radītie efekti izpaužas lēnāk (7. attēls). Kopējais krasta posmu garums, kuros erozijas intensitāte ir būtiski pieaugusi saistībā ar ostu būvju radīto traucējumu, pārsniedz 24 kilometrus.



4. attēls. Ventspils ostas pieejas kanāla nepieciešamā dziļuma uzturēšana bagarējot (izsmelot) krasta sistēmā akumulētos sanešus pie ostas vārtiem. Attēlā redzamais kuģis-zemessmēlētājs "Dzelme" sava darbmūža laikā Ventspilī no 1994. gada līdz 2021. gadam kopumā pārvietojis uz atkrastes grunts zemūdens novietnēm aptuveni 30 miljonus m<sup>3</sup> smilšu.



**5. attēls. Pastiprinātas satešu akumulācijas zona uz dienvidiem no Ventspils ostas.**



**6. attēls. Pastiprinātas krasta erozijas zona uz ziemeļiem no Ventspils ostas, Staldzenē.**



**7. attēls. Sanešu garkrasta kustības pārtraukums – Kuivižu ostas moli un tā radītās pastiprinātas akumulācijas (dienvidu pusē) un pastiprinātas erozijas (ziemeļu pusē) zonas.**

Par otru nozīmīgāko cilvēkfaktoru radīto traucējumu krasta sistēmām ir uzskatāmas preterozijas būves un citi preterozijas pasākumi (8.attēls). Latvijā kopējais tādu krasta iecirkņu garums, kuros sanešu apmaiņu būtiski ietekmē preterozijas būves, sasniedz aptuveni 6,1 km, no kuriem par ļoti ievērojamā pakāpē mākslīgoti ir uzskatāmi aptuveni 1,5 km (8., 9. attēls). Papildu šim, daudzviet krasta sistēmā ir veikta nenozīmīga iejaukšanās ierīkojot veģetācijas stādījumus un citus vēja nesto smilšu akumulāciju veicinošus risinājumus (10. attēls). Vietām ir veikta grunts uzbēršana nelielos apjomos, kā arī krasta zonā esošo sanešu pārvietošana vienas krasta sistēmas ietvaros. Var uzskatīt, ka tādu krasta iecirkņu kopējais garums, kuros joprojām dominē dabiskie krasta līdzsvaru nodrošinošie procesi, bet iejaukšanās ierobežotā apjomā tomēr ir notikusi vai notiek šobrīd, sasniedz aptuveni 40 km.



**8. attēls. Tradicionālās pasīvā tipa preterozijas būves (gabioni un būvgružu-laukakmeņu bankete) pie Liepājas NAI. Būves piekājē pilnībā erodēta pludmale.**



**9. attēls. Tradicionālās pasīvā tipa preterozijas būves (atbangošanas slīpsiena un laukakmeņu bankete) Daugavgrīvas salas ziemeļaustrumos. Būves piekājē pilnībā erodēta pludmale un krasta iecirkni jāvērtē kā pilnībā mākslīgotu.**



10. attēls. Vēja nesto smilšu akumulāciju veicinošu kārklu stādījumu rinda Bigauņciemā.

Dažādu preterozijas būvju radītā ietekme uz krasta procesiem ir detalizēti aprakstīta Pētījuma II ziņojuma 4.2. nodaļā “Krasta erozijas mazināšanas iespējamo risinājumu izvērtējums”. Kopumā var apgalvot, ka Latvijā joprojām izteikti dominē dabiski un mazizmainīti krasta iecirkņi. Krasta iecirkņos ar masīvām un ilgstoši pastāvošām preterozijas būvēm novērojamie traucējumi visbiežāk izpaužas kā erozijas intensitātes palielināšanās īsos iecirkņos blakus nostiprinātajiem posmiem, un konstrukciju piekāpjē esošā materiāla erozija, pieaugot atstarotajai viļņu enerģijai, kas rezultējas pludmales sarūkšanā vai izzušanā.

Par akumulatīvo krastu stabilitāti ietekmējošu faktoru ir jāuzskata augsta rekreācijas radītā slodze (11. un 12. attēls). Rekreācijas zonās krasta apmeklētāju radītā slodze parasti novērojama kā traucējumi primāro kāpu joslai raksturīgās veģetācijas attīstībā, kas parasti noved pie deflācijas zonu attīstības, primāro kāpu fragmentācijas un piekrastes biotopu stāvokļa pasliktināšanās, tomēr ietekme uz kopējo krasta erozijas risku šādiem traucējumiem nav būtiska.





**11. attēls.** Intensīvas rekreācijas zona jūras krastā Jūrmalā. Pludmalē ir apgrūtināta krasta smiltāju augu pioniersugu nostiprināšanās un tā rezultātā primāro kāpu veidošanās ir iespējama tikai šaurā joslā pie krasta zonas iekšzemes robežas.



**12. attēls.** Intensīvas rekreācijas zona jūras krastā Daugavgrīvas salā. Krasta iecirknī uzskatāmi ir novērojami primāro kāpu attīstības traucējumi tiešā pludmales pieejas tuvumā un ar to saistītā pludmales smilšu pārpūšana iekšzemē, kā arī citas kāpu deflācijas pazīmes.

## II Krasta erozijas nodarītie zaudējumi

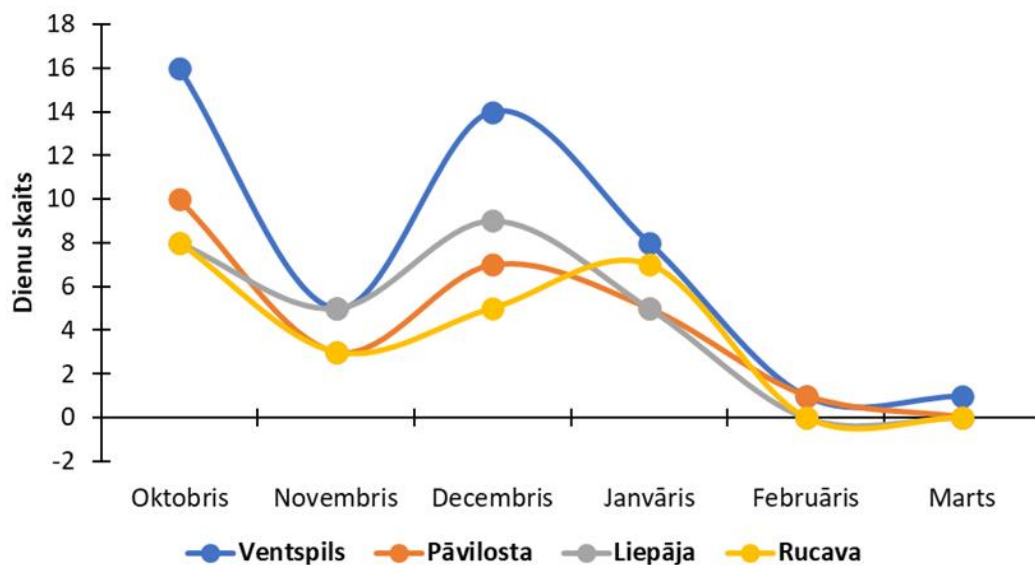
### 2.1. Apkopotā informācija no plašsaziņas līdzekļiem

Informācija par dažāda veida apdraudējumu, tostarp krasta erozijas, radītajiem zaudējumiem Latvijā ir skopa un fragmentāra, un nepastāv pēc vienotiem principiem un ar noteiktu regularitāti apkopotu zaudējumu veidu un apmēru raksturojošu statistikas datu. Valstī joprojām nav izveidota vienota katastrofu jeb augstas ietekmes gadījumu radīto zaudējumu datubāze, un arī pašvaldības ne vienmēr veic to teritorijā radušos zaudējumu apkopošanu un šīs informācijas uzglabāšanu. Līdz ar to arī šī pētījuma gaitā veiktās piekrastes pašvaldību anketēšanas rezultātā neizdevās gūt aptverošai erozijas radīto zaudējumu analīzei nepieciešamo informāciju. Tādēļ turpmāk sniegtais apskats par desmit gadus ilgā laika periodā (2014.–2023. gadā) konstatētajiem gadījumiem, kad zaudējumi radušies krasta erozijas ietekmē, pamatā ir balstīts uz informācijas analīzi no plašsaziņas līdzekļiem.

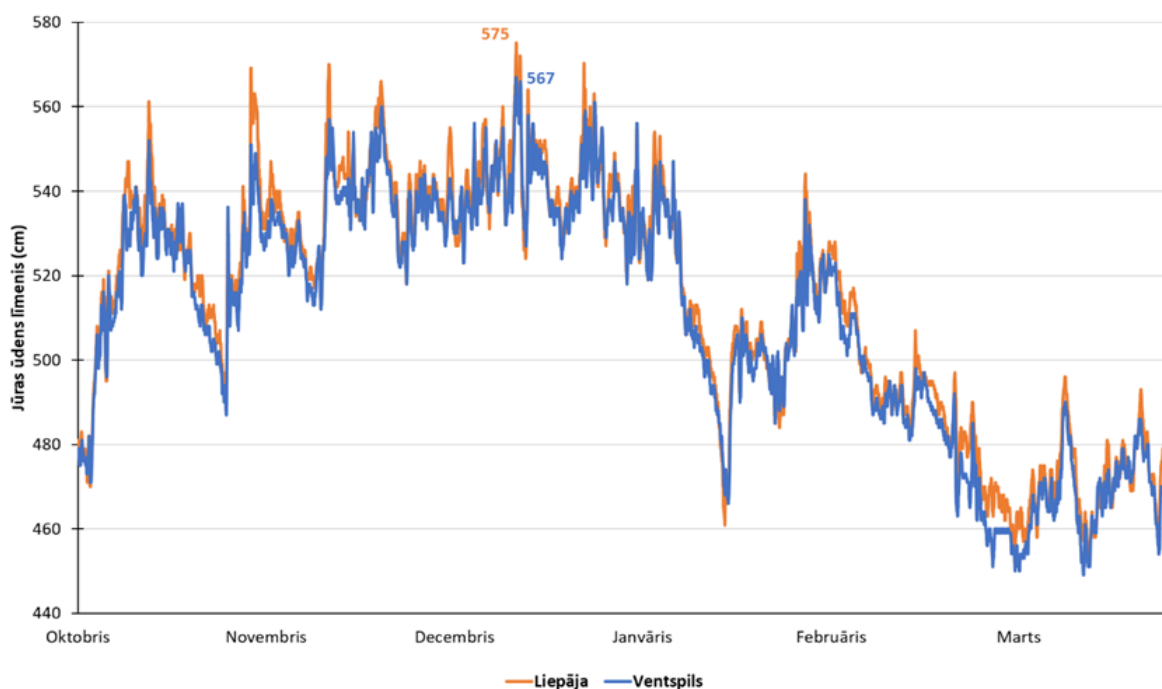
#### **2017./2018. gada ziemas sezona – plaši nogrūvumi Jūrkalnē pie Labraga**

2017./2018. gada ziemā Jūrkalnes stāvkrasts nobrucis aptuveni 150 m garā posmā, vietām atkāpjoties pat par 10 m iekšzemes virzienā. Pēc plaša nogrūvuma vietām izpostītas trepes, kas ved no stāvkrasta lejā uz pludmali, tomēr citi būtiski zaudējumi tūrisma infrastruktūrai nav radušies. No plašsaziņas līdzekļiem izgūtā informācija liecina, ka vismaz 2018. gadā neviena dzīvojamā māja vēl nebija apdraudēta, tomēr periodiska piekrastē esošo zemesgabalu sarūkšana par dažiem metriem ir šim apgabalam raksturīga. Līdz 2017. gadam krasta erozijas un nogrūvumu draudu dēļ pagastā virzienā uz iekšzemi pārcelti jau trīs vecie ceļi. Tiek norādīts, ka lai gan parasti Jūrkalnes stāvkrasts cieš no stipru vētru iedarbības un periodiski vētru radīti nogrūvumi šim piekrastes reģionam ir raksturīgi, plašie nogrūvumi 2017./2018. gada ziemā nav bijuši saistīti ar vētru iedarbību, bet gan ilgstoši pārmitriem apstākļiem (LETA, 2018; TVNET, 2017).

Laika periodā no 2017. gada oktobra līdz 2018. gada martam vējainākie mēneši atklātās jūras Kurzemes piekrastē bija oktobris un decembris (13. attēls). Savukārt vējainākā diena bija 30. oktobris, kad maksimālās vēja brāzmas visās četrās novērojumu stacijās sasniedza 21–25 m/s un Ventspilī tika reģistrēts šajā periodā lielākais viļņu augstums piekrastē – 3,5 m. Šāda stipruma vēja brāzmas atbilst vētras un stipras vētras spēkam. Laika periodā no oktobra līdz janvārim jūras ūdens līmenis pārsvarā turējies virs stacijas nulles līmeņa atzīmes (14. attēls), maksimālās vērtības Liepājā un Ventspilī sasniedzot 12. decembrī – attiecīgi 75 un 67 cm virs stacijas nulles līmeņa (LVGMC, n.d<sup>2</sup>., LVGMC, 2023a).



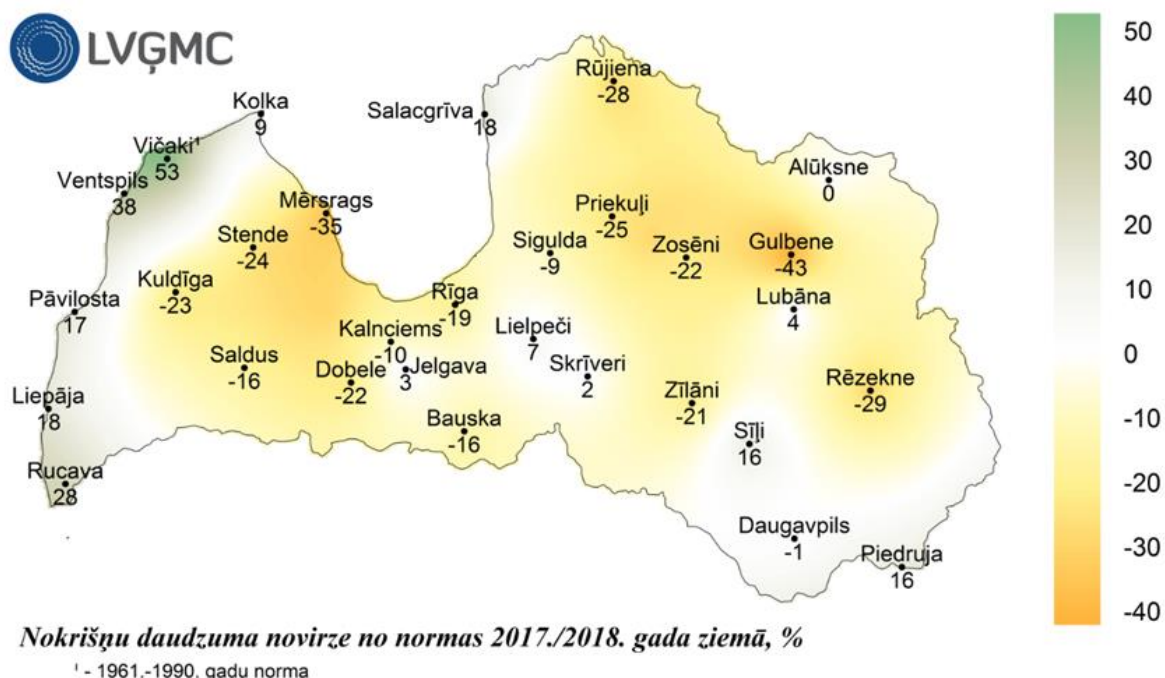
13. attēls. Dienu skaits laika periodā no 2017. gada oktobra līdz 2018. gada martam, kad Ventspils, Pāvilostas, Liepājas un Rucavas meteoroloģisko novērojumu stacijās maksimālais vēja brāzmu spēks bijis  $\geq 15$  m/s (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>.)



14. attēls. Jūras ūdens līmeņa augstums (cm) Liepājas un Ventspils hidrometeoroloģisko novērojumu stacijās laika periodā no 2017. gada oktobra līdz 2018. gada martam. 500 cm atzīme atbilst stacijas nulles līmenim (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>.)

Atbilstoši LVĢMC veiktajam 2017./2018. gada ziemas klimatisko apstākļu izvērtējumam, šī ziema Latvijā bijusi siltāka par klimatiskās normas periodu, tomēr kopējais nokrišņu daudzums vidēji Latvijā bijis tuvs klimatiskās normas vērtībām. Tomēr, teritoriālā griezumā raugoties, vislielākais atmosfēras nokrišņu daudzums sezonā novērots Ventspils meteoroloģisko novērojumu stacijā, sasniedzot 234 mm, kas ir par 38% vairāk nekā klimatiskās normas vērtība

(15. attēls). Mēnešu griezumā mitrākais bijis decembris, kad Ventspilī kopējais nokrišņu daudzums bija gandrīz divreiz lielāks (99 % virs klimatiskās normas vērtības) nekā klimatiskās normas periodā. Līdz ar salīdzinoši siltajiem ziemas sezonas laika apstākļiem, Baltijas jūras Kurzemes piekrastē jūras ledus ziemas laikā izveidojies īslaicīgi, un bijis plānāks par 5 cm (LVĢMC, 2018a; LVĢMC, 2018d; SMHI, 2018).



15. attēls. 2017./2018. gada ziemas sezonas kopējā atmosfēras nokrišņu daudzuma novirze (%) no klimatiskās normas perioda vērtībām (LVĢMC, 2018d)

Analizējot 2017./2018. gada ziemas sezonas hidrometeoroloģiskos apstākļus, secināms, ka krasta nogrumumus Jūrkalnes apkārtnē veicinājis siltām un mitrām ziemām raksturīgs apstākļu komplekss. Laika periodā no oktobra līdz decembrim dominējis vējains, silts un mitrs laiks, un šāds hidrometeoroloģisko apstākļu kopums samazinājis stāvkrasta stabilitāti. Tādēļ šajā periodā postošas ietekmes notikums iestājies pat bez īpaši spēcīgu vētru gadījumiem.

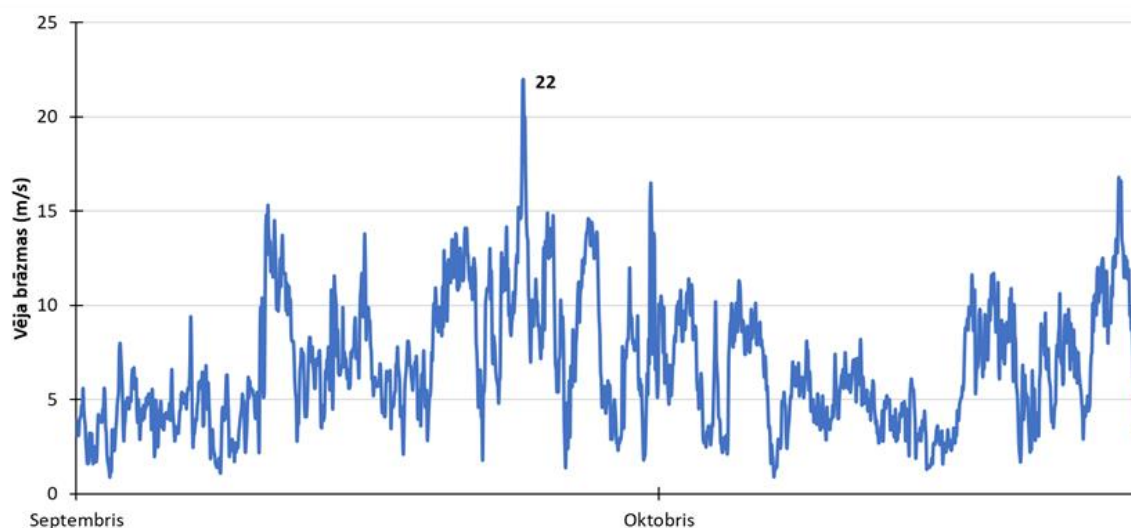
### 2018. gada oktobra sākums – Saulkrastu Baltās kāpas nogrumums

2018. gada sākumā nogrumumā pamatīgi cieta tūristu iemīļots apskates objekts, Saulkrastu Baltā kāpa. Kā atzīst prof. Jānis Lapinskis, kāpas nogrumums tika paredzēts jau labu laiku iepriekš tā atgadīšanās, un tās noturību veicinājis relatīvi nelielais iepriekšējā desmitgadē novēroto spēcīgo vētru skaits. Līdz ar to arī šajā gadījumā pēdējo kāpas noturības spēju izsmēla salīdzinoši neliela spēka vētra. Vētras laikā Rīgas līcī paaugstinājās ūdens līmenis un bija lielāki viļņi, kas uzskalojās līdz nogāzes piekājei un izskaloja tajā robu. Smiltis virs šī roba, palikušas bez atbalsta, nobruka kopā ar laipas fragmentu. Laipa pati šo notikumu nedz kavēja, nedz veicināja (Latkovska, 2018).

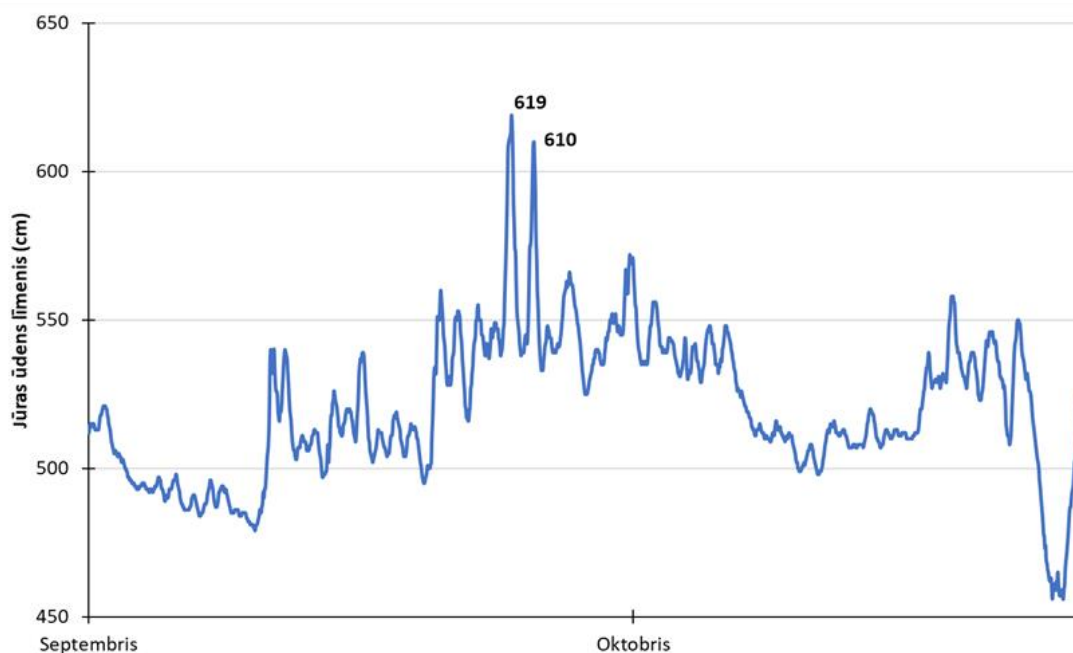
Baltās kāpas eroziju pamatā veicina jūra, un pavasaros to pastiprina arī nelielā Inčupe, kas turpat blakus ietek jūrā. Jau pirms vairākiem gadiem speciālisti novērojuši, ka Inčupe arvien redzamāk tuvojas Baltajai kāpai, un patlaban ūpi no kāpas šķir vien daži centimetri. Gadu gaitā Balto kāpu ietekmējusi arī pārmērīga antropogēnā slodze, jo šo dabas objektu ik gadu apmeklē vairāki tūkstoši cilvēku.

Saulkrastu novada pašvaldība risinājumus Baltās kāpas saglabāšanai mēģinājusi rast jau daudzus gadus, realizējot dažādus projektus, tomēr veiksmīgu un ilgtspējīgu risinājumu šai problēmai atrast neesot izdevies. Šobrīd pašvaldība fokusējas uz pasākumiem, lai izveidotu citas piekļuves Baltajai kāpai.

Hidrometeoroloģiskie novērojumi no Skultes novērojumu stacijas liecina, ka 2018. gada rudenī laikā pirms notikušā nogruvuma spēcīgākās vēja brāzmas novērotas vēl septembrī, kad to spēks 26. septembrī sasniedza 22 m/s, kas atbilst vētras spēkam (16. attēls). Savukārt oktobra sākumā Skultē vēja brāzmu spēks vairs nepārsniedza 15 m/s. Arī augstākais jūras ūdens līmenis novērots septembra beigās, 26. un 28. septembrī sasniedzot attiecīgi 119 un 110 cm virs stacijas nulles līmeņa (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>; LVĢMC, 2023a). Vienlaikus pašā mēneša sākumā, 3. oktobrī, Rīgas līča dienvidos Daugavgrīvas novērojumu stacijā vēja brāzmu spēks īslaicīgi sasniedza 26 m/s. Septembris un oktobris Saulkrastu un Skultes apkārtnē bijis arī salīdzinoši sauss, un septembrī kopējais nokrišņu daudzums Skultes novērojumu stacijā bijis par 46 % un oktobrī par 6 % mazāks nekā klimatiskās normas periodā (LVĢMC, 2018b; LVĢMC, 2018c).



16. attēls. Vēja brāzmu spēks (m/s) Skultes hidrometeoroloģisko novērojumu stacijā laika 2018. gada septembrī un oktobrī (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>)



17. attēls. Jūras ūdens līmeņa augstums (cm) Skultes hidrometeoroloģisko novērojumu stacijā 2018. gada septembrī un oktobrī. 500 cm atzīme atbilst stacijas nulles līmenim (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>).

Kopskatā analizējot pieejamo hidrometeoroloģisko informāciju un speciālistu viedokli, secināms, ka Saulkrastu Baltās kāpas nogrūvumu hidrometeoroloģiskie apstākļi tikai pasteidzinājuši, nevis tiešā veidā izraisījuši.

### 2019./2020. gada ziemas sezona – nogrūvumi Jūrkalnē pie Labraga

2019./2020. gada ziemā vairākkārt nobrucis stāvkrasts Jūrkalnē pie Labraga. 2019. gada novembra sākumā spēcīgu lietavu rezultātā krasts pie Labraga nogruva aptuveni 13 metru garumā un divus līdz trīs metrus uz iekšzemi (LETA, 2019b). Savukārt decembra beigās sekojušas vairākas nogrūvumu epizodes, kuru rezultātā aptuveni 20–30 m garā posmā krasts iebrucis aptuveni piecus metrus uz iekšzemi (LETA, 2019a). 29.–30. decembra vētras ietekmē bojātas arī kāpnes, kas ved lejup no stāvkrasta (Bērziņa, 2019). Kopumā 2019./2020. gada ziemā silto, mitro un vējaino laikapstākļu ietekmē šajā apgabalā krasts vietām nogruvis pat 10 metrus uz iekšzemi (Kurzemes TV, 2020).

Hidrometeoroloģisko novērojumu informācija apstiprina plašsaziņas līdzekļos izvirzīto tēzi par to, ka 2019./2020. gada ziemas sezona Jūrkalnes piekrastē bijusi pārmitra (18. attēls). Turklāt liels atmosfēras nokrišņu daudzums bijis arī rudenī (19. attēls). 2019. gada rudens Latvijā bijis 22. mitrākais novērojumu vēsturē, un Baltijas jūras piekrastē Kurzemē kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums bijis 17–46 % lielāks par klimatiskās normas vērtībām. Savukārt 2019./2020. gada ziemā šajā apkārtnē kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums bija 27–69 % virs klimatiskās normas vērtībām, tomēr mēnešu griezumā vislielākais nokrišņu daudzums bija ziemas nogalē, februārī. Februārī Pāvilstā tika reģistrēts vēsturiski trešais lielākais jebkad iepriekš šajā mēnesī Latvijā novērotais atmosfēras nokrišņu daudzums – 121,8 mm. 2020. gada februārī atmosfēras nokrišņu daudzuma rekordi tika uzstādīti arī Liepājā (84,7 mm) un Rucavā (91 mm). Šajā ziemā nevienā no Baltijas jūras Kurzemes piekrastes hidrometeoroloģisko novērojumu stacijām netika reģistrēta vismaz vienu diennakti noturīga 1 cm augstāka sniega sega. Šajā periodā Latvijas piekrastē netika konstatēta arī jūras ledus veidošanās (LVĢMC, 2019; LVĢMC, 2020; SMHI, 2020).



**Nokrišņu daudzuma novirze no normas 2019. gada rudenī, %**

18. attēls. 2019. gada rudens sezonas kopējā atmosfēras nokrišņu daudzuma novirze (%) no klimatiskās normas perioda vērtībām (LVĢMC, 2019)

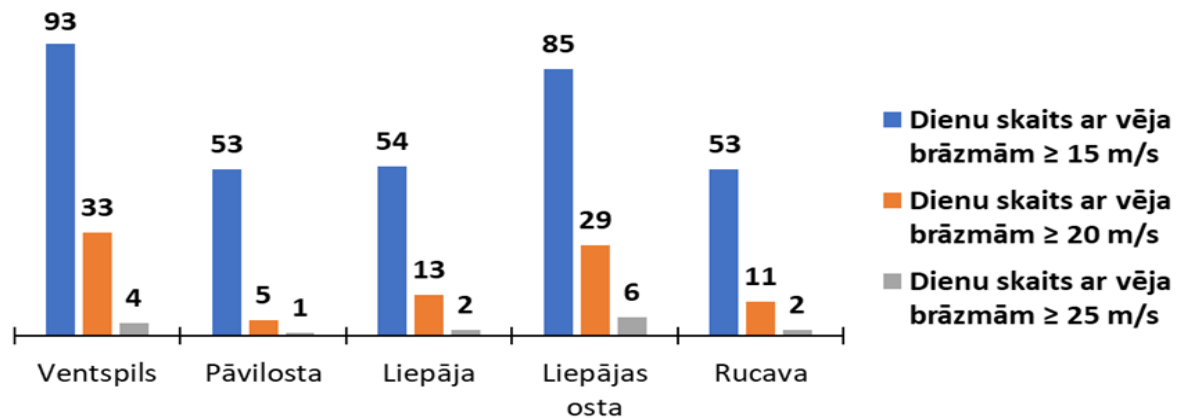


**Nokrišņu daudzuma novirze no normas 2019./2020. gada ziemā, %**

19. attēls. 2019./2020. gada ziemas sezonas kopējā atmosfēras nokrišņu daudzuma novirze (%) no klimatiskās normas perioda vērtībām (LVĢMC, 2020)

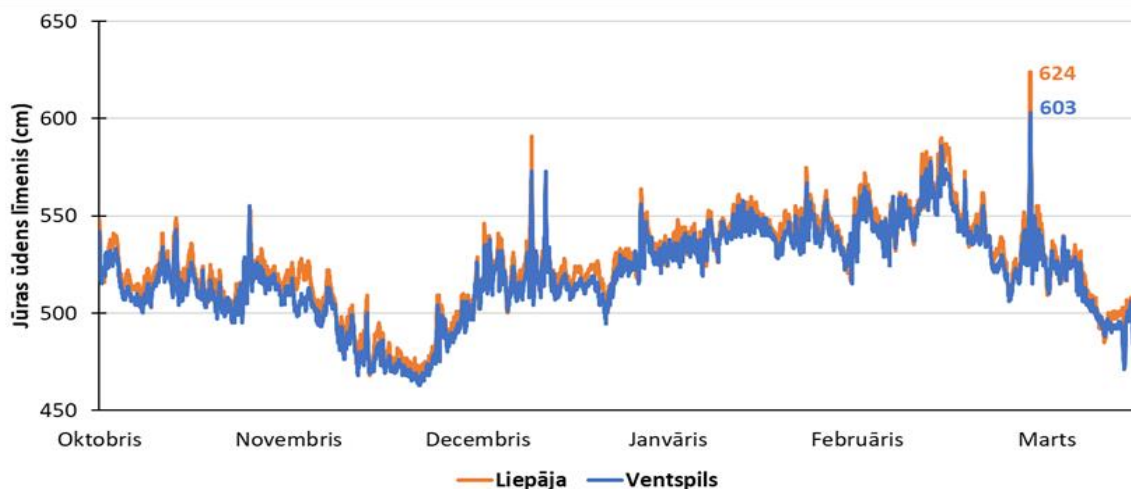
2019./2020. gada ziema bija salīdzinoši vējaina. Eiropas ziemeļu daļu bieži šķērsoja cikloni no Atlantijas okeāna, kas nereti arī Latvijai nesa vētras spēka vēja brāzmas. Kopumā šī ziema Latvijā ar vidējo vēja ātrumu 4,3 m/s (0,6 m/s virs normas) bija starp 10 vējainākajām ziemām kopš 1966. gada, savukārt Ventspilī šī bija vējainākā ziema pēc vidējā vēja ātruma. Savukārt vidējais maksimālo vēja brāzmu ātrums 2019./2020. gada ziemā Latvijā bija 11,9 m/s, kas ir otrs lielākais ziemas vidējo vēja brāzmu ātrums pēdējos 54 gados, atpaliekot vien no

1988./1989. gada ziemas rekorda. Šajā ziemā 29 reizes diennakts maksimālās vēja brāzmas kādā vietā Latvijā sasniedza vētras spēku (vismaz 20 m/s), un 26 no šīm dienām maksimālās vēja brāzmas 20 m/s sasniedza Ventspilī, kas ir arī jauns šīs novērojumu stacijas rekords. Savukārt stipras vētras spēku (vismaz 25 m/s) vēja brāzmas Latvijā šīs ziemas laikā sasniedza 7 diennaktīs, visbiežāk Ventspilī – kopumā 4 diennaktīs (LVĢMC, 2020). Kopumā Baltijas jūras Kurzemes piekrastes novērojumu stacijās laikā no oktobra līdz martam vējainas bijušas 53–93 dienas (20. attēls) jeb aptuveni 2–3 šī perioda mēneši.



20. attēls. Dienu skaits laika periodā no 2019. gada oktobra līdz 2020. gada martam, kad Ventspils, Pāvilstas, Liepājas, Liepājas ostas un Rucavas meteoroloģisko novērojumu stacijās maksimālais vēja brāzmu spēks bijis  $\geq 15$  m/s,  $\geq 20$  m/s un  $\geq 25$  m/s (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>.)

Līdz ar dominējošo ciklonu darbību un gaisa masu pārnēsi no rietumiem, apskatītajā periodā Baltijas jūrā ūdens līmenis caurmērā saglabājies paaugstināts. Arī Latvijas piekrastē laikā no oktobra līdz martam tas pārsvarā turējies augstāks par novērojumu staciju nulles līmeni, atsevišķos gadījumos vējuzplūdu laikā strauji paaugstinoties (21. attēls). Augstāko atzīmi jūras ūdens līmenis Liepājas un Ventspils novērojumu stacijās sasniedza 12. martā, tam paaugstinoties līdz attiecīgi 124 un 103 cm virs stacijas nulles līmeņa. Šī bija diena, kad Latvijā tika novērota stipra vētra, un maksimālais vēja brāzmu spēks Liepājā sasniedza 32 m/s, Liepājas ostā 34 m/s, Rucavā 29 m/s, Ventspilī 28 m/s un Pāvilstā 26 m/s (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>.).



21. attēls. Jūras ūdens līmeņa augstums (cm) Liepājas un Ventspils hidrometeoroloģisko novērojumu stacijās laika periodā no 2019. gada oktobra līdz 2020. gada martam. 500 cm atzīme atbilst stacijas nulles līmenim (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>.)



2019./2020. gada ziemas sezonas laikapstākļi kopumā bija labvēlīgi krasta erozijas norisēm Latvijas piekrastē. Vienlaikus salīdzinoši mitrie un siltie laikapstākļi veicināja krasta stabilitātes samazināšanos, savukārt palielinātā vēja un viļņu iedarbība veicināja izskalojumu veidošanos.

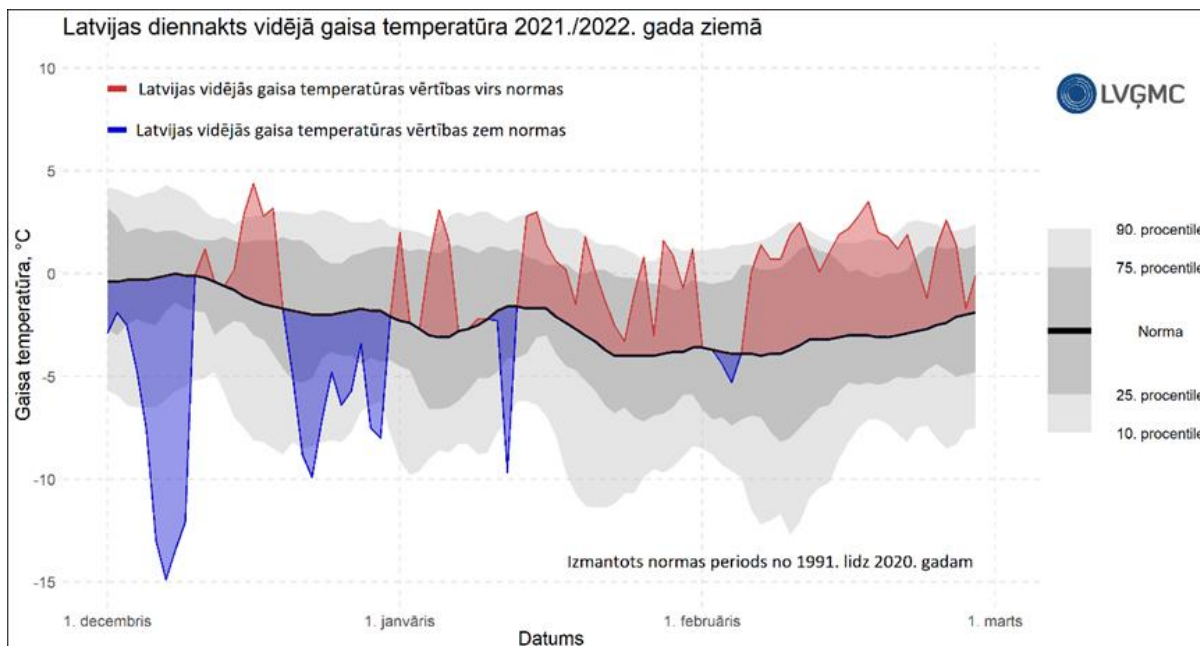
### **2021./2022. gada ziemas sezona**

Arī 2021./2022. gada ziemas sezonā bija vērojama krasta erozijas aktivizēšanās, kas galvenokārt skāra Baltijas jūras Kurzemes piekrasti. Tomēr šī sezona būtiskas izmaiņas nesa arī Kolkasraga ainavā, kur pēc aplēsēm kopumā noskalots ap hektāru liels zemes apjoms. Visvairāk zemes zaudēts Kolkasraga Rīgas līča pusē (NRA, 2022).

Savukārt no šī pētījuma izstrādes ietvaros veiktajām piekrastes pašvaldību aptaujām iegūtā informācija liecina, ka 2021./2022. gada ziemas sezonas vētru laikā jūras krasta noskalošanās rezultātā izpostīta LAD projekta ietvaros izbūvētā tūrisma un atpūtas infrastruktūra atpūtas teritorijā "Liedagi" Dienvidkurzemes novada Medzes pagastā. Konstatēts, ka jūra nopostījusi arī pirms diviem gadiem Latvijas vides aizsardzības fonda īstenota projekta "Jūras piekrastes praktiskā pārvaldība Bernātu dabas parkā" ietvaros izbūvēto nobrauktuvi operatīvajam un apsaimniekotāju transportam Bernātu pludmalē pie atpūtas vietas "Zaļais stars". Nobrauktuves atjaunošana izmaksāja 4257,44 *euro*. Erozijas zona ir visa piekraste, arī Liepājā situācija ir līdzīga, dabas stihijas izposta ierīkotās nobrauktuves (Kilevica, 2022). Janvāra otrajā pusē vētru postošā darbība skārusi arī Labraga stāvkrastu Jūrkalnē, kas aptuveni 50 metru garā posmā iebrucis 5-10 m iekšzemes virzienā (Benefelde, 2022).

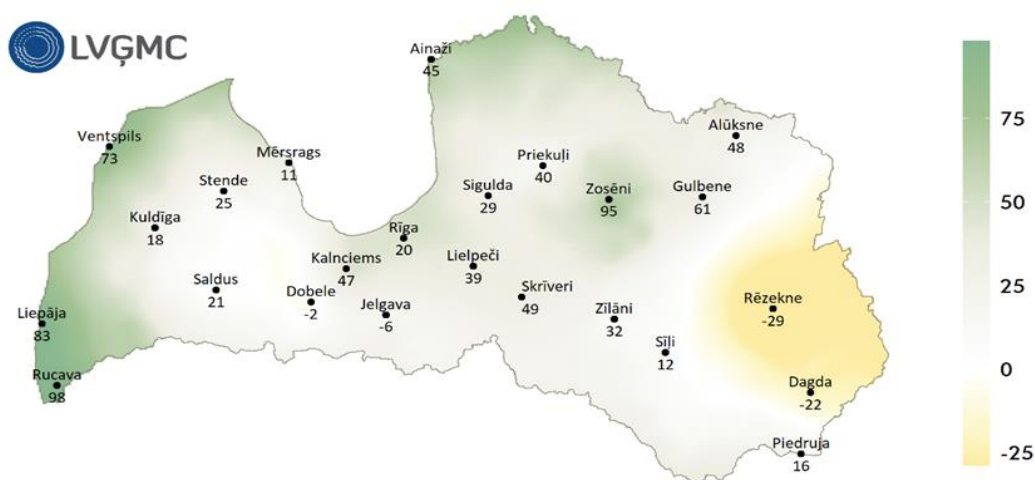
2022. gada 17. janvāra vētras laikā vēja laužts zars Jūrmalā nāvējoši traumējis sievieti; glābēji saņēmuši ap 200 izsaukumu. Stiprā vēja un sniega dēļ galvaspilsētā izsludināts sarkanais brīdinājums, vairāki uz Rīgu lidojošie gaisa kuģi izvēlas nolaisties citās lidostās, apledojuši vairāki autoceļi Pierīgā un visā valsts teritorijā elektroapgāde bija traucēta aptuveni 20 000 klientu (LSM, 2022).

2021. gada rudens Latvijā bija ar klimatiskajai normai atbilstošu (7 % zem normas) atmosfēras nokrišņu daudzumu. Kopumā deviņas dienas kādā no Latvijas novērojumu stacijām tika reģistrētas vētras spēka vēja brāzmas (20 m/s), un visstiprākās brāzmas tika reģistrētas Ventspilī, kad 21. oktobrī to spēks sasniedza 28 m/s (LVĢMC, 2021). Kalendārā ziemas sezona iesākās ar stipru salu. Tomēr jau sākot ar decembra vidu valstī iestājās atkusnis, kura laikā sniegs nokusa, strauji cēlās ūdens līmenis upēs un sāka iet ledus. Pašās mēneša beigās sals atgriezās, bet turpmāk janvārī un februārī laiks saglabājās nepastāvīgs, atkušņiem mijoties ar īslaicīgiem sala periodiem (22. attēls).



22. attēls. Diennakts vidējā gaisa temperatūra un tās novirze no normas Latvijā 2021./2022. gada ziemā (LVĢMC, 2022)

Atmosfēras nokrišņu daudzums 2021./2022. gada ziemas sezonā Baltijas jūras piekrastē kopumā bija lielāks par klimatiskās normas vērtībām (23. attēls). Mēnešu griezumā sausākais bija decembris, savukārt janvārī un februārī nokrišņu daudzums pieauga, februārī kopumā valstī par 78 % pārsniedzot klimatiskās normas vērtības un tādējādi kļūstot par otro mitrāko februāri novērojumu vēsturē. Pāvilostā februāra kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums sasniedza 134,9 mm, kas ir lielākais līdz šim Latvijā februārī reģistrētais nokrišņu daudzums. Decembra sākumā un beigās valstī bija izveidojusies arī prāva sniega sega, un arī turpmāk ziemas gaitā, atkušņiem mijoties ar sala periodiem, zemi periodiski klāja sniegš. Kurzemes piekrastē 2021./2022. gada ziemā jūras ledus veidošanās netika novērota (LVĢMC, 2022; SMHI, 2022).



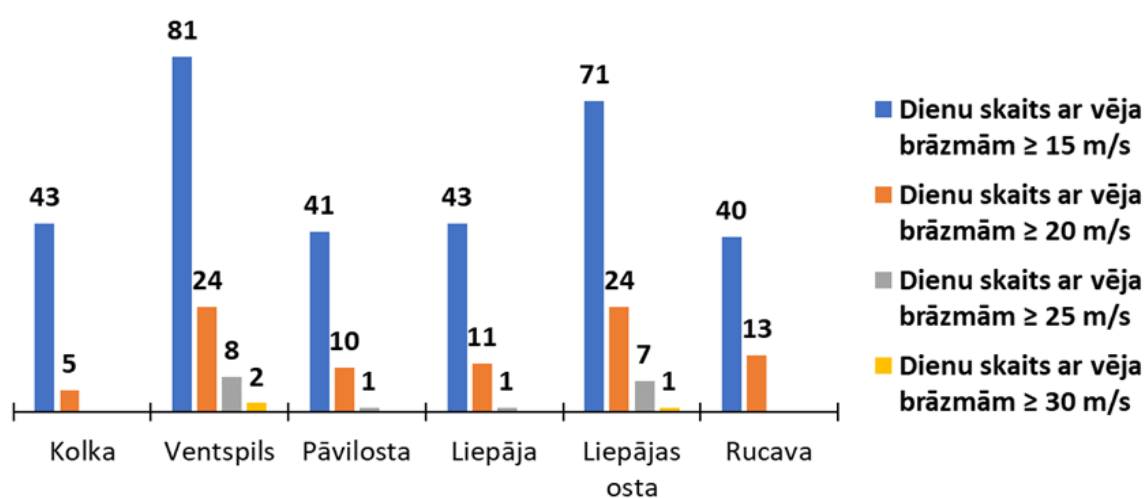
Nokrišņu daudzuma novirze no normas 2021./2022. gada ziemā, %

23. attēls. 2021./2022. gada ziemas sezonas kopējā atmosfēras nokrišņu daudzuma novirze (%) no klimatiskās normas perioda vērtībām (LVĢMC, 2022)

2021./2022. gada ziema tika piedzīvotas arī vairākas vētras. Decembrī tikai divās dienās vēja brāzmu spēks Latvijā pārsniedza 20 m/s, bet turpmāk janvārī un februārī laiks bija ievērojami vējaināks. Janvārī un februārī četrās dienās vēja brāzmu spēks pārsniedza 30 m/s:

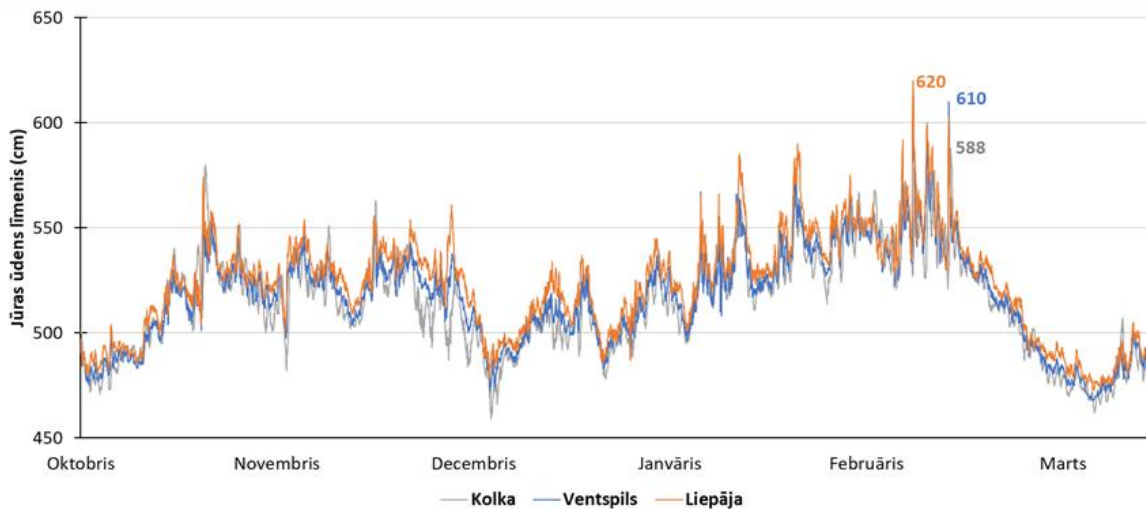
- 14. janvārī Liepājas ostā 31 m/s;
- 17. janvārī Daugavgrīvā 30 m/s;
- 20. janvārī Ventspilī 32,6 m/s;
- 25. februārī Ventspilī 32 m/s (LVĢMC, 2022).

Kopumā šajā periodā vējainu dienu skaits Baltijas jūras Kurzemes piekrastes meteoroloģisko novērojumu stacijās bijis 41–81 diena (24. attēls).



24. attēls. Dienu skaits laika periodā no 2021. gada oktobra līdz 2022. gada martam, kad Kolkas, Ventspils, Pāvilostas, Liepājas, Liepājas ostas un Rucavas meteoroloģisko novērojumu stacijās maksimālais vēja brāzmu spēks bijis  $\geq 15$  m/s,  $\geq 20$  m/s,  $\geq 25$  m/s un  $\geq 30$  m/s (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>.)

Jūras ūdens līmeņa izmaiņas laika periodā no 2021. gada oktobra līdz 2022. gada martam Kolkas, Ventspils un Liepājas novērojumu stacijā iezīmē līdzīgu gaitu (25. attēls). Apskatītajā periodā ūdens līmenis caurmērā svārstījies +/- 50 cm robežās ap staciju nulles līmeni, un izteiktāki vējuzplūdi šajā piekrastes daļā novēroti februārī. Augstākais ūdens līmenis Liepājas novērojumu stacijā reģistrēts 19. februārī, kad tas par 120 cm pārsniedza stacija nulles līmeni, bet Kolkā un Ventspilī – 25. februārī, kad tas paaugstinājās par attiecīgi 88 un 110 cm virs šo novērojumu staciju nulles līmeņa.



25. attēls. Jūras ūdens līmeņa augstums (cm) Kolkas, Liepājas un Ventspils hidrometeoroloģisko novērojumu stacijās laika periodā no 2021. gada oktobra līdz 2022. gada martam. 500 cm atzīme atbilst stacijas nulles līmenim (LVGMC, n.d<sup>2</sup>.)

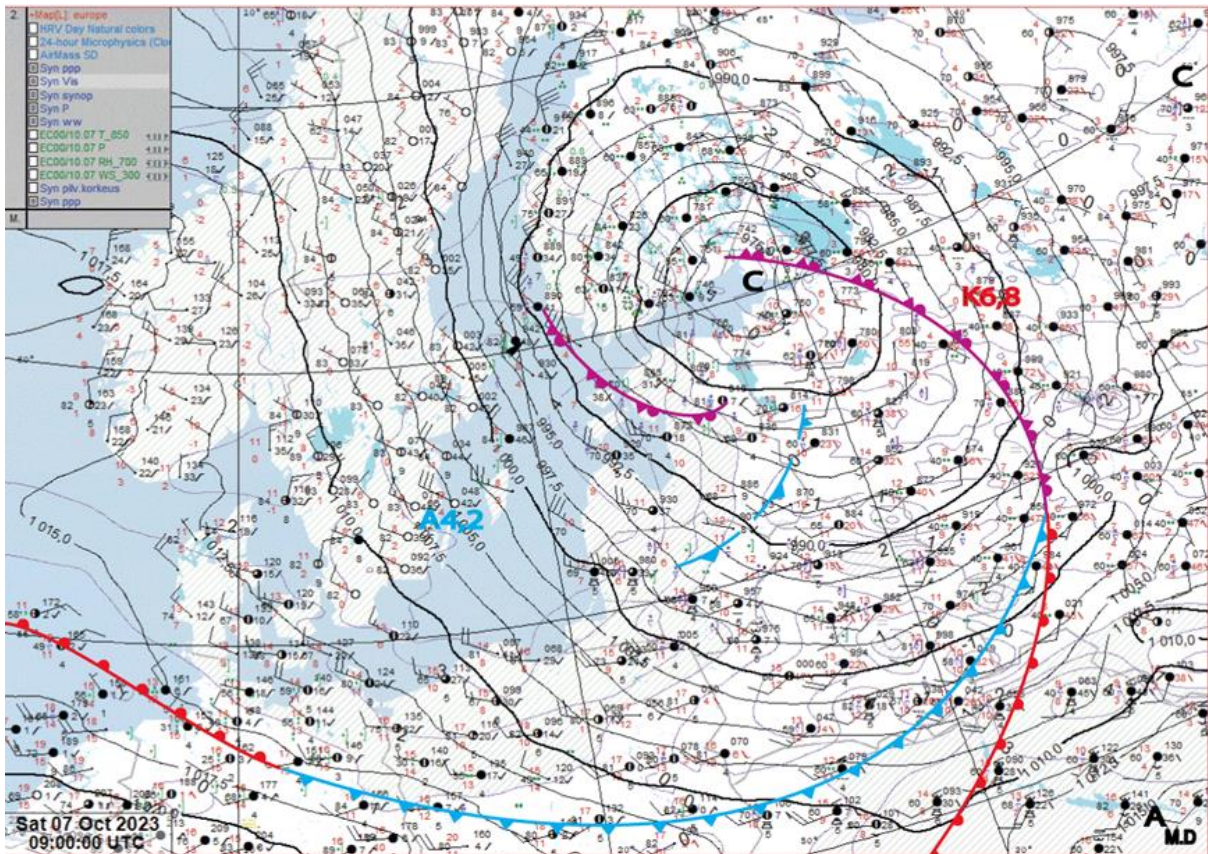
2021./2022. gada ziemas sezona Latvijā bija ar nepastāvīgiem laikapstākļiem, un ziemas pēdējos mēnešu vētrains un vienlaikus arī salīdzinoši silto un mitro laikapstākļu ietekmē Baltijas jūras Kurzemes piekrastē bija labvēlīgi apstākļi krasta erozijas attīstībai.

### 2023. gada 7.–8. oktobra vētra

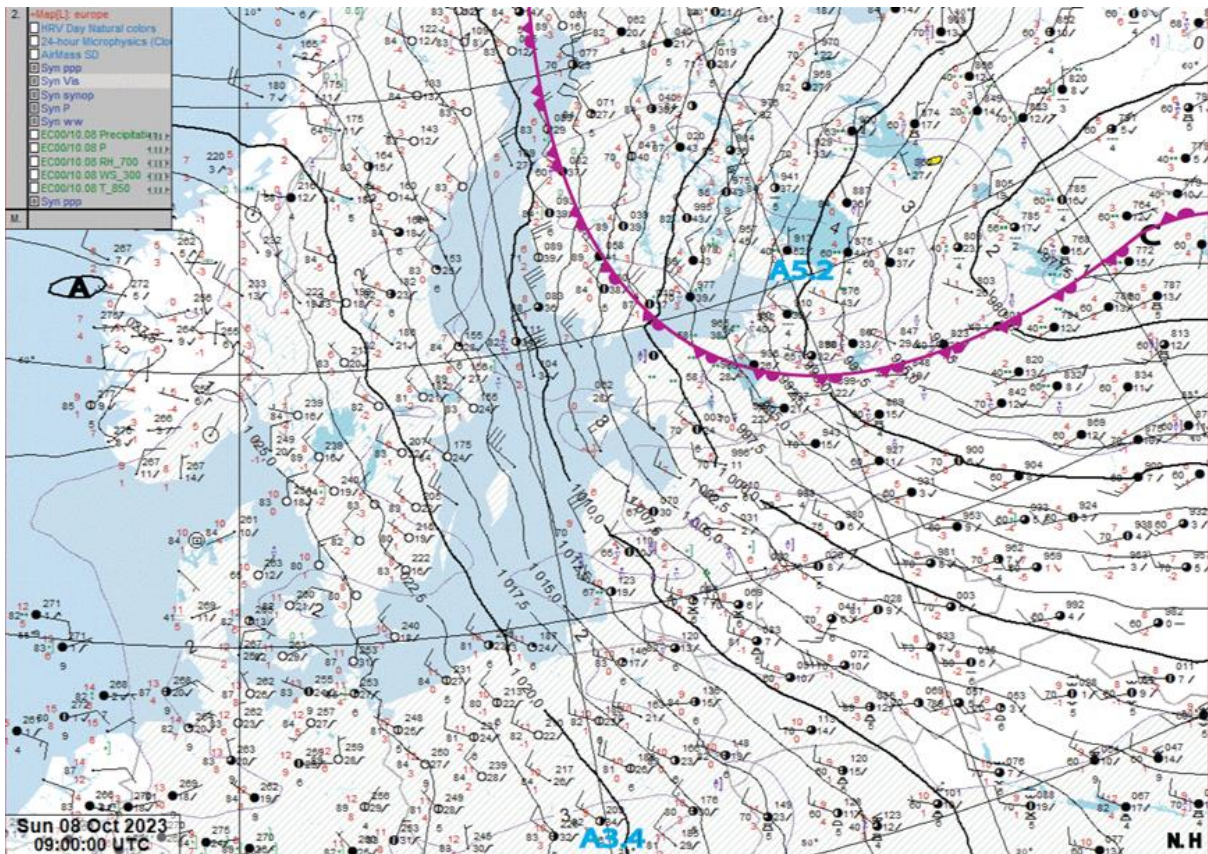
2023. gada 7.–8. oktobrī Latvijā tika piedzīvota vētra, kas radīja postījumus gan piekrastes reģionos, gan vietām iekšzemē. AS “Sadales tīkls” informācija liecina, ka reģistrēti plaši elektroapgādes traucējumi elektrotīklā, tostarp, augstsprieguma tīklā. Elektroapgāde ir traucēta aptuveni 44 000 klientu. Vētras dēļ piekrastē ievērojami cēlās ūdens līmenis un applūda kāpas, pludmales, kā arī Gaujas, Daugavas un Lielupes grīvu krasti. Savukārt Saulkrastu novadā un Jūrmalā jūras viļņi izdarījuši postījumus pludmalē esošajiem celiņiem, soliņiem un pārgērbšanās kabīnēm (LETA un Latvijas avīze, 2023; LSM, 2023).

Arī aptaujas anketā par erozijas radītajiem postījumiem Saulkrastu novada pārstāvji norāda, ka šīs vētras ietekmē jūra noskaloja vairākas gājēju laipas, kuru atjaunošanas kopējās izmaksas sasniedza 6150 euro. Turklāt vairākās vietās tika pilnībā nolauzti vai aizlauzti koki, radot bīstamas situācijas, kā risināšanai, t. i. bīstamo koku un zaru zāgēšana, tika iztērēti 3350 euro. Tāpat atsevišķās vietās, kur izbūvēta piekļuve jūrai, Īpašumu apsaimniekošanas nodaļas darbiniekiem nācās veikt papildu darbus, sakopjot smilšu sanesumus, piemēram, pie jaunizbūvētās glābšanas stacijas.

Vētru 2023. gada 7.–8. oktobrī izraisīja ciklons, kas no rietumiem šķērsoja Baltijas jūras reģionu un kura dienvidrietumu, rietumu malas ietekmē Latvijā ilgstoši pūta spēcīgs ziemeļrietumu puses vējš (26. un 27. attēls).



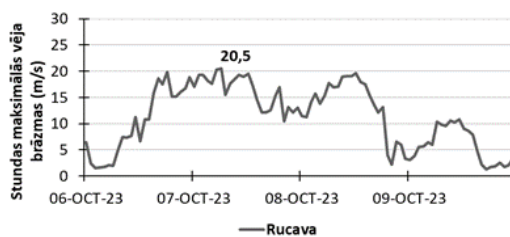
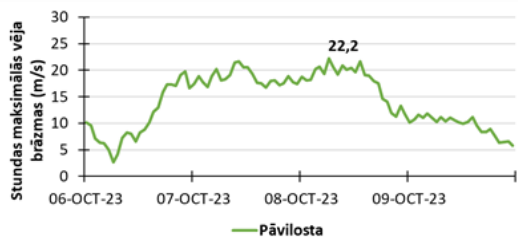
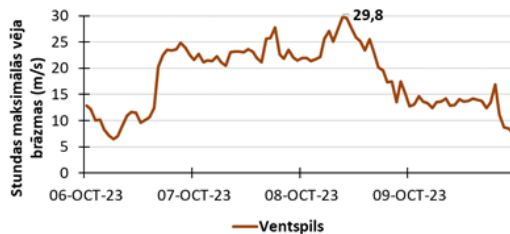
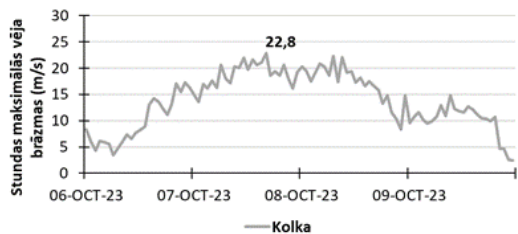
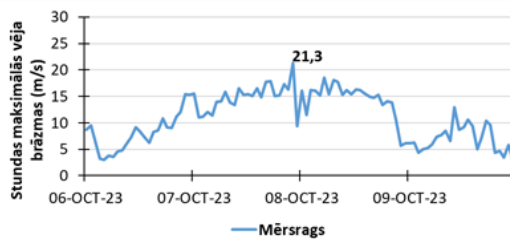
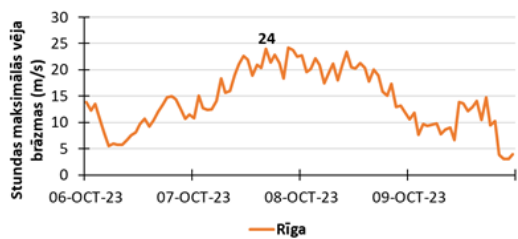
26. attēls. Faktiskā laikapstākļu situācija un frontālā analīze 2023. gada 7. oktobrī plkst. 09:00 UTC (LVĢMC, n.d<sup>1</sup>.)



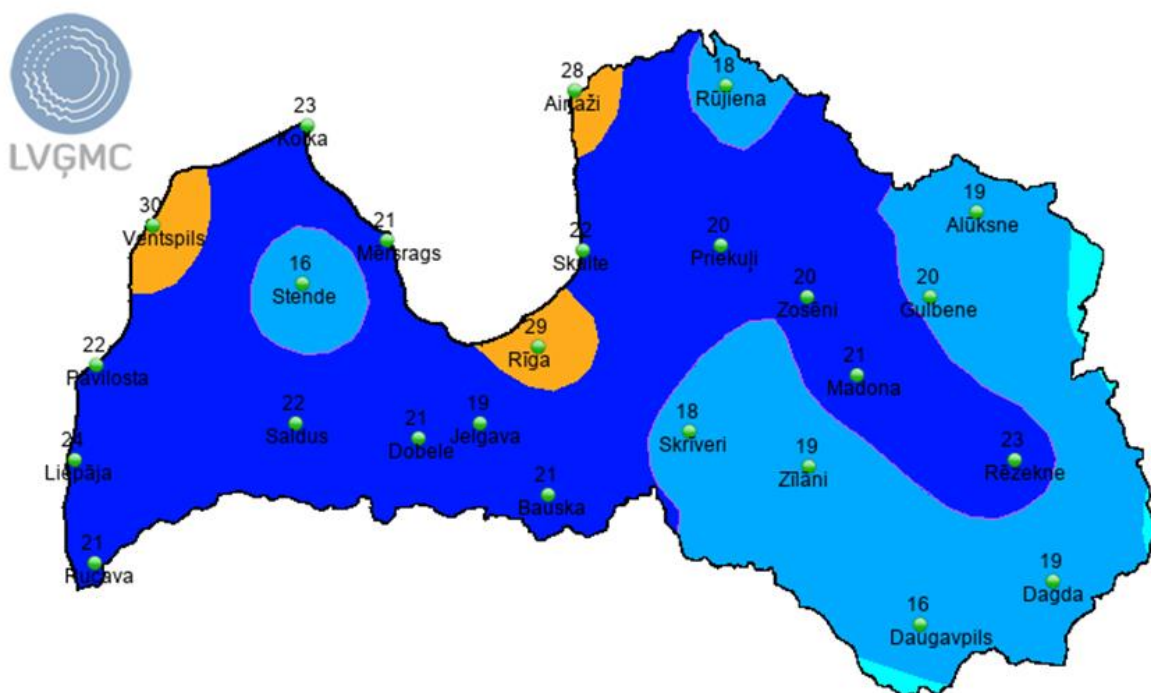
27. attēls. Faktiskā laikapstākļu situācija un frontālā analīze 2023. gada 8. oktobrī plkst. 09:00 UTC (LVĢMC, n.d.<sup>1</sup>.)

Latvijas piekrastes rajonos dienvidrietumu, rietumu vējš pakāpeniski pieņēmas spēkā, sākot no 6. oktobra dienas vidus. 7. oktobrī vējš iegriezās no ziemeļrietumiem un pieņēmas spēkā, un laikā no 7. oktobra līdz 8. oktobra vakaram piekrastes novērojumu stacijās saglabājās brāzmās virs 15 m/s, Ventspilī un Liepājas ostas apkārtnē virs 20 m/s (28. attēls). Savukārt maksimālās šīs vētras laikā reģistrētās vēja brāzmas (29. attēls) sasniedza 30 m/s Ventspils novērojumu stacijā, 29 m/s Daugavgrīvas novērojumu stacijā Rīgā un 28 m/s Ainažu novērojumu stacijā. Piekrastes novērojumu stacijās reģistrētās vēja brāzmas atbilda vētras un stipras vētras spēkam, tomēr kopumā šajā gadījumā vēja radītā ietekme būtu vērtējama kā paaugstināta, kas saistīts ar tādiem apsvērumiem, ka stiprs vējš tika novērots ilgstoši, turklāt apstākļos, kad kokiem vēl nebija nobirušas lapas (LVĢMC, 2023a; LVĢMC, 2023b).





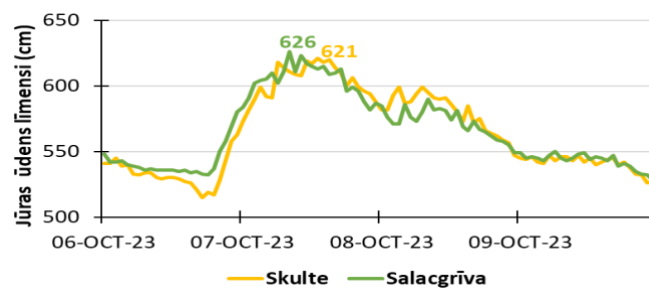
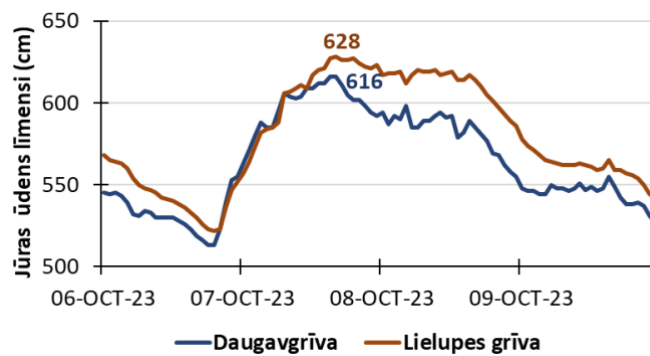
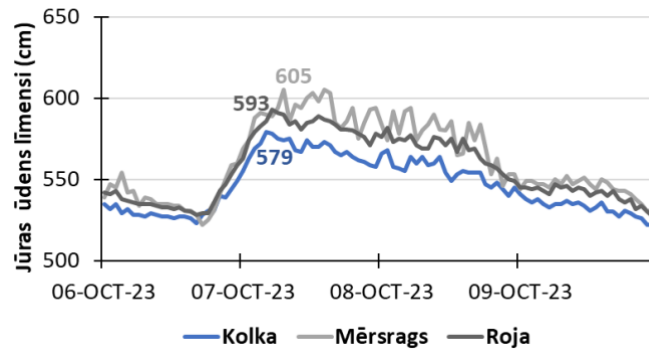
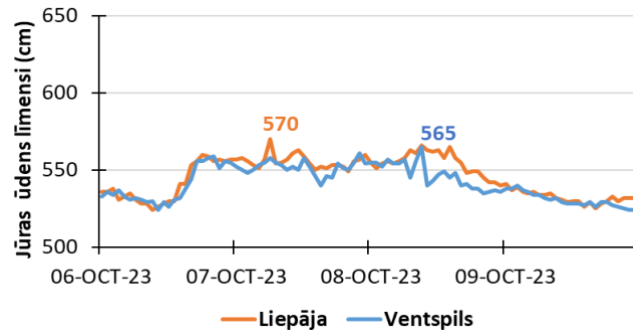
28. attēls. Stundas maksimālās vēja brāzmas (m/s) Latvijas piekrastes hidrometeoroloģisko novērojumu stacijās laika periodā no 2023. gada 6. oktobra līdz 9. oktobrim (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>.)



29. attēls. Maksimālās vēja brāzmas (m/s) Latvijā 2023. gada 7.–8. oktobrī (LVĢMC, 2023b)

Stiprā ziemeļrietumu vēja ietekmē Rīgas līča piekrastē ievērojami paaugstinājās ūdens līmenis (LVĢMC, 2023b). Ja atklātās Baltijas jūras piekrastes stacijās šīs vētras laikā ūdens līmeņa augstums nepārsniedza 65–70 cm virs stacijas nulles līmeņa, tad Rīgas līča pretvēja piekrastē ūdens līmeņa pieaugums bija ievērojamāks (30. attēls). Līdz ar dominējošajiem ziemeļrietumu vējiem ūdens no pārējās Baltijas jūras akvatorijas daļas tika dzīts Rīgas līcī un tālāk pret tā dienvidu un austrumu piekrasti. Tādēļ Rīgas līča akvatorijā kopumā ūdens apjoms un līdz ar to arī ūdens līmenis bija lielāks nekā atklātās Baltijas jūras daļā, kā arī tā dienvidu un austrumu piekrastē vējuzplūdu augstums sasniedza 116–128 cm virs staciju nulles atzīmes. Turklāt ūdens līmenis ilgstošu laiku – kamēr turpināja pūst brāzmais vējš – saglabājās salīdzinoši augsts.





30. attēls. Jūras ūdens līmeņa augstums (cm) Latvijas piekrastes hidrometeoroloģisko novērojumu stacijās laika periodā no 2023. gada 6. oktobra līdz 9. oktobrim. 500 cm atzīme atbilst stacijas nulles līmenim (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>.)

Ciklons sev līdzī nesā ne tikai vējainu, bet arī nokrišņiem bagātu laiku. Visā Latvijas teritorijā lija lietus, atsevišķās vietās tika reģistrētas stipras lietusgāzes. Savukārt, vējam iegriežoties no

ziemeļrietumiem un līdz ar to teritorijā ieplūstot aukstākam gaisam, 8. oktobrī dažviet tika novērots arī slapjš sniegs un sniega graudi, dārdēja pērkons (LVGMC, 2023b). Tomēr kopumā 2023. gada oktobra mēnesis Latvijā bija tikai nedaudz (0,3 °C) siltāks par ilggadīgās normas vērtībām, un bija ar par 64 % lielāku nokrišņu daudzumu nekā klimatiskās normas periodā. Savukārt mēneša pirmā dekāde bija gan siltāka (1,3 C), gan mitrāka (89 %) par ilggadīgās normas vērtībām (LVGMC, 2023c).

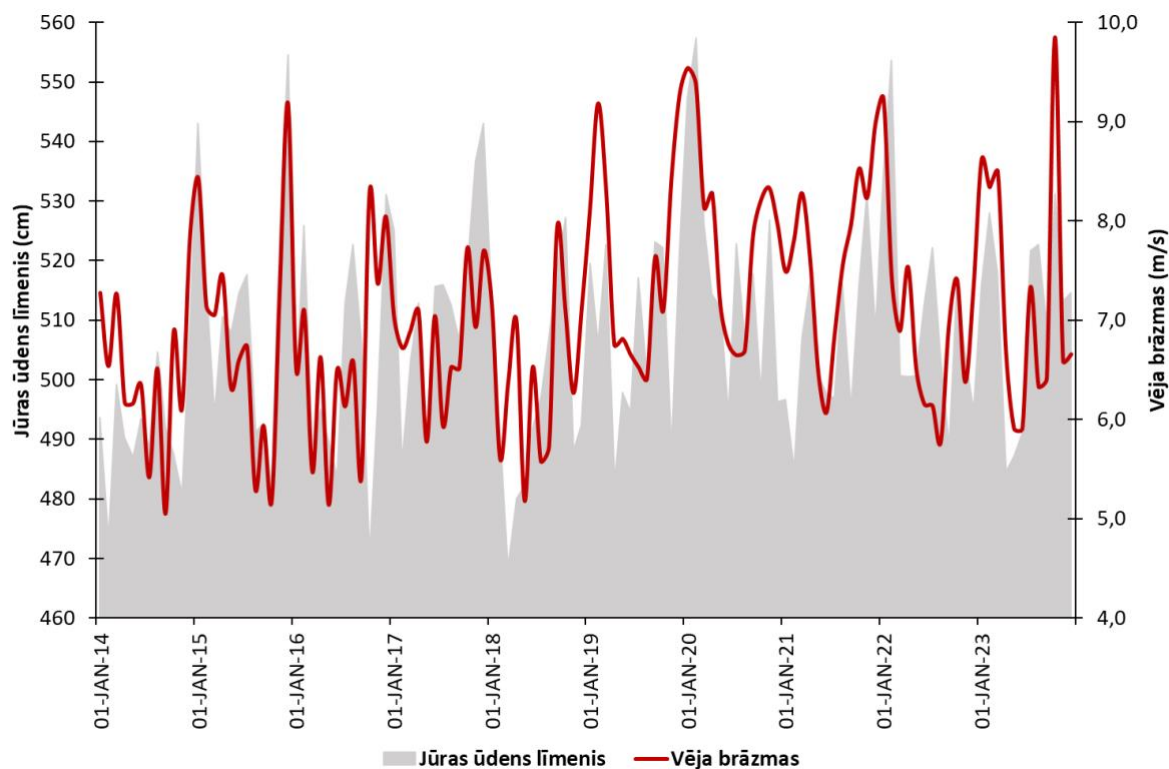
Lai gan par šo periodu nav pieejami viļņu augstuma mērījumi Latvijas piekrastes ūdeņos, balstoties uz iepriekš sniegto vētras apstākļu raksturojumu, var pieņemt, ka līdz ar ilgstoši augsto jūras ūdens līmeni un brāzmaino pastāvīga ziemeļrietumu virziena vēju jūras krasts ticis pakļauts arī viļņu postošajai iedarbībai. Kopumā šī vētra vērtējama kā augstas ietekmes gadījums, kas ietver gan postošu ietekmi piekrastes applūšanas dēļ, gan arī ievērojamas krasta erozijas attīstībai labvēlīgus apstākļus.

### **2018. gada 3. augusta krasta nogrūvums Liepājā Karostas apkārtnē**

2018. gada augustā, nobrūkot krasta posmam Liepājā, Karostā Atmodas bulvāra galā, bojā gāja kāds 10 gadus vecs zēns, kas notikuma brīdī rotaļājās stāvkrasta pakājē. Glābējiem neizdevās laikus atrakt zēnu, jo situāciju apgrūtināja apaugums, koki, krūmi, saknes un akmeņi, kas nogruva līdz ar stāvkrasta smilšu masīvu (Vīksne, 2018). Šis traģiskais krasta nogrūvuma gadījums nebija tiešā veidā saistīts ar laikapstākļu ietekmi un atbilstoši plašsaziņas līdzekļos sniegtajai informācijai – pat ne ar mehānisku iedarbību (krasta graušanu, lēkāšanu pa to u. tml.). Nogrūvums notika no visiem aspektiem raugoties relatīvi mierīgos apstākļos. Tādējādi šis gadījums var kalpot par uzskatāmu piemēru tam, kā krastu nogrūvumu ietekmējošie faktori akumulējas laikā līdz pat nenozīmīgi satricinājumi pārsniedz krasta stabilitātes un noturības kapacitāti un veicina tā nogrūšanu.

### **2014.–2023. gada periods kopumā**

Iepriekš apkopotā analīze par gadījumiem, kuros konstatēti krasta erozijas radītie zaudējumi, ir fragmentāra un neietver pilnīgu skatu uz to zaudējumu apmēru, kas var rasties šī krasta procesa rezultātā. Vairums no aprakstītajiem gadījumiem bijuši saistīti ar vētru ietekmi, tomēr apskatītajā 10 gadu ilgajā laikposmā bijuši vairāki periodi, kad laikapstākļi bijuši vējaini un piekrastē paaugstinājies ūdens līmenis (31. attēls). Līdz ar to ir ļoti iespējams (un pat diezgan droši apgalvojams), ka faktiskie zaudējumi, ko īpašniekiem radījusi krasta erozija, ir gan ievērojami plašāk izplatīti, gan arī apmēra ziņā lielāki.



31. attēls. Mēneša vidējais vēja brāzmu spēks (m/s) Ventspils, Mērsraga, Daugavgrīvas (vēja brāzmām Rīga-Universitāte) un Salacgrīvas (vēja brāzmām Ainaži) hidrometeoroloģisko novērojumu stacijās (staciju vidējā vērtība) laika periodā n 2014. līdz 2023. gadam (LVĢMC, n.d<sup>2</sup>.)

## 2.2. Pašvaldību informācija par krasta erozijas radīto postījumu atjaunošanai

No piekrastes pašvaldību anketām izgūtā informācija ietvēra papildu norādes uz zaudējumiem, kas radušies krasta erozijas rezultātā. Tomēr šī informācija pārsvarā bija bez norādes uz konkrētu zaudējumu rašanās laika periodu un tādēļ nebija savietojama ar hidrometeoroloģisko informāciju analīzes veikšanas nolūkā. Tomēr tā raksturo kopējo slogu, ko piekrastes pašvaldībām rada šādu postošu krasta procesu norise.

Aptaujājot pašvaldības, var secināt, ka, lielākoties, sistemātiska zaudējumu uzskaitē nav un netiek veikta, kā arī sistemātiski netiek uzskaitīti ieguldītie līdzekļi erozijas seku likvidēšanai. Daudzos gadījumos ieguldījumi seku likvidācijai tiek uzskaitīti kā pašvaldību infrastruktūras uzturēšanas izmaksas.

Turpmāk sniegts apkopojums ar zaudējumiem, kas raksturoti piekrastes pašvaldību anketās:

## Pašvaldību sniegtā informācija par zaudējumiem

Zaudējumu raksturojums	Zaudējumu izmaksas, EUR	Piemēri
<b>Pludmales infrastruktūra un labiekārtojums</b> (soliņi, atkritumu konteineri, bērnu rotaļu laukumi, stendi, izskalotas un bojātas koka laipu noejas u.c.).	Vidējās ikgadējās atjaunošanas izmaksas variē no 1000 EUR - 28 000 EUR.	n/a
<b>Vējā sapūstu smilšu sanesumu attīrīšana</b> (pludmales infrastruktūras, noeju, upju izteku – smilšu savākšana un transportēšana).	Vidējās ikgadējās izmaksas – 3500 EUR - 30000 EUR	Ventspils pilsēta: <i>“Ik gadu vēja erozijas rezultātā no Ventspils pludmales tiek izpūsts liels daudzums smilšu, kas nonāk Medņu ielā ( galvenā pieeja pludmalei) un ir regulāri jāsavāc un jāaizved. Pavasarī no vējā sapūstiem smilšu sanesumiem tiek attīrītas arī visas pludmales ieejas. Ik gadu smilšu novākšanai un aizvešanai, kā arī Medņu ielas attīrīšanai tiek tērēts ap 30 000 euro (10 gadu ilgā laika periodā ap 300 000 euro)”</i> .  Tukuma novads: <i>“Pēc vētrām regulāri tiek aizpūsta Siliņupes izteka, kas ir jāatrok – vidēji gadā to nepieciešams atrakt 6 reizes, un vienas šādas reizes izmaksas ir 140 euro). Tāpat vētru laikā ar smiltīm tiek aizbērtas meliorācijas caurtekas, kas iztek uz jūru. Lapmežciema pagastā ir 3 šādas vietas, kurās atrakšana jāveic vidēji 6 reizes gadā, un katras atrakšanas izmaksas ir aptuveni 140 euro”</i>
<b>Postījumi pretplūdu būvēm</b>	<b>Vienreizējās atjaunošanas izmaksas 50000 - 200 000 EUR</b>	Dienvidkurzemes novads: <i>“Vētra ar netipisku vēja virzienu 2019. gadā nodarīja postījumus Pāvilostas promenādei (pretplūdu būve), un tās atjaunošana izmaksāja aptuveni 100 000 euro no pašvaldības budžeta”</i>
<b>Krastu stiprināšanas pasākumi erozijas rezultātā/vai pēc vairākām erozijas epizodēm</b>	Vienreizējās atjaunošanas izmaksas 20000 – 300000 EUR	Dienvidkurzemes novads: <i>“Šī brīža aktuāla problēma ir Pāvilostas krasta erozija posmā no Ziemeļu mola līdz Vītolu un</i>

Zaudējumu raksturojums	Zaudējumu izmaksas, EUR	Piemēri
		<p><i>Brīvības ielas krustojumam (līdz jau izbūvētam gabionu krasta stiprinājumam). Šobrīd apdraudētas ir arī dzīvojamās mājas. Izmaksas krasta stiprinājumu izbūvei šobrīd prognozējamās ap 300 000 euro apmērā”.</i></p> <p>Saulkrastu novads: “Lai nostiprinātu priekškāpu, pēdējo trīs gadu laikā trijās vietās izveidoti gabioni. Kopējās izmaksas aptuveni 106 000 euro”</p> <p>“Pēdējo gadu laikā zaļie risinājumi (kārķu stādīšana un kārķu pinumu veidošana Baltajā kāpā) veikti tikai talkas vai pašvaldības darbinieku darba resursu ietvaros”. - Uzturēšanas un atjaunošanas izmaksas).</p> <p>Rojas novads: “Rojas pagastā no krasta erozijas ir cietuši Rojas ciema Krasta ielas un Ķirķraga ielas iedzīvotāju īpašumi, kā arī Kaltenes ciema piekrastes īpašumi. Krasta stiprināšanai iedzīvotāji izmanto akmeņus un citus materiālus. Melnsila kempinga īpašnieks ir veicis krasta stiprināšanu ar smilts maisiem. Par konstatēto zaudējumu apmēru un ieguldīto līdzekļu apmēru nav informācijas, izņemot vienu Ķirķraga ielas mājas īpašnieku, kurš krasta stiprināšanā bija ieguldījis 30 000 euro”. – Uzturēšanas un atjaunošanas izmaksas).</p>

### 2.3. Piekrastes erozijas potenciāli radīto zaudējumu aprēķināšanas metodoloģija

Iepriekš apkopota un sniegta fragmentāra informācija par krasta erozijas radītajiem zaudējumiem Latvijas piekrastē. Tomēr šī informācija ir ne tikai fragmentāra tās pieejamības dēļ, bet arī nepilnīga, jo nerada pilnīgu priekšstatu par visām tām vērtībām, kas krasta

noskalošanās dēļ potenciāli var tikt zaudētas krasta erozijas ietekmē. Lai gūtu aptverošu skatījumu un aplēses par kopējo krasta erozijas radīto zaudējumu apmēru gan līdz šim, gan nākotnes perspektīvā, nepieciešams pielietot starpdisciplināru pieeju un izmantot inovatīvas metodes tādas informācijas iegūšanai, kas līdz šim nav tikusi apkopota.

Teritorijas plānošanā un politikas veidošanā ir jāspēj novērtēt esošo situāciju piekrastē attiecībā uz krasta eroziju un tās radītiem zaudējumiem, kā arī jāizvērtē iespējamās sekas izvēloties ekonomiski efektīvāko un videi draudzīgāko rīcību. Erozijas apdraudēto teritoriju plānošanu jeb krasta aizsardzībā un/vai plānošanā ieguldīto investīciju efektivitātes vai nepieciešamības noteikšanai konkrētā piekrastes pašvaldībā vai piejūras reģionā var novērtēt veicot piecas darbības (sk. 32. attēlu) (Brūniņa L. 2012.).

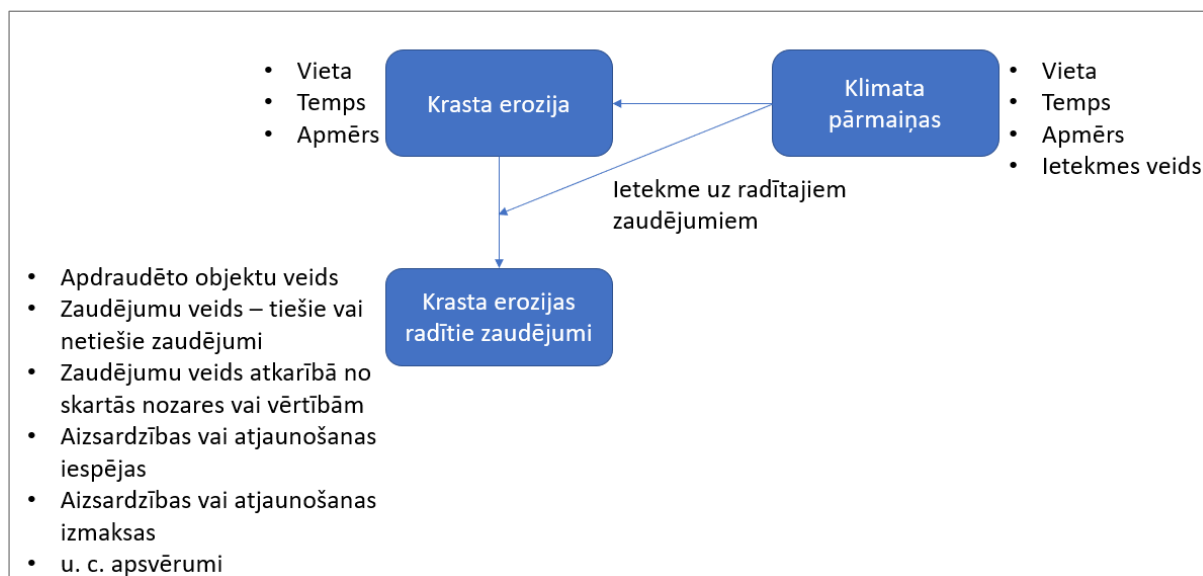


32. attēls. Erozijas izvērtējuma darbību secība  
(Brūniņa L. 2012)

Tomēr Latvijā nav pieejamas oficiālas un aptverošas statistikas, kā arī nav veikta uzskaitē par erozijas radītajiem zaudējumiem ne kopumā, ne teritoriālā, tautsaimniecības nozaru vai apdraudēto vērtību griezumā. Tādējādi līdz ar empīrisku datu trūkumu šī brīža apstākļos nav iespējams izstrādāt un aprobēt metodoloģiju, ar kuras palīdzību būtu iespējams veikt pilnvērtīgu, reprezentatīvu un aptverošu krasta erozijas radīto zaudējumu aprēķinu. Tādēļ šā pētījuma izstrādes nolūkā piedāvāta no ārvalstīs izstrādātiem pētījumiem (Hudson T., Keating K, Pettit A, 2015., Brown S., Nicholls R. J., Lincke D., Hinkel J. *Annual Sea Flood Costs*) aprobēta metodoloģija, kurā īstenotā pieeja zaudējumu aprēķināšanai būtu attīstāma Latvijā,

vienlaikus nodrošinot gan tās pielietošanai nepieciešamo datu un informācijas nodrošinājumu, gan arī veicinot zinātniski tehnisko kapacitāti tās īstenošanai.

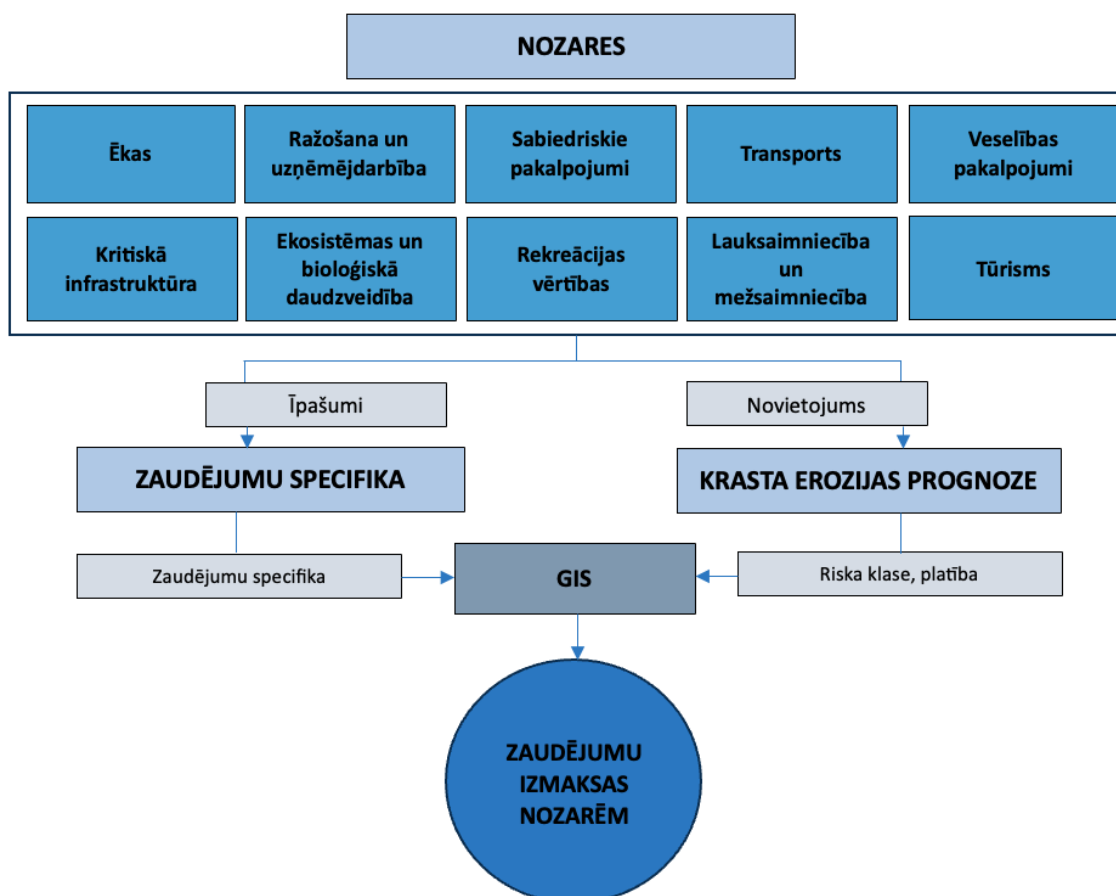
Konceptuālā pieeja krasta erozijas radīto zaudējumu novērtēšanai ietver izpratni par dažādiem zaudējumu veidu un apmēru ietekmējošiem faktoriem, kā arī to papildu ietekmi, ko rada klimata pārmaiņas gan attiecībā uz pašas krasta erozijas norisi, gan arī tās radītajiem zaudējumiem (33. attēls). Klimatisko faktoru un to izmaiņu ietekme gan tiešā, gan netiešā veidā ietekmē krasta eroziju, un vienlaikus pastarpināti var ietekmēt arī ekosistēmu, sabiedrības un infrastruktūras ievainojamību un noturību pret krasta erozijas iedarbību un tādējādi ietekmēt tās radīto zaudējumu apmēru. Projektijas ar lielu pārliecību norāda uz smilšaino krastu erozijas palielināšanos līdz ar pieaugošu vidējo jūras līmeni, tomēr erozijas apmēru un ātruma kvantitatīvās aplēses nav viennozīmīgas. Zinātniskajā kopienā joprojām nav vienotas izpratnes par to, kā pludmales applūšana klimata pārmaiņu rezultātā pieaugoša jūras ūdens līmeņa ietekmē mainīs krasta erozijas procesus, kas ir atkarīgi ne tikai no hidrometeoroloģisko faktoru (piemēram, viļņu enerģijas, vējuzplūdu augstuma u. tml.) mehāniskās iedarbības veida, bet arī no konkrētā krasta morfoloģijas. Līdz ar plašo ietekmējošo hidrometeoroloģisko faktoru klāstu, piekrastes sanešu plūsmu un erozijas procesu projektācijas ietver augstu nenoteiktību un norāda uz nepieciešamību izstrādāt augstas veiktspējas, izšķirtspējas un precizitātes skaitliskos modeļus nākotnes krasta līniju izmaiņu aplēsēm. Turklāt, lai pilnvērtīgi raksturotu krasta erozijas radītos zaudējumus, nepieciešams izprast, raksturot un kvantificēt arī dabisko procesu mijiedarbības un tās daudzšķautņainās ietekmes uz piekrastē esošajām vērtībām raksturu. Šim nolūkam ārvalstīs tiek izstrādāti kompleksi ietekmes modeļi, ar kuru palīdzību iespējams modelēt erozijas radītos zaudējumus kā tādus un secīgi aprēķināt šo zaudējumu radītās izmaksas. Līdz ar to pēc būtības krasta erozijas radīto zaudējumu aprēķins ir sarežģīts vairākpakāpju process, kura īstenošanai nepieciešams gan atbilstošs informācijas, gan zinātniski tehnoloģiskais un cilvēkresursu nodrošinājums.



33. attēls. **Krasta erozijas radītos zaudējumus ietekmējošie faktori**  
(Autoru veidots attēls)

Svarīgs sākotnējs solis potenciālo zaudējumu aplēšu izdarīšanai ir to objektu un nozaru apzināšana, kuras šādi krastu erozijas zaudējumi varētu skart. Attiecībā uz jūras piekrasti tas nozīmē visu to vērtību, kas dažādos laika nogriežņos atrodas piekrastes apdraudētajā zonā,

apzināšanu (34. attēls). Līdz ar to nepieciešams rūpīgi izpētīt jūras krasta erozijas riskam pakļautajās teritorijās esošos objektus, pārstāvēto tautsaimniecības nozaru vērtības, kā arī jāpārdomā un jāizvirza indikatori to materiālās vērtības noteikšanai un tiem materiālajiem zaudējumiem, kas būtu saistīti ar šo objektu vai vērtību neatgriezenisku zaudēšanu. Iegūtās aplēses apvienojot ar krasta erozijas prognozēm, iespējams aprēķināt tās dažādos laika periodos potenciāli radītos zaudējumus gan piekrastē kopumā, gan atsevišķu tautsaimniecības nozaru griezumā.



34. attēls. Zaudējumu izmaksas nozarēm

Avots: Pētījums *Damage-cost modelling of coastal floods: assessing the value of detailed data and advanced flood models as a basis for cost-effective decision-making on climate adaptation*

Latvijas piekrastē ar krasta eroziju potenciāli saistāmi zaudējumi šādās sociāli ekonomiskajās jomās:

- Publiskās/privātās ēkas/infrastruktūra (A)
- Ražošana un uzņēmējdarbība (B)
- Lauksaimniecība/mežsaimniecība (C)
- Sabiedriskie pakalpojumi (D)
- Dabas teritorijas/bioloģiskā daudzveidība (E)
- Kritiskā infrastruktūra (G)
- Tūrisms un rekreācija (H)



Lai apzinātu kopējos jūras krasta erozijas radītos zaudējumus ***E* laikposmā līdz 2048. gadam**, katrai sociāli ekonomiskajai nozarei piekritis zaudējumi *A–H*, kas potenciāli varētu rasties krasta platību noskalošanas rezultātā, tiek summēti, vienlaikus ar koeficienta *k* palīdzību raksturojot krasta erozijas radīto kopējo zaudējumu risku noteiktajā teritorijā:

$$E = (A + B + C + C + D + E + G + H) * k$$

(Autoru veidota aprēķinu formula)

Tabulā dotas zaudējumu rašanās varbūtības koeficienta *k* vērtības atbilstoši katrai erozijas riska klasei. Aprēķins attiecināms uz visu erozijas riskam pakļauto krasta joslu 25 gadu ilgā laika periodā.

2.tabula

Erozijas riska klases	Erozijas klašu raksturojums 2014. gada Vadlīnijās jūras krasta erozijas seku mazināšanai	Erozijas klašu raksturojums atbilstoši šī pētījuma ietvaram	Zaudējumu rašanās varbūtības koeficients
1. klase	Nenoīmīga, ļoti reta erozija, kompensēta	Dominē akumulācija, pamatkrasta erozijas varbūtība zemāka par 1% gadā	0,1
2. klase	Reta erozija, kompensēta	Stabils un mazmainīgs krasts, pamatkrasta erozijas epizodes retas un kompensētas, varbūtība sasniedz 1-5% gadā	0,25
3. klase	Noīmīga vidēji bieža erozija, nepilnīgi kompensēta	Noīmīgs pamatkrasta erozijas risks, varbūtība lielāka par 5% gadā	0,5
4. klase	hroniska erozija, atkāpšanās <1 m/gadā	Nekompensēta pamatkrasta atkāpšanās, erozijas epizožu varbūtība pārsniedz 10% gadā	1
5. klase	bieža hroniska erozija, atkāpšanās > 1m/gadā	Palīgklase – mākslīgie krasti	

*Izdalot dažādas nozares konkrētajā teritorijā, tiek rekomendēts atkārtoti precizēt dabā attālumus, precizējot nozaru kvadrantu robežas, esošo stāvokli, piemēram, konstatēt vai mežs ir skrajš vai biezs, kāda tipa ēkas atrodas konkrētajā teritorijā utt.*

Katras nozares precīzāko datu atrašanai ir jāizmanto visas iespējamās metodes, lai objektīvāk pamatotu izvēlēto vērtību aprēķinos vai arī var tikt aprēķināti nozares zaudējumi ar dažādajām vērtībām, iegūstot dažādus rezultātus, kas ļauj secināt par konkrētās nozares jutīgumu pret dažādiem apstākļiem. Šāda analīze var atklāt prioritāras sfēras konkrētajā teritorijā jeb nozares, kuru attīstīšanā ieguldītās investīcijas būs ar vismazāko risku un nodrošinās efektīvāku līdzekļu atdevi ar lielāko ticamības koeficientu, piemēram, to ļauj secināt līdzīgi aprēķinu rezultāti, kas iegūti ar dažādu metožu noteiktajām vērtībām. Proti, zemes vērtībai var izmantot kadastra novērtējuma, tirgus cenas, hedonisko metodi utt., un, ja ir pieejami visi šie dati vai arī ir iespēja veikt pētījumus, lai tos noteiktu, tad aprēķini būs precīzāki, nodrošinot integrētāku un ilgtspējīgāku piekrastes attīstību. Datu trūkuma gadījumos iespējams pielietot izmaksu ieguvumu pārneses metodi, piemēram, ja nav piemērotu tūrisma statistikas datu konkrētam kultūrvēsturiskam objektam var pielietot citu līdzīgu objektu aprēķinu piemērus no citiem informācijas avotiem. Nosakot mežu, dabas, pludmales nozaru vērtības var tikt piemērotas pieejamās vides pakalpojumu vērtības biotopiem.

### Ieteicamās vērtības un metodes monetāro izmaksu noteikšanai

Konkrētu vērtību noteikšana var tikt pielietota visām sociālekonomiskajām nozarēm pamatojoties uz zināmiem un/vai objektīvi izmērāmiem datiem vai citām metodēm, piemēram, kadastra vērtības noteikšana, socioloģisko aptauju dati utt.

- Publiskās/privātās ēkas/infrastruktūra (A)

Ēkām un infrastruktūras objektiem aprēķina rekonstrukcijas izmaksas. Ēkas tiek dalītas kategorijās: dzīvojamās ēkas, industriālas ēkas un palīgēkas. Infrastruktūras objektiem kopējās izmaksas ir atkarīgas no ūdens dziļuma virs ceļu klātnes un dažādu ceļu kategoriju rekonstrukcijas izmaksām.

*Privātīpašuma un publisko dzīvojamo ēku vērtību noteikšanai aprēķinos iekļaujамie parametri:*

- zemes vērtība konkrētam iecirknim, EUR
- zemes platība,  $m^2$
- kadastra vērtība apbūves zemēm, EUR/ $m^2$
- tirgus cenas koeficients
- kadastra nodoklis apbūvēs zemēm, EUR/ $m^2$
- dzīvojamā māja, saimnieciskā ēka, palīgēka – platība  $m^2$ , kadastra vērtība un nodoklis EUR/ $m^2$

*Inženierbūvju vērtību noteikšanas aprēķinos iekļaujамie parametri:*

- inženierbūvju vērtība konkrētā iecirknī, EUR
- vietējas nozīmes ceļi,  $m^2$ , ceļu vērtība, EUR/ $m^2$
- valsts nozīmes ceļi,  $m^2$ , ceļu vērtība, EUR/ $m^2$
- elektropievades līnijas garums, m, vērtība, EUR/m
- ūdenspiegādes, notekūdeņu novades cauruļvadu garums m, vērtība EUR/m
- notekūdeņu attīrīšanas iekārtas vērtība, EUR
- gāzes apgādes cauruļvadu garums m, vērtība EUR/m
- mobilo sakaru aprīkojuma tornis, torņa vērtība, EUR/gab
- veselības/izglītības u.c. sabiedrisko pakalpojumu sniegšanas iestādes (ēkas un infrastruktūra), skaits?

- autostāvvietas,  $m^2$
- autostāvvietu vērtība,  $EUR/m^2$
- pludmales un krastu labiekārtojums,  $m^2$
- pludmales un krastu labiekārtojuma vērtība,  $EUR/m^2$
- krasta aizsardzības inženierbūve,  $m^2$
- krasta aizsardzības inženierbūves vērtība,  $EUR/m^2$

Šie indikatori attiecināmi arī uz sabiedrisko pakalpojumu, kritiskās infrastruktūras, daļēji arī tūrisma un rekreācijas zaudējumu aprēķināšanu.

- Ražošana un uzņēmējdarbība (B)

*Rūpniecības un komercdarbības zaudējumu aprēķinos iekļaujамie parametri konkrētā iecirknī:*

- ēku un zemes vērtību noteikšanas parametri - platība  $m^2$ , kadastra vērtība un nodoklis,  $EUR/m^2$
- rūpniecības un komercdarbības vērtība,  $EUR$
- saimnieciskie zaudējumi,  $EUR$

Saimniecisko zaudējumu aprēķinos iekļaujамie parametri:

- dīkstāves dienas vērtība;  $EUR$
- darba dienu skaits
- uzņēmumā strādājošo cilvēku skaits
- pakalpojuma ietekmēto cilvēku skaits
- avārijas sekas likvidēšanā iesaistīto cilvēku skaits

- Lauksaimniecība/mežsaimniecība (C)

Lauksaimnieciskās vērtības aprēķinā jāņem vērā šādi faktori:

- lauksaimniecībā izmantojamās zemes platība,  $m^2/ha$
- kadastra vērtība lauksaimniecības zemēm,  $EUR/m^2 (ha)$
- iegūstamā raža,  $kg/m^2$
- vidējā ražas cena,  $EUR/t$
- zaudētie atbalsta maksājumi,  $EUR$
- saimniecisko zaudējumu aprēķini

Mežsaimnieciskās vērtības aprēķinā jāņem vērā:

- mežu zemes platība,  $ha$
- kadastra vērtība mežsaimniecības zemēm,  $EUR/ha$
- iegūtā koksne no meža platības  $m^3/ha$
- cena par koksnes  $m^3$ ,  $EUR/m^3$
- saimniecisko zaudējumu aprēķini

- Sabiedriskie pakalpojumi (D)

(piemēram, elektrības, dabasgāzes, šķidrā kurināmā piegādes, ūdensapgādes un kanalizācijas, notekūdeņu attīrīšanas, neatliekamās veselības aprūpes, glābšanas dienestu, elektronisko sakaru un datu pārraides, ceļu infrastruktūras un sabiedriskā transporta pakalpojumu nodrošināšana u.c.).

Zaudējumu aprēķinos iekļaujamie parametri konkrētā iecirknī:

- ēku vērtības noteikšanai
- inženierbūvju vērtības noteikšanai
- saimniecisko zaudējumu noteikšanai
  
- Dabas teritorijas/bioloģiskā daudzveidība (E)
  - biotopu platība, ha
  - ekosistēmu pakalpojumu vērtība, EUR/ha
  - kadastra vērtība, EUR/ha
  
- Kritiskā infrastruktūra (G)

Zaudējumu aprēķinos iekļaujamie parametri konkrētā iecirknī:

- ēku vērtības noteikšanai
- inženierbūvju vērtības noteikšanai
- saimniecisko zaudējumu noteikšanai
- infrastruktūras bojājumu ietekme uz pamatvajadzību un valsts drošības nodrošināšanu
  
- Tūrisms un rekreācija (H)

Zaudējumu aprēķinos iekļaujamie parametri konkrētā iecirknī:

- ēku vērtības noteikšanai
- inženierbūvju vērtības noteikšanai
- saimniecisko zaudējumu noteikšanai
- kultūrvēsturisko objektu vērtība noteikšanai

Piekrastes erozijas apdraudēto kultūrvēsturisko objektu vērtības aprēķinos iekļaujamie parametri:

- kultūrvēsturiskā objekta vērtība, EUR
- noskalotās kultūrvēsturiskās vietas veids (piemēram, kapi, dabas takas utt.)
- kultūrvēsturiskās vietas platība, m<sup>2</sup>
- privātās zemes kadastra vērtība, EUR/m<sup>2</sup>
- tirgus cenas koeficients (hedoniskā metode)
- apmeklētāju skaits gadā
- vidējās ceļa izmaksas vienam apmeklētājam (ceļojumu izmaksu metode), EUR

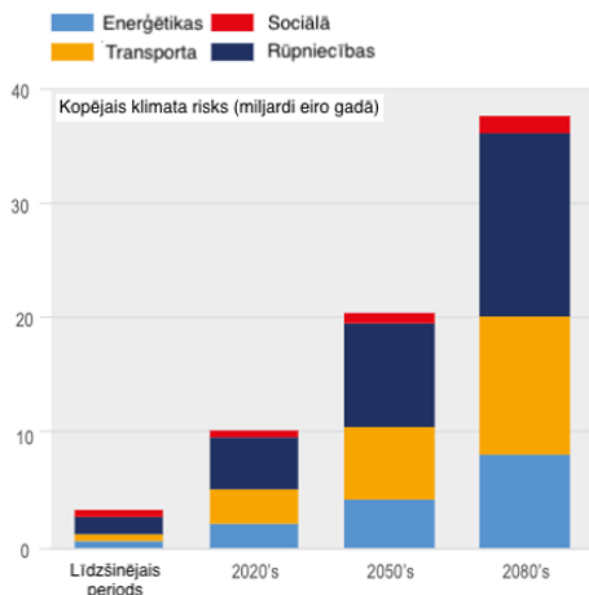
## 2.4. Paredzamā klimata pārmaiņu ietekme uz tautsaimniecības nozarēm

Būtiski uzsvērt, ka, vērtējot potenciālo klimata pārmaiņu ietekmi uz tautsaimniecības nozarēm, dažāda veida infrastruktūru un citām vērtībām, jāņem vērā apstākļi, ka vienlaikus iespējama vairāku apdraudējumu iedarbība. Piemēram, klimata modeļu aprēķini liecina, ka klimata pārmaiņu ietekmē pieaugošais ekstremālu parādību biežums radīs papildu apdraudējumu kritiskajai infrastruktūrai, jo īpaši piekrastes teritorijās. Pētījumā par ekstremālu klimata parādību pieaugošo ietekmi uz kritisko infrastruktūru Eiropā konstatēts, kā klimata pārmaiņu ietekmē līdz 2100. gadam Eiropā attīstīsies klimatisko apdraudējumu radīti zaudējumi enerģētikas, transporta, rūpniecības un sociālās nozares kritiskajai infrastruktūrai. Pētījuma rezultāti atklāj, ka zaudējumu apmēri līdz gadsimta vidum varētu seškārtoties un līdz gadsimta

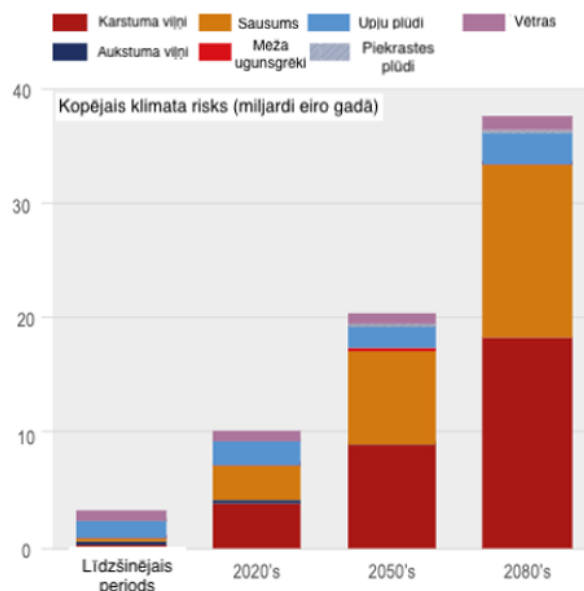
beigām palielināties vairāk nekā 10 reīžu salīdzinājumā ar pētījuma pamatdatiem. Vislielākie ekonomiskie zaudējumi ir paredzami rūpniecības, transporta un enerģētikas nozarē (35. attēls) (Forzieri et al., 2018; Bednar-Friedl et al., 2022).

### Kopējais klimata apdraudējuma risks kritiskajai infrastruktūrai Eiropā

(a) Apkopojums pa nozarēm



(b) Apkopojums pēc klimatiskā apdraudējuma



35. attēls. **Kopējais klimata apdraudējuma risks (miljoni euro/gadā) kritiskajai infrastruktūrai Eiropā atbilstoši SRES A1B klimata pārmaiņu scenārija aplēsēm. Līdzšinējais periods: 1981.-2010. gads; 2020s: 2011.-2040. gads; 2050s: 2041.-2070. gads; 2080s: 2071.-2100. gads. Avots: Forzieri et al., 2018.**

3.–5. tabulā sniegts piemērs pēc līdzīgas pieejas aprēķinātiem potenciālajiem zaudējumiem, ko piekrastes pilsētās Rīgā, Jūrmalā, Liepājā un Ventspilī varētu izraisīt pieaugošs piekrastes applūšanas risks (Prahl et al., 2018). Lai gan piekrastes applūšana nav krasta erozijai pielīdzināma parādība, un tās sociāli ekonomiskā ietekme var būt atšķirīga dažādu iemeslu (piemēram, applūšanai pakļautais laika periods, ietekmes atgriezeniskums, aizsargbūvju efektivitāte u. c.) dēļ, šīs parādības ir savstarpēji saistītas – pieaugošs piekrastes applūšanas risks ietver potenciālu veicināt krasta erozijas tempus un apmēru. Piemērā sniegtie zaudējumu aprēķini (3. tabula) balstīti uz informācijas par konkrētās teritorijas augstumu virs jūras līmeņa (augstuma modelis ar 25x25m telpisko izšķirtspēju), zemes segumu (izmantoti CORINE zemes seguma datu slāņi ar 100x100 m telpisko izšķirtspēju) un statistisku informāciju par tās monetāro vērtību atbilstoši zemes lietojuma veidam (2015. gada Eurostat LUCAS apsekojuma dati, kā arī 2017. gadā veiktas maksimālo zaudējumu aplēses katram zemes lietojuma veidam). Lai aplēstu zaudējumus, kas potenciāli varētu rasties pie katra secīga 50 cm plūdu augstuma līmeņa, informācija par piekrastē esošo vērtību raksturojumu tika apvienota ar piekrastes plūdu augstuma modelēšanas rezultātiem plūdiem ar augstumu no 0 līdz 12 m, izmantojot applūšanas dziļuma un zaudējumu savstarpējās sakarības funkcijas. Šajā aprēķinu pieejā nav ņemta vērā pastāvošā piekrastes plūdu aizsarginfrastruktūra. Sniegtās zaudējumu aplēses, kas oriģināli veiktas par 2016. gadu, šī pētījuma ietvaros tika pārrēķinātas 2023. gada izmaksu līmenī, izmantojot CSP Inflācijas kalkulatoru (CSP, 2023).

3. tabula

Tiešo monetāro zaudējumu aplēses (miljonos *euro* 2023. gadā) piekrastes plūdiem ar augstumu no 0 līdz 12 m (Prahl et al., 2018)

Tiešo monetāro zaudējumu aplēses (miljonos € 2023. gadā) plūdu augstumos no 0 līdz 12 m					
Pilsēta		Rīga	Jūrmala	Liepāja	Ventspils
Koordinātas	Platums	56,95079	56,96351	56,53069	57,39006
	Garums	24,13977	23,74022	21,02812	21,57803
Zaudējumu izmaksas (milj. EUR)					
Applūduma augstums	0,0 m	191,100	71,745	0,419	11,910
	0,5 m	344,063	86,461	6,989	17,165
	1,0 m	524,440	132,795	17,050	23,426
	1,5 m	740,971	177,608	37,606	30,820
	2,0 m	1033,249	233,524	235,968	41,283
	2,5 m	1467,394	297,352	403,522	60,593
	3,0 m	2027,789	387,572	626,005	100,395
	3,5 m	2560,418	487,606	874,094	167,563
	4,0 m	3145,892	599,624	1187,049	346,151
	4,5 m	3767,262	726,952	1495,803	521,457
	5,0 m	4443,071	877,973	1822,321	722,882
	5,5 m	5092,040	1059,836	2168,732	938,249
	6,0 m	5774,314	1299,488	2515,275	1147,964
	6,5 m	6471,430	1550,965	2858,121	1353,490
	7,0 m	7218,236	1802,915	3212,069	1549,875
	7,5 m	7889,785	2574,370	3554,788	1738,994
	8,0 m	8587,499	2994,079	3880,777	1917,903
8,5 m	9470,251	3354,145	4172,516	2081,106	
9,0 m	10323,402	3714,042	4437,654	2242,282	
9,5 m	12416,662	4058,115	4673,066	2394,982	
10,0 m	14042,080	4393,877	4864,135	2531,224	

	<b>10,5 m</b>	15624,505	4699,498	5024,408	2655,660
	<b>11,0 m</b>	18152,147	5018,163	5158,197	2764,357
	<b>11,5 m</b>	20140,237	5288,146	5269,030	2859,319
	<b>12,0 m</b>	22237,078	5541,413	5359,631	2943,527

Piekrastes applūšanas ekonomiskās ietekmes novērtējumam nepieciešama precīza informācija ne tikai par tās potenciāli radītajiem postījumiem, bet arī izmaksām, kas saistītas ar dažādu aizsardzības pasākumu īstenošanu. Minētā pētījuma ietvaros piekrastes aizsardzības izmaksu līknes raksturo attiecību starp krasta aizsardzības būvniecības izmaksām (kas ir aptuveni tuvinātas aizsargdambju būvniecības izmaksām) un nepieciešamo aizsardzības augstumu. Sniegtie aizsardzības pasākumu izmaksu zemāko un augstāko robežvērtību aprēķini (3. un 4. tabula) sniedz iespēju kontekstualizēt katrā pilsētā sagaidāmos pielāgošanās centienus, vienlaikus nodrošinot ietekmes pētniekiem pamatinformāciju, lai veiktu piekrastes pielāgošanās izmaksu un ieguvumu salīdzinošus novērtējumus.

4. tabula

Iespējamo krastu aizsardzības pasākumu izmaksu zemākās robežvērtības aplēses (miljonos euro 2023. gadā) (Prah et al., 2018)

<b>Iespējamo aizsardzības pasākumu zemākās robežvērtības izmaksu aplēses (milj. EUR 2023, gadā)</b>					
<b>Pilsēta</b>		<b>Rīga</b>	<b>Jūrmala</b>	<b>Liepāja</b>	<b>Ventspils</b>
Koordinātas	Platums	56,95079	56,96351	56,53069	57,39006
	Garums	24,13977	23,74022	21,02812	21,57803
<b>Aizsargpasākumu izmaksas (milj. EUR)</b>					
<b>Applūduma augstums</b>	<b>0,0 m</b>	945,208	392,237	0,626	85,395
	<b>0,5 m</b>	1406,599	480,672	32,516	133,166
	<b>1,0 m</b>	1959,075	610,072	93,741	193,019
	<b>1,5 m</b>	2588,701	742,718	179,869	261,193
	<b>2,0 m</b>	3321,163	899,786	557,166	341,716
	<b>2,5 m</b>	4124,722	1080,964	794,858	440,732
	<b>3,0 m</b>	5113,373	1291,296	1077,580	564,237
	<b>3,5 m</b>	6085,090	1532,250	1386,172	711,273
	<b>4,0 m</b>	7114,001	1800,150	1736,256	971,319
	<b>4,5 m</b>	8189,221	2094,128	2086,772	1208,006
<b>5,0 m</b>	9338,744	2411,668	2447,917	1467,422	

<b>5,5 m</b>	10511,104	2752,481	2815,512	1744,640
<b>6,0 m</b>	11750,558	3113,779	3187,050	2032,718
<b>6,5 m</b>	13011,166	3500,751	3561,917	2331,558
<b>7,0 m</b>	14358,597	3898,852	3939,340	2638,857
<b>7,5 m</b>	15692,378	4311,860	4319,030	2952,055
<b>8,0 m</b>	17061,499	4738,304	4701,263	3269,453
<b>8,5 m</b>	18465,347	5178,971	5085,794	3590,566
<b>9,0 m</b>	19890,568	5634,044	5474,338	3914,164
<b>9,5 m</b>	21960,588	6103,450	5863,739	4239,895
<b>10,0 m</b>	23823,178	6587,543	6254,957	4568,540
<b>10,5 m</b>	25690,560	7097,913	6647,204	4901,950
<b>11,0 m</b>	28199,099	7620,145	7039,924	5235,983
<b>11,5 m</b>	30384,778	8152,489	7433,428	5573,400
<b>12,0 m</b>	32647,931	8698,872	7828,013	5914,022

5. tabula

Iespējamo aizsardzības pasākumu izmaksu augstākās robežvērtības aplēses (miljonos *euro* 2023. gadā) (Prah et al., 2018)

Iespējamo aizsardzības pasākumu augstākās robežvērtības izmaksu aplēses (milj. EUR 2023. gadā)					
Pilsēta		Rīga	Jūrmala	Liepāja	Ventspils
Koordinātas	Platums	56,95079	56,96351	56,53069	57,39006
	Garums	24,13977	23,74022	21,02812	21,57803
Aizsargpasākumu izmaksas (milj. EUR)					
Aplūduma augstums	<b>0,0 m</b>	1366,031	566,845	0,904	123,410
	<b>0,5 m</b>	2032,977	694,649	46,991	192,445
	<b>1,0 m</b>	2831,554	881,652	135,707	278,943
	<b>1,5 m</b>	3741,625	1073,347	260,231	377,465
	<b>2,0 m</b>	4800,313	1300,336	805,537	493,840
	<b>2,5 m</b>	5961,744	1562,166	1149,094	636,989



<b>3,0 m</b>	7390,666	1866,132	1557,754	815,571
<b>3,5 m</b>	8795,113	2214,349	2003,827	1028,171
<b>4,0 m</b>	10282,218	2601,506	2509,861	1404,108
<b>4,5 m</b>	11836,242	3026,352	3016,519	1746,371
<b>5,0 m</b>	13497,649	3485,249	3538,539	2121,483
<b>5,5 m</b>	15192,059	3977,779	4069,882	2522,365
<b>6,0 m</b>	16983,427	4499,912	4606,920	2938,955
<b>6,5 m</b>	18805,372	5059,149	5148,770	3371,091
<b>7,0 m</b>	20752,790	5634,469	5694,313	3815,457
<b>7,5 m</b>	22680,479	6231,334	6243,136	4268,345
<b>8,0 m</b>	24659,239	6847,614	6795,630	4727,306
<b>8,5 m</b>	26688,187	7484,448	7351,447	5191,633
<b>9,0 m</b>	28748,020	8142,101	7913,062	5659,551
<b>9,5 m</b>	31740,056	8820,468	8475,916	6130,555
<b>10,0 m</b>	34432,018	9520,063	9041,398	6605,764
<b>10,5 m</b>	37130,895	10257,630	9608,362	7087,861
<b>11,0 m</b>	40756,352	11012,338	10176,014	7570,862
<b>11,5 m</b>	43915,228	11781,662	10744,799	8058,752
<b>12,0 m</b>	47186,057	12571,272	11315,144	8551,274

### III Krasta erozijas monitorings un turpmākie pētījumi

Jūras krasta zona ir dinamiska un mobila dabas sistēma, kas pakļauta gan dabiskām (upju straumes, vēja viļņi un dažādi kvazicikliski notikumi), gan cilvēka iejaukšanās darbībām. Rezultātā nepārtraukti notiek gan krasta reljefa morfoloģijas, gan krasta līnijas novietojuma maiņa. Kombinējoties ietekmēm, kuras rada dažādi cilvēkfaktoru izraisīti krasta stabilitātes traucējumi, ietekmēm, kuras rada klimata maiņas rezultātā notikušas sistēmiskas izmaiņas (piemēram, paaugstinājies jūras ūdenslīmenis) un ietekmēm, kuras rodas ekstremālu gadījuma rakstura hidrometeoroloģisku norišu laikā, var attīstīties tādas krasta reljefa izmaiņas, kuras apdraud ēkas un infrastruktūru, pazemina rekreācijas teritoriju vērtību un būtiski sadārdzina/apgrūstina piekrastes teritoriju apsaimniekošanu.

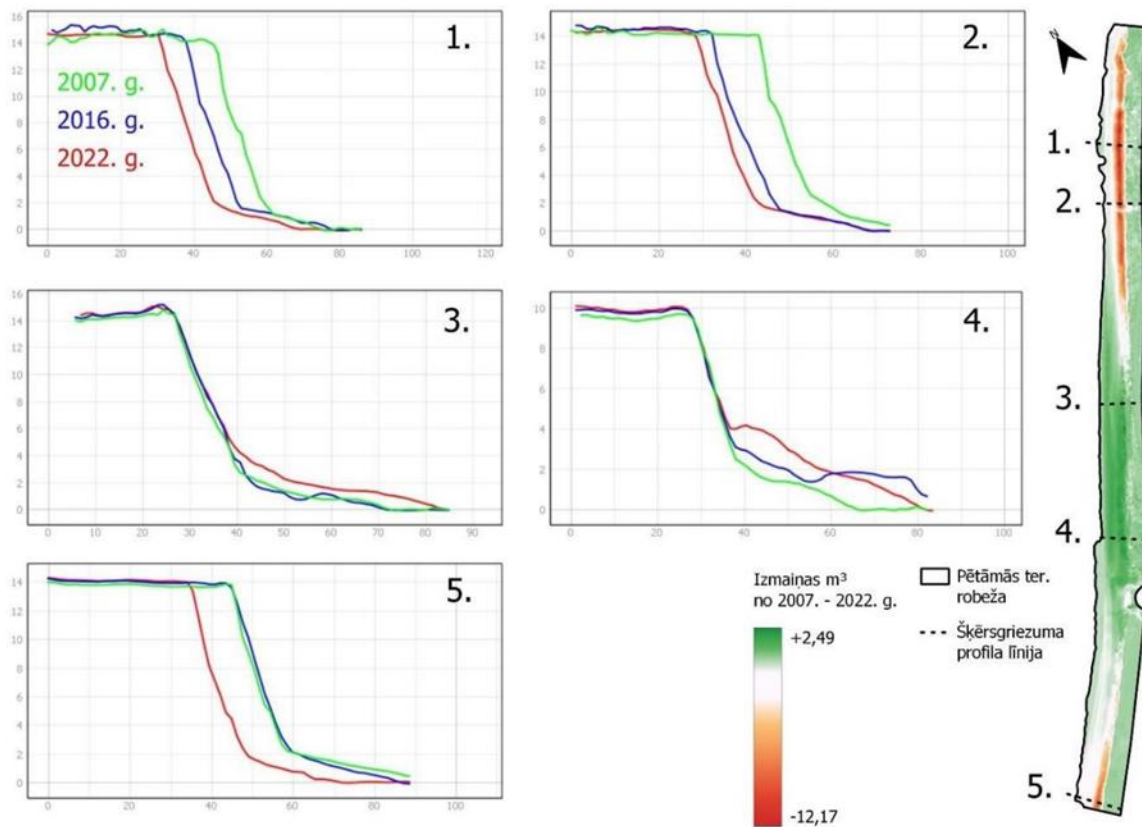
Tāpēc regulāra krasta zonas mainības uzraudzība, to morfodinamikas novērtēšana un sanešu pārnesi ietekmējošo procesu noteikšana kļūst arvien svarīgāka, lai labāk izprastu krasta sistēmu izmaiņas un attīstības tendences, kā arī varētu sagatavoties un atbilstoši pielāgoties nākotnē sagaidāmiem augstvarbūtīgiem izaicinājumiem. Šo uzdevumu labākai risināšanai ir nepieciešama starpdisciplināra pieeja, gan veicot ilgstošus augsti detalizētus novērojumus un pētījumus “uz lauka”, gan attālināti ar tālzipētes metodēm iegūstot ļoti lielas un daudzveidīgi interpretējamās datu kopas, kas atspoguļo plašu teritoriju daudzgadu mainību. Tas nozīmē, ka krasta monitoringa īstenošanā ir nepieciešams samērā plašs ekspertīzes spektrs, kas aptver gan mūsdienu tālzipētes metožu pielietojumu, gan datu matemātiskās statistikas metožu pielietojumu, gan ģeodēziju un ģeomorfoloģijā pielietoto lauka pētījuma metožu pielietojumu.

#### 3.1. Mūsdienās krasta pētījumos pielietojamo metožu kopums

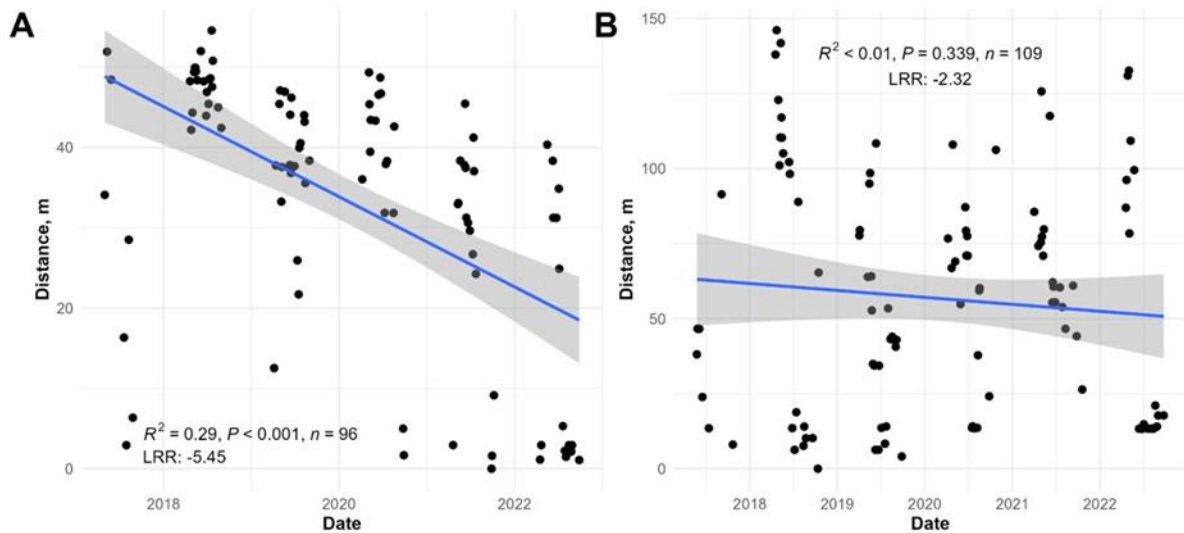
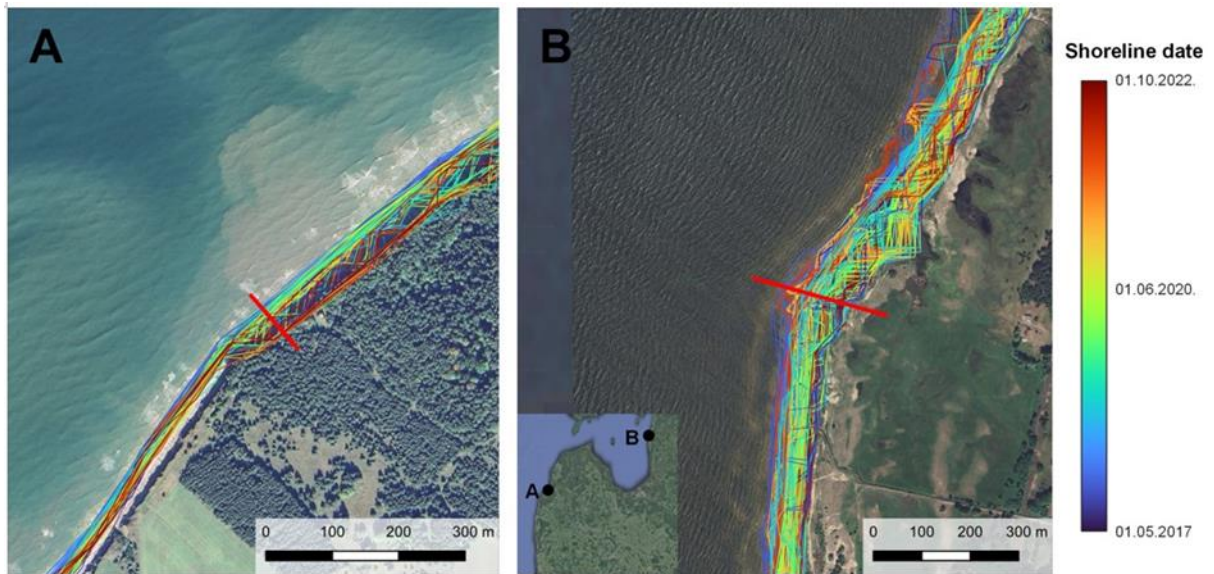
Mūsdienās krasta pētījumos izmantoto daudzveidīgo datu ieguves pieeju kopumu ir iespējams iedalīt vairākās galvenajās grupās:

1. Fotogrammetrija, videogrammetrija un lāzerskenēšana (LiDAR), kurā tiek izmantotas gan stacionāras, gan mobilas (parasti lidojošas bezpilota iekārtas) platformas ar kurām atkārtoti un regulāri tiek iegūti vidējas detalizācijas dati par krasta zonas virsūdens daļas reljefa izmaiņām vidēja izmēra pētījumu teritorijās (36. attēls).
2. Satelītuuzņēmumu (ortofotomateriālu vai citās elektromagnētiskā spektra daļās iegūtu attēlu (sintezētās apertūras radars, radiometrs, infrasarkanā spektra fotometrs uc.)) analīze, izmantojot komplicētus automatizētus datu apstrādes un interpretācijas algoritmus, kuri var sniegt informāciju par dažādu krasta sistēmu elementu telpiskā novietojuma maiņu ļoti plašās pētījumu teritorijās (piemēram, ūdenslīnijas migrāciju, krasta “veģetācijas robežas” migrāciju, stāvkrasta piekājes vai krants atkāpšanos, pludmales platumu, zemūdens nogāzē esošo sanešu migrāciju uc.) (37. attēls).
3. Lauka “*in situ*” pētījumi, kuros tiek izmantoti tradicionālie ģeodēziskie instrumenti (nivelieri, totālās stacijas, teodolīti, lāzertālmēri uc.) un kuros atkārtoti un regulāri tiek iegūti ļoti augstas detalizācijas dati par krasta zonas virsūdens daļas reljefa izmaiņām ļoti ierobežotās pētījumu teritorijās (38. attēls).
4. Lauka “*in situ*” pētījumi, kuros tiek izmantotas tradicionālās ģeomorfoloģijas pētījumu metodes (sanešu paraugu ievākšana, sanešu saguluma īpašību noteikšana, morfometrisko un litoloģisko parametru aprakstīšana uc.), un kuros atkārtoti un regulāri tiek iegūti ļoti augstas detalizācijas dati gan par krasta zonas virsūdens, gan zemūdens daļas sanešu īpašību izmaiņām un migrācijas trendiem ļoti ierobežotās pētījumu teritorijās (39. attēls).

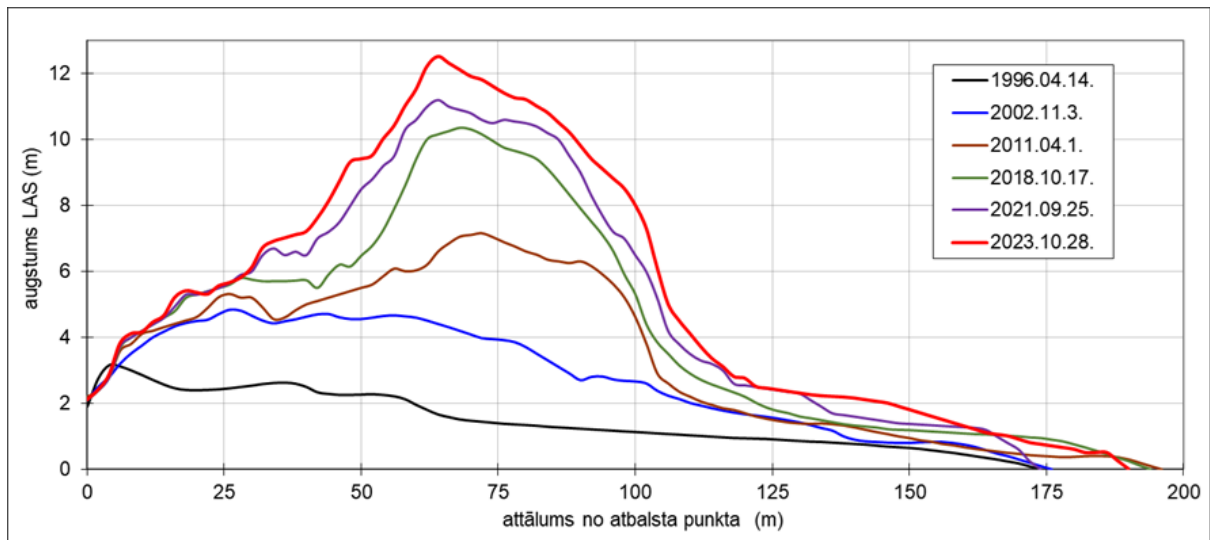
5. Batimetrija, kurā tiek izmantoti dažādi dziļuma noteikšanas risinājumi (parasti eholokācija no autonoma vai pilotējama peldlīdzekļa platformas), un kuros atkārtoti un regulāri tiek iegūti ļoti augstas detalizācijas dati par krasta zonas zemūdens daļas reljefa izmaiņām ļoti ierobežotās pētījumu teritorijās (40. attēls).



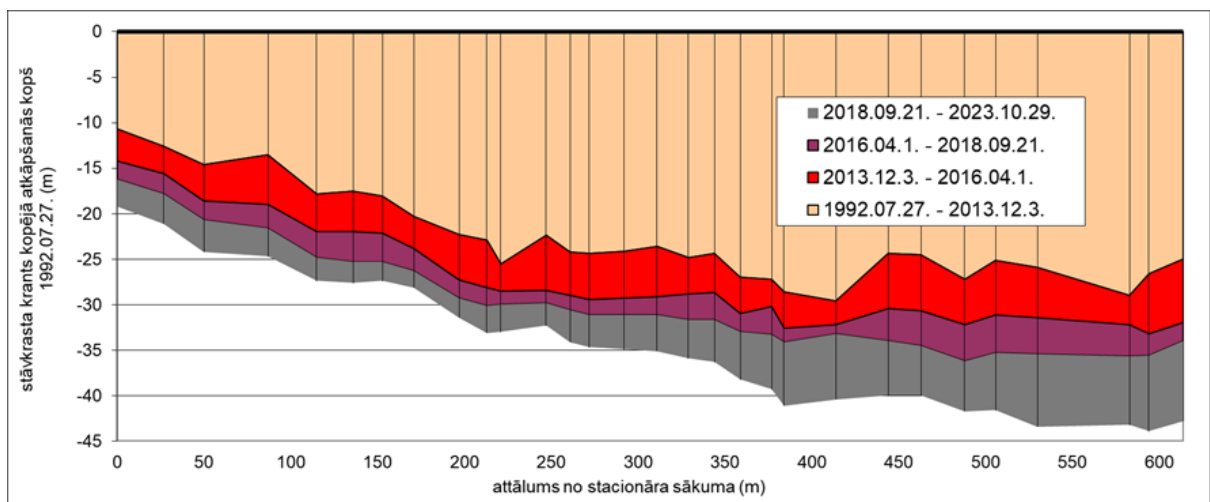
36. attēls. Aerolāzerskenēšanas (LiDAR) datu vizualizācijas un tajā balstītās reljefa izmaiņu interpretācijas piecos vērumos (šķersprofilos) Jūrkalnē laika posmam no 2007. līdz 2022. gadam (Ērglis 2023).



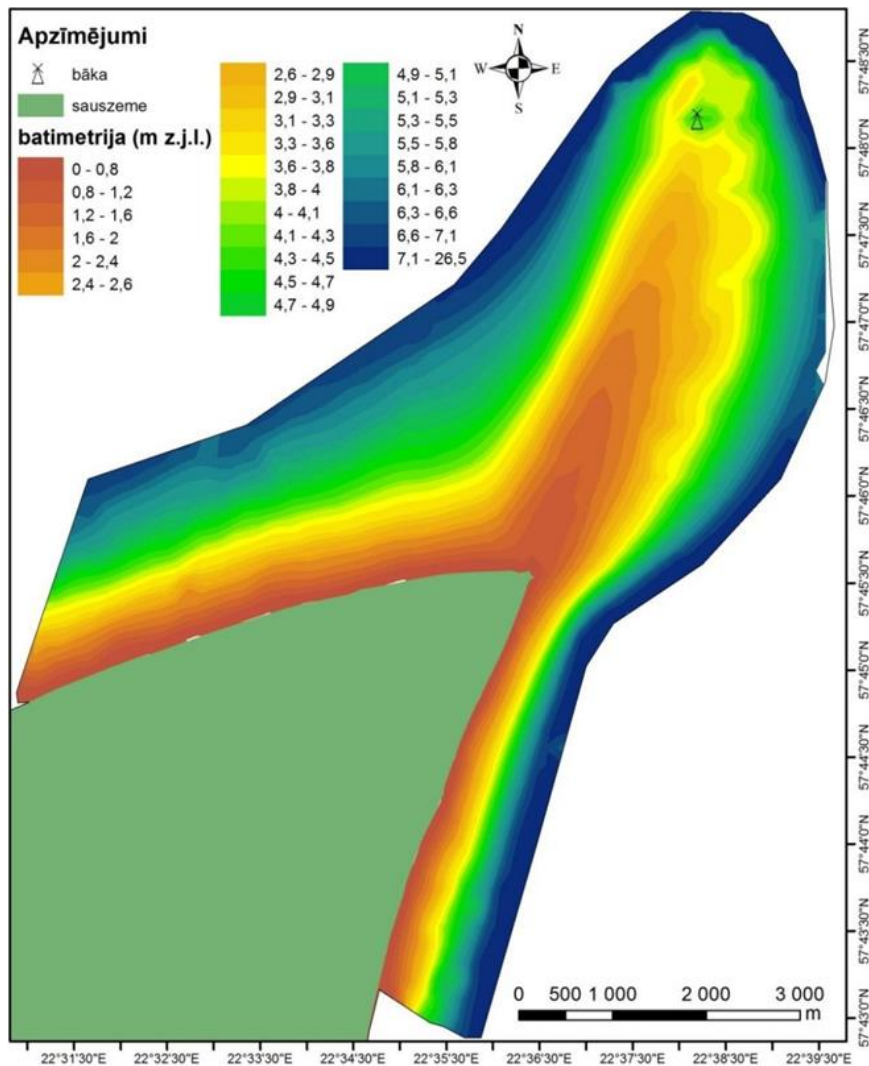
37. attēls. Satelītattēlu datu algoritmiskas apstrādes vizualizācijas un tajā balstītās jūras krasta ūdenslīnijas pārvietošanās interpretācijas pie Labraga un Ainažiem laika posmam no 2017. līdz 2023. gadam (Zandersons, Zeizis 2024).



38. attēls. Lauka nivelēšanas darbos iegūtu krasta nogāzes virsūdens daļas mērījumu datu vizualizācija vērūmā (šķērsprofilā) pie Ventspils ostas dienvidu mola laika periodam no 1996. līdz 2023. gadam (Lapinskis, 2023).



39. attēls. Ģeomorfoloģisko lauka pētījuma datu par stāvkrasta krants atkāpšanos vizualizācija krasta iecirknī pie Staldzenes laika periodam no 1992. līdz 2023. gadam (Lapinskis, 2023).



40. attēls. Batimetrijas datu vizualizācija par situāciju Kolkas raga sēkli 2010. gada augustā (Andersons, 2011).

Katrai no datu ieguves pieejām ir raksturīgi savi trūkumi un stiprās puses, kuras kopumā dramatiski vienkāršojot ir iespējams vizualizēt ar klasisko “savstarpējo sakarību trijstūrshēmu” (41. attēls). Tas nozīmē, ka iespējami pilnvērtīga priekšstata par krasta mainību gūšanai ir kategoriski vēlama dažādu metožu grupu kombinācija. To apliecina arī daudzviet pasaulē īstenoti ilgtermiņa krasta dinamikas pētījumi, kuros tikušas pielietotas visas vai lielākā daļa no šeit uzskaitītajām datu ieguves metodēm. Būtiski ir piebilst, ka metožu kombinācijas sinerģijā ir iespējams panākt rezultātus, kuri ir izmantojami savstarpējai iegūto rezultātu kalibrācijai un kontrolei, tā būtiski samazinot dažādu artefaktu un kļūdu rašanās un uzkrāšanās risku, kas ir raksturīgs vairākām datu attālinātās ieguves metodēm.



41. attēls. Krasta procesu monitoringa pētījumu metožu grupu shematiska “trijstūra sakarība” atbilstoši to teritorijas tvērumam, detalizācijas pakāpei un resursietilpībai. Metožu grupu numuri atbilstoši to secībai tekstā.

Līdzšinēji Latvijā jūras krastu monitoringa ir ticis īstenots gandrīz tikai izmantojot tradicionālās lauka pētījumu “*in situ*” metodes. Citu metožu izmantošana ilgstošai un atkārtotai datu ieguvei nav notikusi tādā apjomā, lai to varētu kvalificēt kā monitoringu. Dažādu attālināti iegūstamu datu, lāzerskenēšanas, fotogrammetrijas un batimetrijas izmantošana jūras krasta procesu pētījumos līdz šim ir notikusi tikai epizodiski (vai ar ļoti ilgiem laika intervāliem) vai arī aptvērusi relatīvi nelielus krasta iecirkņus.

Kopš pagājušā gadsimta astoņdesmitajiem gadiem Latvijā ir tikusi izmantota profesora G. Eberharda izstrādātā un aizsāktā jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa metodika. Ierobežotā apjomā šīs monitoringa sistēmas elementi tiek izmantoti joprojām (līdz 2024. gadam). Monitoringa sistēma sastāv no laikā no visu Latvijas piekrasti aptveroša stacionāru posteņu tīkla un ietver divu veidu stacionāru grupas, kurās datu ieguve notiek ar atšķirīgām metodēm. Dati ir pieejami LU ĢZZF LJKĢPM datu bāzē. Pēc 2009. gada, kad finansējums monitoringa sistēmas uzturēšanai vairs netika piešķirts, datu ieguves apjoms ir būtiski samazināts.

Datu ieguve notiek īpaši ierīkotās 1 līdz 10 km garu krasta iecirkni aptverošās stacijās, kuras sastāv no mērījumu posteņu grupām, kur katrā grupā ir vairāki krasta šķērsprofili (vērumi), un kur starp vērumiem vidējais attālums garkrasta griezumā ir 200-500 m. Mērījumu posteņos dati tiek iegūti veicot tehnisko nivelēšanu (42. attēls) vai mehāniski mērot attālumu starp raksturīgiem krasta reljefa elementiem. Katra mērījumu posteņu grupa ir izvietota atbilstoši kopējai krasta sistēmas specifikai tā, lai būtu iespējams iegūt informāciju par katru sanešu bilances ziņā būtiski atšķirīgu apakšsistēmu (iecirķni). Kopējais mērījumu posteņu skaits monitoringa sistēmā sasniedz aptuveni 400 nivelēšanas posteņu un aptuveni 2000 vienkāršoto mehānisko mērījumu posteņu. Par mērījumu posteņu atbalsta punktiem ar zināmu absolūto augstumu tiek izmantoti gruntsreperi, māju pamati, kā arī īpaši ierīkoti pagaidu reperi – metāla stieņi, veci koki, laukakmeņi u.c. Reperi atrodas tālāk (augstāk) par maksimālo vētrā iespējamo plūdudeņu līmeni un ir iespēju robežās pasargāti no eolās apbēršanas un citiem iznīcināšanas riskiem. Profilu garums atkarībā no konkrētā krasta posma īpatnībām atrodas robežās no 50 līdz 200 m. Datu ieguve posteņos tika veikta vienu reizi gadā, parasti vasarā vai rudenī. Lai iegūtu pietiekami precīzu pludmales un eolā reljefa šķērsprofilu, lātas nolasījumi nivelējot tiek veikti visos mikroreljefa liekuma punktos, vai arī ne retāk kā ik pēc 10 metriem. Mērījumi tiek veikti tikai līdz augstuma „0” atzīmei Latvijas augstumu sistēmā. Krasta zemūdens nogāzē mērījumi netiek veikti.

Tehnisko nivelēšanu uz stāvkrasta nogāzes daudzviet nav iespējams veikt, tāpēc bija nepieciešama atsevišķa stāvkrastu atkāpšanās pētīšanas metode. Metodes pamatā ir attāluma noteikšana starp kraujas augšmalu un kādu piemērotu dabā iezīmētu atbalsta punktu (reperi). Attālums tiek mērīts ar mērlenti, lāzertālmēru vai citu ierīci ar precizitāti dabā ne mazāku par 0,1 m. Stacionāri ir izvietoti visos piekrastes posmos, kuros izplatīti stāvkrasti. Salīdzinot kārtējo mērījumu rezultātus, tiek noteikts noskalotās pamatkrasta joslas platums, noskalotā materiāla apjoms un noskalošanas intensitātes garkrasta sadalījums. Bezvētru periodā ar vienkāršām ģeomorfoloģisko pētījumu metodēm tiek noteikta nogāžu procesu ietekme uz stāvkrasta noārdīšanos.



42. attēls. Jūras krasta šķērsgarša (vēruma) tehniskā nivelēšana Latvijas jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa sistēmas ietvaros. Klapkalnciems, 2004. gads.

### 3.2. Rekomendācijas turpmākai jūras krasta monitoringa programmas īstenošanai

Balstoties uz 3. nodaļā aprakstīto datu ieguves metožu analīzi, var apgalvot, ka jūras krasta izmaiņu monitoringa programmas optimālā kompozīcija būtu tāda, kurā iegūtie dati būtiski uzlabotu šī brīža izpratnes līmeni par norisēm un to cēloņiem Latvijas jūras krasta sistēmā un ļautu atrisināt daļu no šī projekta ietvaros konstatētajām problēmām, piemēram, ļautu sagatavot augsti precīzas krasta nākotnes attīstības prognozes. Šādā programmā būtu jāiekļauj:



1. LiDAR datu ar zemi reprezentējošo punktu blīvumu ne zemāku par 10 pkt./m<sup>2</sup> ieguve un interpretācija atkārtojot to ne retāk kā reizi gadā visā krasta joslas garumā;
2. Batimetrisko datu visā krasta joslas garumā (dziļumu intervālā no 1,0 m līdz 10,0 m) ar zemūdens nogāzes reljefu reprezentējošo punktu blīvumu ne mazāku par 1pkt./m<sup>2</sup> ieguve un interpretācija atkārtojot to ne retāk kā reizi piecos gados;
3. Dziļuma un reljefa datu interpretāciju kalibrācija vairākās modeļteritorijās dažādās Latvijas jūras krasta zonas vietās, izmantojot tradicionālos augstas izšķirtspējas ģeodēziskās un ģeomorfoloģiskās izpētes metodes (piemēram krasta šķērsprofilu uzmērīšanu pēc metodikas, kura tikusi ilgstoši izmantota iepriekš īstenotajā jūras krasta monitoringa programmā, optimāli 30-50 vērumos ne retāk kā vienu reizi gadā).

Jūras krasta izmaiņu monitoringa programmas minimāli nepieciešamā kompozīcija būtu tāda, kura ļautu saglabāt informētības līmeni par krasta mainību aptuveni līdzšinējā līmenī, bet būtu iespējami resurstaupīga. Šādā programmā būtu jāiekļauj:

1. satelītuizņemumu (piemēram, Copernicus Sentinel-2 sistēmas nodrošināto brīvpieejas datu kopu) algoritmiskas un daļēji automatizētas (pašatjaunīgas) analīzes pasākumi, attiecināti uz visu krasta joslas garumu, izmantojot metodi, kura izstrādāta LVĢMC īstenotās Norvēģijas finanšu instrumenta 2014.-2021. gada perioda programmas "Klimata pārmaiņu mazināšana, pielāgošanās tām un vide" projekta ietvaros;
2. LiDAR datu ar zemi reprezentējošo punktu blīvumu ne zemāku par 10 pkt./m<sup>2</sup> ieguve un interpretācija atkārtojot to ne retāk kā reizi piecos gados visā krasta joslas garumā;
3. Reljefa datu interpretāciju kalibrācija vairākās modeļteritorijās dažādās Latvijas jūras krasta zonas vietās, izmantojot tradicionālos augstas izšķirtspējas ģeodēziskās un ģeomorfoloģiskās izpētes metodes (piemēram krasta šķērsprofilu uzmērīšanu pēc metodikas, kura tikusi ilgstoši izmantota iepriekš īstenotajā jūras krasta monitoringa programmā, minimāli 10 vērumos, ne retāk kā vienu reizi gadā).

## IV Pētījuma galvenie rezultāti, secinājumi un priekšlikumi turpmākai rīcībai.

### 4.1. Pētījuma galvenie rezultāti, secinājumi

#### 4.1.1. Datu un pētījumu trūkums

Pētījuma ietvaros apkopoti un analizēti piekrastes pašvaldību izstrādātie teritorijas attīstības plānošanas dokumenti (Attīstības programmas, ilgtspējīgas attīstības stratēģijas un teritorijas plānojumi), normatīvais regulējums, pašvaldību pieredze piekrastes teritoriju plānošanā un izmantošanā, kā arī apskatītas iesaistītās institūcijas un to loma krasta erozijas ierobežošanas jomā un pašvaldību īstenotie pasākumi attiecībā uz pielāgošanos klimata pārmaiņām piekrastes zonā.

Kopumā secināms, ka gan vēl spēkā esošie iepriekšējo periodu teritoriju plānojumi, gan pašreiz izstrādes procesā esošie jaunizveidoto novadu teritoriju plānojumi paredz jūras krastu erozijas un krasta noskalošanās draudus un atbilstīgu risinājumu ietveršanu jaunajos plānošanas dokumentos, kam nepieciešami aktualizēti dati par riska teritorijām. Tādejādi secināms, ka pašvaldībām noteiktu pasākumu erozijas mazināšanai iekļaušanai plānošanas dokumentos nepieciešami papildus pētījumi un dati, lai izvērtētu, kādi pasākumi jūras krasta erozijas mazināšanai un krasta stiprināšanai ir lietderīgi, un, kur tas ir prioritāri nepieciešams un lietderīgi, kā arī kādas rīcības būtu atbilstīgas no krastu ģeoloģijas un klimata pārmaiņu viedokļa.

Informācija par dažāda veida apdraudējumu, tostarp krasta erozijas, radītajiem zaudējumiem Latvijā ir skopa un fragmentāra, un nepastāv pēc vienotiem principiem un ar noteiktu regularitāti apkopotu zaudējumu veidu un apmēru raksturojošu statistikas datu. Latvijā nav pieejamas oficiālas un aptverošas statistikas pieejamas oficiālas un aptverošas statistikas, kā arī nav veikta uzskaitē par erozijas radītajiem zaudējumiem ne kopumā, ne teritoriālā, tautsaimniecības nozaru vai apdraudēto vērtību griezumā.

Valstī joprojām nav izveidota arī vienota katastrofu jeb augstas ietekmes gadījumu radīto zaudējumu datubāze, un arī pašvaldības ne vienmēr veic to teritorijā radušos zaudējumu apkopšanu un šīs informācijas uzglabāšanu. Pētījuma ietvaros tika veikta piekrastes pašvaldību aptaujāšana, ietverot arī jautājumus par krasta erozijas un klimata apstākļu dēļ radīto zaudējumu izmaksām. Pašvaldību sniegtā informācija attiecībā uz zaudējumiem pārsvarā ietver izmaksas par piekrastes infrastruktūras un preterozijas būvju un risinājumu atjaunošanu, katastrofu sekas likvidēšanu pašvaldības dienestiem. Līdz šim neviena no piekrastes pašvaldībām nav veikusi aprēķinus par zaudējumiem, kas radušies privātīpašumam vai tautsaimniecības nozarēm.

Citi būtiski datu trūkumi ietver:

- Ierobežotā zinātniskās informācijas un analītikas pieejamība.
- Nav pieejama (vai nepietiekama aptvere) informācija par vairākiem jūras krasta eroziju ietekmējošiem hidrometeoroloģiskajiem faktoriem (vēja virziens, vējuzplūdi viļņu režīms, atmosfēras spiediens).
- Nepieciešams veikt aptverošus pētījumus vētru biežuma un intensitātes, vējuzplūdu augstuma un tā izmaiņu, viļņu un piekrastes straumju raksturošanai Latvijas piekrastē.

- Pašvaldību rīcībā nav kartogrāfiskā materiāla par piekrastē atrodošos infrastruktūru/apdraudētiem objektiem

#### 4.1.2. Jūras krastu ģeoloģiskie procesi, eroziju ietekmējošie faktori

Mūsdienās atklātas Baltijas jūras un Rīgas līča krastu forma, morfoloģija un pārveidošanās dinamika galvenokārt saistīta ar jūras ģeoloģisko darbību. To nosaka vēja viļņi, viļņošanās izraisītas krastam tuvā ūdens straumes un tieša vēja iedarbība. Morfodinamiski krastu Latvijas teritorijā var iedalīt trīs tipos, un atbilstošo krasta posmu kopgarums mūsdienās ir: erozijas posmi (150 km), akumulācijas posmi (140 km) un stabilie jeb maz mainīgie posmi (200 km).

Lielākajai daļai Latvijas piekrastes raksturīgs lēzens kritums jūras (līča) virzienā. Zemūdens nogāze arī ir lēzena, vāji viļņota, un smalkgraudainie saneši parasti ir sastopami tikai tās augšējā daļā (līdz aptuveni piecu metru dziļumam). Irbes jūras šaurumā un Rīgas līča dienvidu daļā smalkgraudainie saneši sastopami visā krasta zonas platumā, kā arī dziļāk par mūsdienu krasta zonas robežu. Zemūdens nogāzes augšējā daļā līdz četriem m dziļumam parasti sastopami krasta līnijai paralēli smilts vaļņi, īpaši tas ir raksturīgs akumulatīviem krasta posmiem ar lielu smalkgraudaino sanešu krājumu.

Erozijas riska līmeni un krasta atkāpšanās ātrumu nosaka plašs dažādu limitējošu un virzošu faktoru kopums, starp kuriem par nozīmīgākajiem ir uzskatāmi:

- Krasta nogāzes morfometrija (kopējais slīpums, zemūdens nogāzes slīpums, krasta reljefa augstums, zemūdens nogāzes maksimālais dziļums, barjeras funkciju nodrošinošo krasta reljefa elementu klātbūtne),
- Krasta iecirkņa novietojums un azimuts (vērsums pret valdošo vēju virzienu un tipisko vētras viļņu uzskalošanās leņķi, kā arī ar to saistītais tipiskais vējuzplūdu augstums),
- Krasta nogāzi veidojošo nogulumu un iežu sastāvs (noturība pret viļņu hidrodinamisko iedarbību),
- Cilvēkfaktoru radīti traucējumi krastā (preterozijas būves, pagaidu infrastruktūra, citas būves un objekti, krasta apaugums, rekreācijas slodzes radīti erozijas “perēkļi” un pārtraukumi krasta reljefa barjerā).

Jūras krasta izmaiņu monitoringa programma ir nepietiekama. Tās optimālā kompozīcija:

- LiDAR datu ieguve (bieži atkārtojumi).
- Satelītuzņēmumu (piemēram, Copernicus Sentinel-2 sistēmas nodrošināto brīvpieejas datu kopu) algoritmiskas analīzes pasākumi.
- Dziļuma un reljefa datu interpretāciju kalibrācija, izmantojot tradicionālos augstas izšķirtspējas ģeodēziskās un ģeomorfoloģiskās izpētes lauka metodes.
- Seklūdens batimetrisko datu ieguve.

#### 4.1.3. Hidrometeoroloģisko apstākļu un klimata pārmaiņu ietekme uz jūras krasta eroziju

Līdztekus tādiem krasta eroziju ietekmējošiem morfoloģiskiem faktoriem kā piekrastes platumam, augstumam, slīpumam, materiāla stabilitātei u. c., to ietekmē arī apstākļi, ko nosaka hidrometeoroloģisku procesu iedarbība. Jūras piekrastē kā galvenie krasta eroziju ietekmējošie hidrometeoroloģiskie faktori minami jūras ūdens līmeņa augstums un tā izmaiņas, kā arī viļņu

un piekrastes straumju iedarbība, un šo faktoru ietekme īpaši krasi izpaužas tieši spēcīgu vētru laikā, kad nereti piekrastē novērojami gan vējuzplūdi, gan arī liels viļņu augstums. Tomēr šie nav vienīgie hidrometeoroloģiskie faktori, kas veicina erozijas procesu attīstību piekrastes teritorijās un apdraud tur esošo infrastruktūru. Spēcīga vēja laikā piekrastes kāpu smiltis var tikt pārvietotas vēja ietekmē, savukārt intensīvs lietus un arī virszemes ūdens notece palu un plūdu laikā var veicināt lokālu izskalojumu veidošanos. Arī izmaiņas termālajā režīmā un ar to saistīta stabila grunts sasaluma un jūras ledus izplatības samazināšanās ziemas sezonā mazina krasta noturību pret rudens un ziemas sezonā raksturīgo vētru iedarbību. Tādējādi, vērtējot krasta erozijas procesu līdzšinējās izpausmes un to izmaiņas nākotnē, kā arī izvirzot krasta erozijas ierobežošanai mērķētus pielāgošanās pasākumus, ir svarīgi apzināt arī izmaiņas, kas saistītas ar krasta eroziju veicinošo hidrometeoroloģisko apstākļu ietekmi un to izmaiņām klimata pārmaiņu kontekstā.

Līdzšinējās klimata pārmaiņas Latvijas piekrastē iezīmējušas gaisa temperatūras vērtību paaugstināšanos un ar to saistītu ziemas sezonai raksturīgo sniega un jūras ledus segas samazināšanos, tādējādi mazinot krasta noturību pret vēja un viļņu postošo iedarbību. Vienlaikus attiecībā uz tādām augstas ietekmes parādībām kā vētras Latvijā līdz šim nav konstatētas būtiskas izmaiņas spēcīgu vēju brāzmu intensitātē, tomēr vētru aktivitāte rudens un ziemas sezonā saglabājas izteikta un raksturīga Latvijas klimatisko apstākļu iezīme. Līdz ar vidējā Pasaules okeāna ūdens līmeņa paaugstināšanos pieaudzis arī vidējais ūdens līmenis Baltijas jūras piekrastē - piekrastes novērojumu staciju informācija liecina, ka šī pieauguma temps ir vidēji 1–2 mm/gadā. Maksimālo vējuzplūdu augstums, kas novērojams spēcīgu vētru laikā, kopumā augstākais ir Rīgas līča dienvidu un austrumu daļā, kur to augstums var pārsniegt 2,5 m. Turklāt Rīgas līcis ir tā Baltijas jūras akvatorijas daļa, kurā kopumā novērojamas vislielākās ūdens līmeņa svārstības. Atbilstoši skaitlisko modeļu analīzes rezultātiem, līdz ar vidējā jūras ūdens līmeņa paaugstināšanos Latvijas piekrastē laika periodā no 1961. līdz 2005. gadam par 6–10 mm/gadā pieaudzis arī maksimālo vējuzplūdu augstums.

Gan globālā mērogā, gan arī Baltijas jūrā līdz ar vidējā ūdens līmeņa paaugstināšanos līdz gadsimta beigām tiek prognozēta arī nozīmīga vējuzplūdu augstuma un atgādīšanās biežuma palielināšanās un ar to saistīta piekrastes applūšana un krasta erozijas procesu pastiprināšanās. Tomēr tādu augstas ietekmes notikumu kā spēcīgu vētru un to laikā novēroto vējuzplūdu un viļņošanās izpausmes Baltijas jūrā un tās piekrastes apgabalos joprojām ir neskaidras, jo to izmaiņas nākotnē lielā mērā būs atkarīgas no diviem faktoriem: vidējā jūras līmeņa izmaiņām un ar liela mēroga atmosfēras cirkulācijas apstākļiem saistītām izmaiņām vēja režīmā. Lai gan klimata pārmaiņu projekcijas uzrāda turpmāku vidējā jūras ūdens līmeņa paaugstināšanos, attiecībā uz liela mēroga atmosfēras cirkulācijas raksturu, kas nosaka vētru notikumu raksturu un pārvietošanās trajektorijas, nākotnes klimata pārmaiņu projekcijas Baltijas jūras reģionam joprojām ietver lielu nenoteiktību. Vienlaikus tiek prognozēts, ka turpmāku klimata pārmaiņu ietekmē pastiprināsies saliktu augstas ietekmes notikumu izpausmes. Tiek prognozēts, ka biežāki kļūs saliktu plūdu gadījumi piekrastē, tostarp Baltijas jūras reģionā, ko, līdz ar turpmāku Pasaules okeāna ūdens līmeņa paaugstināšanos un pieaugošu ekstremālu atmosfēras nokrišņu biežumu, radīs vienlaicīgi noritoši vējuzplūdu, palu vai stipru atmosfēras nokrišņu apstākļi. Šādos apstākļos sagaidāma arī turpmākas erozijas procesu pastiprināšanās.

#### 4.1.4. Riska klases

Erozijas riska klases ir piešķirtas gan tiem krasta iecirkņiem, kuros vēsturiski notiek “hroniska” krasta reljefa pārkārtošanās iekšzemes virzienā – atkāpšanās, gan tiem iecirkņiem, kuros ilgtermiņā krasta līnijas pārkārtošanās nenotiek būtiskā apmērā vai pat ir ar jūrup vērstu tendenci (tipiski akumulatīvi krasta iecirkņi). Tas nozīmē, ka krasta iecirkņos bez vēsturiskas un nākotnē sagaidāmas krasta reljefa migrācijas iekšzemes virzienā risks tika izteikts kā erozijas epizodē notikusi krasta reljefa pārveidošanās, kurai piemīt postījumu izraisīšanas potenciāls, bet kura var būt pilnībā vai daļēji kompensēta, vēlāk (gados pēc erozijas epizodes) notiekot krasta reljefa “atjaunošanās” procesam.

Šī pētījuma ietvaros, balstoties pētnieku pieredzē un ekspertīzē jūras krasta erozijas veidu, apmēru un straujuma novērtēšanā, kā arī erozijas risku informācijas praktiskā pielietojumā, par optimālāko pieeju krasta erozijas risku raksturošanai tika atzīta pieeja izdalīt četras jūras krasta erozijas riska klases. Atšķirībā no 2014. gadā sagatavotajām Vadlīnijām jūras krasta erozijas seku mazināšanai, kurā tika izdalītas piecas erozijas riska klases (6. tabula), šī pētījuma ietvaros erozijas risks raksturots četru klašu ietvaros atkarībā no pamatkrasta erozijas varbūtības, bet kā piekto klasi (palīgklasi) izdalot mākslīgo krastu teritorijas. Papildus šādām metodoloģiskām atšķirībām riska klašu definējumā, riska klašu samazināšana ir pamatota arī ar vairākiem citiem iemesliem, kas atvieglo šīs informācijas tālāku pielietojamību: praktiskums, lietošanas un piemērošanas vienkāršība, kā arī klasifikācijas rezultāta komunikācijas (popularizācija un pamatideju skaidrošana) efektivitāte.

Četru klašu sistēma nodrošina vienkāršāku un intuitīvi ērtāku koncepta skaidrojumu krasta erozijas riska apsaimniekošanā ieinteresētajām personām, tostarp politikas veidotājiem, vietējām kopienām un plašākai sabiedrībai. Mazāks klašu skaits nozīmē nepārprotamākas atšķirības starp klasēm un mazāk diskutablu “starpstāvokļu”. Mazāks klašu skaits samazina klasifikācijas sarežģītību, padarot to pieejamāku plašākai auditorijai. Šī vienkāršība kāpina veiksmīgas saziņas iespējamību, kas ir ļoti svarīgi efektīvai riska pārvaldībai. Lai pārvaldītu krasta erozijas risku un reaģētu uz to, ir efektīvi jāpiešķir resursi un savlaicīgi jāpieņem lēmumi. Četru klašu sistēma ļauj racionalizēt procesu salīdzinājumā ar sīkāk izstrādātu piecu klašu sistēmu.

6. tabula

#### Erozijas riska klases

Erozijas riska klases	Erozijas klašu raksturojums 2014. gada Vadlīnijās jūras krasta erozijas seku mazināšanai	Erozijas klašu raksturojums atbilstoši šī pētījuma ietvaram
1. klase	Nenožīmīga, ļoti reta erozija, kompensēta	Dominē akumulācija, pamatkrasta erozijas varbūtība zemāka par 1% gadā
2. klase	Reta erozija, kompensēta	Stabils un mazmainīgs krasts, pamatkrasta erozijas epizodes retas un kompensētas, varbūtība sasniedz 1-5% gadā
3. klase	Nožīmīga vidēji bieža erozija, nepilnīgi kompensēta	Nožīmīgs pamatkrasta erozijas risks, varbūtība lielāka par 5% gadā

<b>4. klase</b>	hroniska erozija, atkāpšanās <1 m/gadā	Nekompensēta pamatkrasta atkāpšanās, erozijas epizožu varbūtība pārsniedz 10% gadā
<b>5. klase</b>	bieža hroniska erozija, atkāpšanās > 1m/gadā	Palīgklase – mākslīgie krasti

#### 4.1.5. Risinājumi krasta aizsardzībai pret eroziju

Katra jūras krasta posma ģeoloģiskā vēsture atspoguļojas tā ģeoloģiskajā uzbūvē, reljefā un citās fizikālajās īpatnībās. Katra jūras krasta posma apsaimniekošanas vēsture arī atstāj pēdas un ietekmi uz tā izskatu, fizikālajām īpatnībām, šķietamo un monetāro vērtību, kā arī nosaka atšķirīgas prasības tā apsaimniekošanas pasākumu izvēlē.

Krasta mainība sākotnēji ir pilnībā dabisks fenomenu kopums, kas kopš aizvēstures cikliski notiek gan akumulācijas, gan erozijas virzienā, un kuras izpausmēm saskaroties ar cilvēka saimniekošanas interesēm ir ļoti iespējama cilvēka un dabas konfliktsituācijas un problēmu veidošanās. Īpašu nozīmi krasta mainība iegūst tad, ja kāda iemesla dēļ mainās ilgstoši pastāvējis līdzsvars (status quo) un krasta mainība aktivizējas. Līdzsvars dabas sistēmā var mainīties (jūras krasta gadījumā parasti notiekot novirzei uz aktīvāku eroziju), tad, ja ir notikušas izmaiņas kādā no līdzsvaru nodrošinošajiem faktoriem – piemēram, mainās klimats. Jūras krasta procesu līdzsvars var mainīties arī cilvēkfaktoru tiešā ietekmē – dažādu hidrotehnisko būvju ierīkošana jūras krasta zonā, smilšu vai citu materiālu ieguve, dzīvās dabas elementu mākslīga pārkārtošana uc.

Krasta erozijas mazināšana parasti kļūst par aktualitāti tieši tajos jūras krasta posmos, kur vēl relatīvi nesen pastāvējušais līdzsvars tāda vai cita iemesla dēļ ir traucēts. Par klasisku un tradicionālu erozijas radīto neērtību un apdraudējumu novēršanas metožu kopumu, kas ir pazīstams jau vairākus tūkstošus gadu, var uzskatīt dažāda veida mākslīgu šķēršļu un barjeru ierīkošanu starp “agresīvi uzbrūkošo”, mainīgo jūras krasta daļu un “vērtīgo”, īstermiņā šķietami nemainīgo krasta daļu. Vēsturiski, pieaugot krasta apsaimniekošanas pieredzes bagāžai un uzlabojoties izpratnei par krasta ģeoloģisko procesu kopsakarībām, ir attīstījusies un dažādojusies arī pieeja krasta erozijas radīto problēmsituāciju mazināšanai. Tomēr joprojām, neskatoties uz ļoti plašo specifisku risinājumu un metožu spektru, aksioma ir tāda, ka jebkura darbība krasta zonā ir jāuzskata par iejaukšanos dabiskajā krasta procesu norisē, jo tās mērķis ir mainīt ilgstoši pastāvējušu līdzsvaru vai ietekmēt krasta sistēmas pārkārtošanos un dabisko virzību uz jauna līdzsvara stāvokļa izveidošanos. Iejaukšanos krasta procesos, savukārt, ir iespējams grupēt pēc vienas ļoti vienkāršas pazīmes – invazitātes:

- Dažādas masīvas hidrotehniskas būves – inženiertehniskie risinājumi, kuri paredz iejaukšanos (invazīvas darbības) dabiskajā krasta procesu norisē, ierobežojot vai pilnībā apturot dabisko krasta reljefa pārkārtošanās ciklu. Būvju parametri to ekspluatācijas laikā ir jāuztur nosacīti nemainīgi, lai būve saglabātu savu funkcionalitāti. Parasti šiem risinājumiem ir raksturīga nelabvēlīga ietekme uz dažādiem piekrastes dabu raksturojošiem elementiem, kā arī uz krasta sistēmas ilgspēju kopumā, jo īpaši gadījumos, kad šādu risinājumu pielietošana tiek veikta ievērojamā apjomā (krasta Nūdžersizācijas fenomēns).

- Bezkonstrukciju pasākumi – mazinvasīvās (parasti) darbības, kuras vērstas uz to, lai pārveidotu un “salabotu” dažādas krasta sistēmas dabiskās daļas, neierobežojot dabisko krasta reljefa pārkārtošanās ciklu. Šie pasākumi ietver dažādas manipulācijas ar sanešu materiālu un krasta zonas veģetāciju. Parasti tiem ir raksturīgs “pārejošs” efekts un kopumā mazāka nelabvēlīgā ietekme arī uz citiem piekrastes dabu raksturojošiem parametriem.

Pastāv arī alternatīva invazīvām un krastu pārveidojošām darbībām. Tā ir neiejaukšanās un pielāgošanās. Neiejaukšanās pieeja ir balstīta atziņā, ka netraucēta ģeoloģisko procesu (erozijas un akumulācijas periodu mijas, reljefa pārveidošanās u. c.) norise tajos krasta iecirkņos, kur antropogēno traucējumu loma nav būtiska, ļauj nodrošināt augstāko iespējamo krastu stabilitāti un ļauj visdrošāk prognozēt to nākotnes attīstību. Ņemot vērā to, ka Latvijā jūras krasta procesos iesaistītie saneši galvenokārt nonāk krasta sistēmā no erozijai pakļautajiem jūras stāvkrastiem, netraucēta erozijas norise visur, kur vien tas ir iespējams, ir izšķiroši svarīga kopējās sistēmas stabilitātes saglabāšanas vārdā. Praktiski neiejaukšanās ideja paredz maksimālu izvairīšanos no jebkādu pasākumu īstenošanas, kuri varētu ietekmēt dabisko krasta nogāzes pārveidošanos.

Vispārīgās rekomendācijas jūras krasta erozijas apsaimniekošanai un erozijas radītās nelabvēlīgās ietekmes mazināšanai atbilstoši konkrētajā krasta iecirknī pastāvošajam erozijas riska līmenim (klasei)

Neatkarīgi no katra konkrēta krasta iecirkņa piederības kādai no erozijas riska klasēm, uz tiem kopīgi ir attiecināmas šādas rekomendācijas:

- Labākā iespējamā rīcība ir neiejaukšanās jūras krasta ģeoloģisko procesu norisē un pielāgošanās pasākumu īstenošana (gan atjaunojot krasta sistēmai raksturīgo dabisko “elastību” (barjerfunkcijas ekopakalpojumu kvalitāte uc.), gan iespējamajam riskam pakļauto objektu un infrastruktūras pārveidošana, plānošanā un apsaimniekošanā iekļaujot ar krasta erozijas risku saistītos faktoros).
- Mazinvasīvi preterozijas pasākumi (“zaļie” pasākumi, krasta teritoriju uzbēršana (piebarošana)) parasti rada mazāku negatīvo seku risku un mazāku negatīvo ietekmju magnitūdu uz krasta sistēmu ilgtspēju, kā arī uz citu dabas un vides aizsardzības kontekstā nozīmīgu sistēmu ilgtspēju, nekā invazīvi un agresīvi preterozijas pasākumi (būves un krasta mākslīgošana).
- Pieņemot lēmumu par invazīvu un agresīvu preterozijas pasākumu īstenošanu, iespēju robežās ir jāminimizē segtā/skartā krasta iecirkņa garums.
- Pieņemot lēmumu par invazīvu un agresīvu pasākumu īstenošanu, jāparedz risinājuma ietekmes uz krasta ģeoloģiskajiem procesiem lokālais monitorings. Monitorings nepieciešams arī jau esošo preterozijas būvju ietekmes un efektivitātes novērtēšanai. Monitoringa ietvaros nosakāmas sanešu apjoma izmaiņas tiešā būves tuvumā, pretnostatot fona situācijai.

Lai Latvijas piekrastes teritorijas konteksta daudzveidības apstākļos izvēlētos piemērotākos risinājumus no piekrastes aizsardzības risinājumu klāsta, nepieciešams izvērtēt šo risinājumu efektivitāti un sniegumu konkrētā krasta nogabala fizikāli ģeogrāfiskajos, sociāli ekonomiskajos, kā arī teritorijas izmantošanas un apsaimniekošanas apstākļos. Turklāt izvēlēto risinājumu efektivitāte un devums jūras krasta erozijas mazināšanā ir lielā mērā atkarīgs arī no lokālā konteksta specifikas, pielāgošanās plānošanas un īstenošanas veida, pielāgošanās rezultātu novērtētāja un laika perioda, kādā pēc risinājuma ieviešanas plānots izvērtēt tā

efektivitāti. Lēmumu pieņemšanu par piemērotākajiem un efektīvākajiem risinājumiem apgrūstina arī ar nākotnē prognozētajām klimata pārmaiņām saistītā nenoteiktība attiecībā gan uz to izpausmēm, gan arī ietekmi uz jūras krasta eroziju. Izvēloties konkrētās vietas apstākļiem piemērotākos jūras krasta aizsardzības pasākumus, jāpievērš uzmanība, lai tie ir vērsti uz ievainojamības pret jūras krasta eroziju mazināšanu, ietver inovatīvus risinājumus, nodrošina dažādu pieeju (piemēram, tehnisku un netehnisku risinājumu) kombināciju, ilgtermiņa mērķus izvirza augstāk par īstermiņa politiskajām interesēm, kā arī veicina turpmākas diskusijas un saziņu ar iesaistītajām pusēm. Tāpat arī nepieciešams izvērtēt katra iespējamā risinājuma devumu jūras krasta erozijas riska mazināšanā un tā īstenošanas ietekmi uz sociālajiem un vides apstākļiem arī plašākā kontekstā. Izvērtējuma ietvaros uzmanība jāpievērš šādiem aspektiem:

- ieviešanas nepieciešamība (steidzamība);
- konkrētā risinājuma sniegums attiecībā pret vispārējiem mērķiem, un izvairīšanās no nepietiekamas pielāgošanās reakcijas (angļu val. – *maladaptation*);
- īstenojamība jeb iespējas konkrēto pasākumu īstenot noteiktā laika un resursu ietvaros;
- risinājuma īstenošanas pārvaldības un normatīvais ietvars;
- sociālie apsvērumi – vai risinājums īsteno vienlīdzīgu pieeju attiecībā uz aizsardzību pret jūras krasta erozijas ietekmi, piemēram, neradot nesamērīgas papildu izmaksas mājāsaimniecībām ar zemu ienākumu līmeni;
- risinājuma īstenošanai pieejamais finansējums un tā avoti;
  - risinājuma īstenošanas izmaksas un ieguvumi, vēlams, analizēti pilnīgas izmaksu un ieguvumu analīzes (angļu val.– *cost-benefit analysis*), izmaksu efektivitātes analīzes (angļu val. – *cost-effectiveness analysis*) vai daudzkritēriju analīzes (angļu val. – *multi-criteria analysis*) veidā, vai arī, izmantojot risinājumu ekonomiskās efektivitātes izvērtēšanas modeļus risinājuma ietekme uz vidi.

Veicot piemērotāko jūras krasta aizsardzības risinājumu izvēli, būtiski ir prioritāri izsvērt arī apdraudētās teritorijas vai objekta nozīmīgumu. Šī pētījuma kontekstā, ievērojot identificēto apdraudēto teritoriju un objektu specifiku, piedāvājam par prioritāri aizsargājamiem uzskatāmus objektus/teritorijas šādā kategorizācijā:

- 1) Objektu, kas nodrošina pakalpojumus, kas tiek uzskatīti par īpaši svarīgiem ikdienas darbībā (piemēram, elektrības, dabasgāzes, šķidrā kurināmā piegādes, ūdensapgādes un kanalizācijas, notekūdeņu attīrīšanas, neatliekamās veselības aprūpes, glābšanas dienestu, elektronisko sakaru un datu pārraides, ceļu infrastruktūras un sabiedriskā transporta pakalpojumu nodrošināšana u. c.).
- 2) Objektu, kuru iznīcināšana vai darbības traucējumi jūras krastu erozijas dēļ radītu būtisku vides piesārņojumu (piemēram, atkritumu poligoni, notekūdeņu attīrīšanas iekārtas, ražotnes ar atļaujām piesārņojošo darbību veikšanai, apbedījumu vietas u. c.).
- 3) Sociāli nozīmīgi objekti, stacionāras ēkas un infrastruktūra (izglītības, ambulatorās veselības un sociālās aprūpes iestādes, pasta pakalpojumu nodrošināšanas objekti u. c.).
- 4) Tautsaimniecībā nozīmīgi objekti, stacionāras ēkas un infrastruktūra (tirdzniecības, ražošanas, bankas, sadzīves pakalpojumu sniegšanas, atpūtas, rekreācijas, izklaides, ēdināšanas pakalpojumu sniegšanas objekti u. c.).
- 5) Pašvaldību dzīvojamās ēkas un privāto mājāsaimniecību stacionāras ēkas un infrastruktūra.
- 6) Dabas pamatnes teritorijas, ĪADT un ĪA piekrastes biotopi.
- 7) Pagaidu infrastruktūras objekti, rekreācijas teritorijas.



#### 4.1.6. Risinājumu ieviešanas izmaksu un zaudējumu aprēķināšana

##### Izmaksas

Būtisks faktors piemērotāko jūras krasta erozijas aizsardzības risinājumu izvēlei ir to būvniecības/izveides un uzturēšanas izmaksas. Visiem iepriekš aprakstītajiem jūras krasta erozijas aizsardzības risinājumiem būvniecības/izveides un uzturēšanas izmaksas katram objektam vai teritorijai ir specifiski atkarīgas no dažādiem faktoriem – jūras krasta ģeoloģiskajiem un hidrometeoroloģiskajiem procesiem konkrētajā vietā, nepieciešamā materiāla veida, apjoma un pieejamības, transportēšanas veida un attāluma, nepieciešamās konstrukcijas izmēriem, būvniecības vai izveides darbus apgrūtinājošiem faktoriem, darbaspēka pieejamības, kompetences un atalgojuma, paredzamā konstrukcijas noturības ilguma un nepieciešamajiem ieguldījumiem tās turpmākai atjaunošanai un pastāvīgai uzturēšanai. Tādēļ vispārīgas indikatīvo izmaksu aplēses var būt maldinošas un, lai iegūtu detalizētas un reālistiskas projektu izmaksu tāmes, šis izmaksu kopums būtu jānosaka individuāli katram aizsargājamajam objektam un katram aizsardzības pasākumu kopumam atbilstoši konkrēto apstākļu izmaksu situācijai.

7.tabula

Preterozijas pasākumu aptuvenās orientējošās izmaksas (2023.gada cenās)

Krasta erozijas apsaimniekošanā izmantojamie risinājumi	Pasākuma veids	Indikatīvās būvniecības/izveides izmaksas
<i>Mazinvasīvie "zaļie" pasākumi</i>	"kāpu stādīšana"	<ul style="list-style-type: none"> <li>kārķu stādījumu ierīkošana – 7-30 EUR par m</li> </ul>
	dažādu pagaidu infrastruktūras objektu (laipu, soliņu, zīmju, atpūtnieku pārvietošanas ierobežojošu žogu uc.) ierīkošana	<ul style="list-style-type: none"> <li>pilna kompleksa „zaļo” metožu pielietošana, kombinējot kārķu stādījumus ar kāpu graudzāles stādījumiem un nodrošinot tos ar žogiem/laipām – 15-145 EUR par m</li> </ul>
<i>Bezkonstrukciju pasākumi (mazinvasīvie krasta sanešu mehāniskās manipulācijas pasākumi)</i>	smilšu, grants vai cita vietējai krasta sistēmai raksturīga sanešu materiāla papildināšanu mērķa teritorijā (deficīta zonās, vai krasta iecirkņos ar paaugstinātu krasta erozijas risku)	<ul style="list-style-type: none"> <li>smilšu uzskalošana pludmalē izmantojot specializētu kuģi vai zemessmēlēju – 2 - 15 EUR par 1 m<sup>3</sup> (atkarīgs no apjoma, transportēšanas tāluma, kuģa tipa uc.);</li> <li>smilšu pārvietošana no akumulācijas zonas uz deficīta zonu (garām ostai) ar sauszemes transportu – 3-30 EUR par 1 m<sup>3</sup></li> </ul>
<i>Invazīvie inženiertehniskie risinājumi, kas saistīti ar masīvu hidrotehnisko preterozijas būvju ierīkošanu</i>	Pasīvas būves – dažāda slīpuma atbangošanas sienas, gultnes pārklājumi, gabioni (pildītu stieplu grozu krāvumi), banketes un uzbērumi	<ul style="list-style-type: none"> <li>vidēji masīvi gabioni bez pamatnes sagatavošanas – 720 - 1450 EUR par segtā krasta posma m;</li> <li>slīpu gabionu uzskalošanas siena ar apjomīgu pamatnes sagatavošanu – 2150- 4300 EUR par segtā krasta posma m;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• vienkāršs rip-rap uzbērums no laukakmeņiem 145-1450 EUR par segtā krasta posma m</li> </ul>
	Aktīvas būves – dažādu formu un novietojuma viļņlauži, būnas un citi masīvi šķēršļi, kuri mērķtiecīgi tiek novietoti krasta nogāzes zemūdens daļā, viļņu aktīvas darbības zonā	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zemūdens nogāzē izvietotu atklātas Baltijas jūras apstākļiem atbilstošu aktīvo krasta aizsargbūvju būvniecība – 5750 - 21600 EUR par segtā krasta posma m (Rīgas līcī – 4300-14500 EUR);</li> <li>• masīva atbangošanas/uzskalošanas siena ar drenāžu un pamatnes enkurošanu – 3000-11500 EUR par segtā krasta posma m</li> </ul>

## Zaudējumi

Svarīgs sākotnējs solis potenciālo zaudējumu aplēšu izdarīšanai ir to objektu un nozaru apzināšana, kuras šādi zaudējumi varētu skart. Attiecībā uz jūras piekrasti tas nozīmē visu to vērtību, kas dažādos laika nogriežņos atrodas piekrastes apdraudētajā zonā, apzināšanu. Līdz ar to, nepieciešams rūpīgi izpētīt jūras krasta erozijas riskam pakļautajās teritorijās esošos objektus, pārstāvēto tautsaimniecības nozaru vērtības, kā arī jāpārdomā un jāizvirza indikatori to materiālās vērtības noteikšanai un tiem materiālajiem zaudējumiem, kas būtu saistīti ar šo objektu vai vērtību neatgriezenisku zaudēšanu. Iegūtās aplēses apvienojot ar krasta erozijas prognozēm, iespējams aprēķināt tās dažādos laika periodos potenciāli radītos zaudējumus gan piekrastē kopumā, gan atsevišķu tautsaimniecības nozaru griezumā.

Latvijas piekrastē ar krasta eroziju potenciāli saistāmi zaudējumi šādās sociāli ekonomiskajās jomās:

- Publiskās/privātās ēkas/infrastruktūra (A)
- Ražošana un uzņēmējdarbība (B)
- Lauksaimniecība/mežsaimniecība (C)
- Sabiedriskie pakalpojumi (D)
- Dabas teritorijas/bioloģiskā daudzveidība (E)
- Kritiskā infrastruktūra (G)
- Tūrisms un rekreācija (H)

Lai apzinātu kopējos jūras krasta erozijas radītos zaudējumus *E* laikposmā līdz 2048. gadam, katrai sociāli ekonomiskajai nozarei piekritīgie zaudējumi *A–H*, kas potenciāli varētu rasties krasta platību noskalošanās rezultātā, tiek summēti, vienlaikus ar koeficienta *k* palīdzību raksturojot krasta erozijas radītos kopējo zaudējumu risku noteiktajā teritorijā:

$$E = (A + B + C + C + D + E + G + H) * k$$

1. klase:  $k = 0,1$
2. klase:  $k = 0,25$
3. klase:  $k = 0,5$
4. klase:  $k = 1$

## 4.2. Priekšlikumi turpmākai rīcībai un nepieciešamie pētījumi

Ierobežotā zinātniskās informācijas un analītikas pieejamība par vairāku krasta erozijas procesu attīstību ietekmējošiem hidrometeoroloģiskajiem apstākļiem norāda uz nepieciešamību attīstīt informācijas un zināšanu bāzi par Latvijas piekrastē noritošajiem procesiem. Lai gan šā ziņojuma izstrādes laikā LVĢMC strādā pie klimata pārmaiņu projekciju atjaunošanas nākotnes klimata pārmaiņu izaicinājumu raksturošanai, šī informācija izmantošanai šajā pētījumā nav pieejama un arī neaptver galvenos jūras krastu eroziju ietekmējošos hidrometeoroloģiskos faktorus (piemēram, vēja virziena, vējuzplūdu un viļņu raksturojumu, atmosfēras spiediena izmaiņas). Līdz ar to, lai pilnvērtīgi spriestu par krasta erozijas līdzšinējo norisi un attīstību nākotnē, nepieciešams veikt aptverošus pētījumus vētru biežuma un intensitātes, vējuzplūdu augstuma un tā izmaiņu, viļņu un piekrastes straumju raksturošanai Latvijas piekrastē.

Lai analizētu un raksturotu hidrometeoroloģisko apstākļu un klimata pārmaiņu ietekmi uz piekrastē noritošajiem procesiem, tostarp krasta eroziju, nepieciešams nodrošināt pastāvīgu šo procesu norises raksturošanai būtisko hidrometeoroloģisko rādītāju monitoringu. Šāda informācija ir nozīmīga gan tādēļ, lai izprastu līdzšinējās dabas procesu mijiedarbības veidu, gan arī, lai apzinātu pašu procesu un to mijiedarbības komplekso izmaiņu raksturu nākotnē prognozēto klimata pārmaiņu ietekmē. Līdz ar to, lai nodrošinātu vispusīgai piekrastē noritošo procesu analīzei nepieciešamo informāciju, būtu svarīgi veikt arī pastāvīgus jūras viļņu un straumju raksturlielumu mērījumus iespējami daudzveidīgās Latvijas piekrastes teritorijās. Tāpat jānodrošina šādas informācijas uzkrāšana ilgtermiņā, kā arī jāvērtē tās savietojamība un salīdzināmība ar attālināto novērojumu sniegto informāciju.

Līdz ar pieaugošu vidējo jūras līmeni piekrastes reģionu aizsardzība un apsaimniekošana Latvijā kļūs par aizvien lielāku izaicinājumu, tādēļ ir svarīgi nodrošināt efektīvu un pārdomātu lēmumu pieņemšanai nepieciešamo zināšanu un pierādījumu bāzi, tādējādi sekmējot valsts iespējas pārvarēt šos ar klimata pārmaiņām saistītos izaicinājumus.

Projekcijas ar lielu pārliecību norāda uz smilšaino krasta erozijas palielināšanos līdz ar pieaugošu vidējo jūras līmeni, tomēr erozijas apmēru un ātruma kvantitatīvās aplēses nav viennozīmīgas. Zinātniskajā kopienā joprojām nav vienotas izpratnes par to, kā pludmales applūšana klimata pārmaiņu rezultātā pieaugoša jūras ūdens līmeņa ietekmē mainīs krasta erozijas procesus, kas ir atkarīgi ne tikai no hidrometeoroloģisko faktoru (piemēram, viļņu enerģijas, vējuzplūdu augstuma u. tml.) mehāniskās iedarbības veida, bet arī no konkrētā krasta morfoloģijas. Līdz ar plašo ietekmējošo hidrometeoroloģisko faktoru klāstu, piekrastes sanešu plūsmu un erozijas procesu projekcijas ietver augstu nenoteiktību un norāda uz nepieciešamību izstrādāt augstas veiktspējas, izšķirtspējas un precizitātes skaitliskos modeļus nākotnes krasta līniju izmaiņu aplēsēm.

Informācija par dažāda veida apdraudējumu, tostarp krasta erozijas, radītajiem zaudējumiem Latvijā ir skopa un fragmentāra, un nepastāv pēc vienotiem principiem un ar noteiktu regularitāti apkopotu zaudējumu veidu un apmēru raksturojošu statistikas datu. Lai apzinātu

līdzšinējo krasta erozijas radīto zaudējumu apmēru, kā arī lai prognozētu, ar kādiem zaudējumiem būtu jāreķinās nākotnē, nepieciešams rast risinājumus šāda veida informācijas apkopošanai un uzkrāšanai.

Lai pilnvērtīgi raksturotu krasta erozijas radītos zaudējumus, nepieciešams izprast, raksturot un kvantificēt arī dabisko procesu mijiedarbības un tās daudzšķautņainās ietekmes uz piekrastē esošajām vērtībām raksturu. Šim nolūkam ārvalstīs tiek izstrādāti kompleksi ietekmes modeļi, ar kuru palīdzību iespējams modelēt erozijas radītos zaudējumus kā tādus un secīgi aprēķināt šo zaudējumu radītās izmaksas. Līdz ar to pēc būtības krasta erozijas radīto zaudējumu aprēķins ir sarežģīts vairākpakāpju process, kura īstenošanai nepieciešams gan atbilstošs informācijas, gan zinātniski tehnoloģiskais un cilvēkresursu nodrošinājums.

Nepieciešams izveidot vienotu katastrofu jeb augstas ietekmes gadījumu radīto zaudējumu datubāzi, kas līdz šim Latvijā tā arī nav ieviesta. Turklāt būtu nepieciešams noteikt uzdevumu arī pašvaldībām veikt to teritorijā radušos zaudējumu apkopošanu un šīs informācijas uzglabāšanu pēc vienota principa – nodalot nodarītos zaudējumus privātpašumam, tautsaimniecības nozarēm, pārvaldes struktūrām, dabas teritorijām, publiskajai infrastruktūrai, kā arī uzskaitīt izmaksas šo zaudējumu novēršanai atsevišķi pa kategorijām.

Visbeidzot, būtiski ietvert piekrastes monitoringa veicamās darbības pašvaldību attīstība un plānošanas dokumentos, nodrošinot nepieciešamo datu bāzi saskaņā ar 3. nodaļā aprakstītajām metodēm. Tādējādi iegūtie dati būtiski uzlabotu šī brīža izpratnes līmeni par norisēm un to cēloņiem Latvijas jūras krasta sistēmā un ļautu atrisināt daļu no šī projekta ietvaros konstatētajām problēmām, piemēram, ļautu sagatavot augsti precīzas krasta nākotnes attīstības prognozes.

## Izmantotā literatūra

Andersons, Ā., 2011. Sanešu dinamika Kolkašraga sēklī. Maģistra darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 99 lpp.

Baily, B., Nowel, D., 1996. Techniques for monitoring coastal change: a review and case study. *Ocean & Coastal Management* 32 (2), pp 85-95.

Bednar-Friedl, B., Biesbroek, R., Schmidt, D.N., Alexander, P., Børsheim, K.Y., Carnicer, J., Georgopoulou, E., Haasnoot, M., Le Cozannet, G., Lionello, P., Lipka, O., Möllmann, C., Muccione, V., Mustonen, T., Piepenburg, D., Whitmarsh, L., 2022. Europe. In: Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., Rama, B. (eds.). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Pieejams: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_Chapter13.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter13.pdf)

Benefelde, 2022. Vējš piekrastē rada izskalojumus un nogrūvumus. Pieejams: <https://www.retv.lv/raksts/vejs-piekraste-rada-izskalojumus-un-nogruvumus>

Bērziņa, R., 2019. FOTO. Labragā atkal iespaidīgi nobrucis stāvkrasts: Pāvilstas pludmale pilna ar pūkotājiem. Pieejams: <https://www.la.lv/foto-labraga-atkal-iespaidigi-nobrucis-stavkrasts-pavilstas-pludmale-pilna-ar-pukotajiem>

Bird, E. 2008. *Coastal Geomorphology: An Introduction*. 2nd edn. Chichester, John Wiley and Sons, 134–136.

Botero, C., Anfuso, G., Rangel-Buitrago, N., & Correa, I. D., 2013. Coastal erosion monitoring in Colombia: Overview and study cases on Caribbean and Pacific coasts.

Brown S., Nicholls R. J., University of Southampton (SOTON), United Kingdom, Lincke D., Hinkel J. Global Climate Forum, Germany. Annual Sea Dike Costs. [https://www.atlas.impact2c.eu/en/coastal-themes/annual-sea-dike-costs/?parent\\_id=340](https://www.atlas.impact2c.eu/en/coastal-themes/annual-sea-dike-costs/?parent_id=340)

Bruņiņa L. 2011. Erozijas ietekme uz piejūras reģionu atīstību. Promocijas darbs. Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Jelgava. Kopsavilkums pieejams [https://llufb.llu.lv/dissertation-summary/regional-economics/Liga\\_Brunina\\_promoc\\_darba\\_kopsavilkums\\_2012\\_LLU\\_EF.pdf](https://llufb.llu.lv/dissertation-summary/regional-economics/Liga_Brunina_promoc_darba_kopsavilkums_2012_LLU_EF.pdf)

Castelle, B., Masselink, G., Scott, T., Stokes, C., Konstantinou, A., Marieu, V., & Bujan, S., 2021. Satellite-derived shoreline detection at a high-energy meso-macrotidal beach. *Geomorphology*, 383, 107707.

Centrālā statistikas pārvalde (CSP), 2023. Inflācijas kalkulators. Pieejams: [https://tools.csb.gov.lv/cpi\\_calculator/lv/2016M12-2023M11/0/100](https://tools.csb.gov.lv/cpi_calculator/lv/2016M12-2023M11/0/100)

Cowell, P.J., Thom, B.G., 1994. Morphodynamics of coastal evolution. In: Carter, R.W.G., Woodroffe, C.D. (eds.) *Coastal evolution*. Cambridge, Cambridge University Press, 34–87.

Depountis, N., Apostolopoulos, D., Boumpoulis, V., Christodoulou, D., Dimas, A., Fakiris, E., Leftheriotis, G., Menegatos, A., Nikolakopoulos, K., Papatheodorou, G., & Sabatakakis, N., 2023. Coastal Erosion Identification and Monitoring in the Patras Gulf (Greece) Using Multi-Discipline Approaches. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(3).

- Eberhards, G., 2003. Latvijas jūras krasti. Latvijas Universitāte, Rīga, 259 lpp.
- Eberhards, G., Grīne, I., Lapinskis, J., Purgalis, I., Saltupe, B., Torklere, A. 2009. Changes in Latvia's Baltic seacoast (1935–2007). *Baltica*. 22(1), 11–22.
- Eberhards, G., Lapinskis, J. 2008. Baltijas jūras Latvijas krasta procesi. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds.
- Eberhards, G., Purgalis, I., 2008. Pieaugošo Latvijas jūras krastu eroziju sekmējošie faktori. Klimata mainība un ūdeņi. Rīga, Latvijas Universitāte, 40.–48
- Eberhards, G., Saltupe, B., 1993. Latvijas jūras krastu monitorings. Vides monitorings Latvijā 3, Rīga, 46 lpp.
- Eberhards, G., Saltupe, B., Lapinskis, J., 2004. Jūras krasta ģeoloģisko procesu monitorings. Latvijas Universitātes 62. zinātniskā konference. Referātu tēzes. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp.198–199.
- Ērglis, A., 2023. Jūrkalnes stāvkrasta digitālā trīsdimensiju modeļa izstrāde ar lāzerskenēšanas metodi. Bakalaura darbs. Latvijas Universitāte, 46. lpp.
- Forzieri, G., Bianchi, A., Silva, F.B., Marin Herrera, M.A., Leblois, A., Lavalle, C., Aerts, J.C.J.H., Feyen, L., 2018. Escalating impacts of climate extremes on critical infrastructures in Europe. *Global Environmental Change*, 48, pp. 97–107. Pieejams: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017304077#fig0010>
- French, P.W. 2001. Coastal Defences. Processes, problems and solutions. London, Routledge
- Global Climate Forum, Germany. Annual Sea Dike Costs. [https://www.atlas.impact2c.eu/en/coastal-themes/annual-sea-dike-costs/?parent\\_id=340](https://www.atlas.impact2c.eu/en/coastal-themes/annual-sea-dike-costs/?parent_id=340)
- Global Climate Forum, Germany. Annual Sea Flood Costs [https://www.atlas.impact2c.eu/en/coastal-themes/cost-of-rising-sea-levels/?parent\\_id=340](https://www.atlas.impact2c.eu/en/coastal-themes/cost-of-rising-sea-levels/?parent_id=340)
- Halsnæs K., Larsen A.D., Sunding T.P., Dømggaard M.L. Damage-cost modelling of coastal floods: assessing the value of detailed data and advanced flood models as a basis for cost-effective decision-making on climate adaptation. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4308786](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4308786)
- Hudson T., Keating K, Pettit A, Cost estimation for coastal protection – summary of evidence. 2015, Environment Agency [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6034ee168fa8f5432c277c23/Cost\\_estimation\\_for\\_coastal\\_protection.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6034ee168fa8f5432c277c23/Cost_estimation_for_coastal_protection.pdf)
- Intergovernmental Panel On Climate Change., 2023. Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa nivelēšanas dati. Glabājas LU ĢZZF Jūras krastu laboratorijā. (1987. – 2023. gads)
- Kilevica, L., 2022. Sagrauta nobrauktuve Bernātu pludmalē. Ar dabu jāsadzīvo. Pieejams: <https://www.liepajniekiem.lv/zinas/novados/nobrauktuve-sagrauta-ar-dabu-jasadzivo/>
- Komar, P.D. 1998. Beach processes and sedimentation. 2nd edn. New Jersey, Prentice Hall.
- Komar, P.D. 1998. Beach processes and sedimentation. 2nd edn. New Jersey, Prentice Hall.

Kosyan, R.D., Pykhov, N.V., Edge, B.L. 2000. Coastal Processes in Tideless Seas. Virginia, ASCE Press, American Society of Civil Engineers.

Kurzemes TV, 2020. Brūk Labraga stāvkrasts Jūrkalnē. Pieejams:

<https://www.lsm.lv/raksts/zinas/latvija/bruk-labraga-stavkrasts-jurkalne.a343750/>

Lapinskis, J. 2009. Jūras krasta rajonēšana Latvijā pēc litomorfodinamiskām pazīmēm. Rīgas Tehniskās Universitātes zinātniskie raksti, Materiālzinātne un lietišķā ķīmija. 19(1), 168.–174.

Latkovska, 2018. Kāpēc nogruva Saulkrastu Baltā kāpā? Pieejams:

<https://www.aprinkis.lv/index.php/sabiedriba/dzive-un-ticiba/4573-kapec-nogruva-saulkrastu-balta-kapa>

Latvijas Jūras administrācija, 2021. Baltijas jūras locija. Latvijas piekraste. Rīga, Hidrogrāfijas dienests, 108 lpp.

LETA un Latvijas avīze, 2023. Vētra izpurina piekrasti. Pieejams: <https://lasi.lv/latvija-pasaule/novados/vetra-izpurina-piekrasti.6935>

LETA, 2018. Šoziem nobrucis Jūrkalnes stāvkrasts aptuveni 150 metru garā posmā. Pieejams: <https://www.tvnet.lv/4540946/soziem-nobrucis-jurkalnes-stavkrasts-aptuveni-150-metru-gara-posma>

LETA, 2019a. Kārtējo reizi nobrucis stāvkrasts Labragā pie Jūrkalnes. Pieejams: <https://www.lsm.lv/raksts/zinas/latvija/kartejo-reizi-nobrucis-stavkrasts-labraga-pie-jurkalnes.a343349/>

LETA, 2019b. Spēcīgās lietavas izraisījušas stāvkrasta nobrukumu Labragā pie Jūrkalnes. Pieejams: <https://www.lsm.lv/raksts/zinas/latvija/specigas-lietavas-izraisijusas-stavkrasta-nobrukumu-labraga-pie-jurkalnes.a337310/>

LSM, 2023. Stiprā vējā lūzušie koki krituši uz ceļiem, auto, mājām un elektrolīnijām; Rīgā un Pierīgā brīdina nedoties uz parkiem. Pieejams: <https://www.lsm.lv/raksts/zinas/latvija/08.10.2023-stipra-veja-luzusie-koki-kritusi-uz-celjiem-auto-majam-un-elektrolinijam-riga-un-pieriga-bridina-nedoties-uz-parkiem.a526910/>

LVĢMC, 2023c. Oktobris, 2023. Pieejams:

[https://klimats.meteo.lv/operativais\\_klimats/laikapstaklu\\_apskati/2023/oktobris/](https://klimats.meteo.lv/operativais_klimats/laikapstaklu_apskati/2023/oktobris/)

LVĢMC, 2018a. Decembris, 2017. Decembra mēneša apskats. Pieejams:

[https://klimats.meteo.lv/operativais\\_klimats/laikapstaklu\\_apskati/arhivs/2017/decembris/](https://klimats.meteo.lv/operativais_klimats/laikapstaklu_apskati/arhivs/2017/decembris/)

LVĢMC, 2018b. Oktobris, 2018. Oktobra mēneša apskats. Pieejams:

[https://klimats.meteo.lv/operativais\\_klimats/laikapstaklu\\_apskati/arhivs/2018/oktobris/](https://klimats.meteo.lv/operativais_klimats/laikapstaklu_apskati/arhivs/2018/oktobris/)

LVĢMC, 2018c. Septembris, 2018. Septembra mēneša apskats. Pieejams:

[https://klimats.meteo.lv/operativais\\_klimats/laikapstaklu\\_apskati/arhivs/2018/septembris/](https://klimats.meteo.lv/operativais_klimats/laikapstaklu_apskati/arhivs/2018/septembris/)

LVĢMC, 2018d. Ziema, 2018. Pieejams:

[https://klimats.meteo.lv/operativais\\_klimats/laikapstaklu\\_apskati/arhivs/2018/ziema/](https://klimats.meteo.lv/operativais_klimats/laikapstaklu_apskati/arhivs/2018/ziema/)

LVĢMC, 2019. Rudens, 2019. Pieejams:

[https://klimats.meteo.lv/operativais\\_klimats/laikapstaklu\\_apskati/arhivs/2019/rudens/](https://klimats.meteo.lv/operativais_klimats/laikapstaklu_apskati/arhivs/2019/rudens/)

LVĢMC, 2020. Ziema, 2020. Pieejams:

[https://klimats.meteo.lv/operativais\\_klimats/laikapstaklu\\_apskati/arhivs/2020/ziema/](https://klimats.meteo.lv/operativais_klimats/laikapstaklu_apskati/arhivs/2020/ziema/)

- LVĢMC, 2021. Rudens, 2021. Pieejams:  
[https://klimats.meteo.lv/operativais\\_klimats/laikapstaklu\\_apskati/arhivs/2021/rudens/](https://klimats.meteo.lv/operativais_klimats/laikapstaklu_apskati/arhivs/2021/rudens/)
- LVĢMC, 2022. Ziema, 2021/2022. Pieejams:  
[https://klimats.meteo.lv/operativais\\_klimats/laikapstaklu\\_apskati/2022/ziema/](https://klimats.meteo.lv/operativais_klimats/laikapstaklu_apskati/2022/ziema/)
- LVĢMC, 2023a. Brīdinājumi par bīstamiem hidrometeoroloģiskajiem apstākļiem. Pieejams:  
[https://bridinajumi.meteo.lv/doc/Apraksts\\_par\\_bridinajumu\\_sistemu\\_LV-LV\\_2023-12.pdf](https://bridinajumi.meteo.lv/doc/Apraksts_par_bridinajumu_sistemu_LV-LV_2023-12.pdf)
- LVĢMC, 2023b. Nedēļas nogalē Latvijā ilgstoši pūtis stiprs vējš un vietām novērots sniegs. Pieejams:  
<https://videscentrs.lv/gmc.lv/jaunumi/241679604>
- LVĢMC, n.d<sup>1</sup>. Satelītu attēli un frontālā analīze. Pieejams:  
<https://videscentrs.lv/gmc.lv/iebuve/satelitu-atteli-un-frontala-analize>
- LVĢMC, n.d<sup>2</sup>. Vides datu arhīvs. Pieejams: <https://videscentrs.lv/gmc.lv/lapas/vides-datu-arhivs>
- McAllister, E., Payo, A., Novellino, A., Dolphin, T., & Medina-Lopez, E., 2022. Multispectral satellite imagery and machine learning for the extraction of shoreline indicators. *Coastal Engineering*, 174, 104102.
- Melet, A., Teatini, P., Le Cozannet, G., 2020. Earth Observations for Monitoring Marine Coastal Hazards and Their Drivers. *Surveys in Geophysics* 41, 1489–1534.
- Metodiskais materiāls „Vadlīnijas jūras krasta erozijas seku mazināšanai”, 2015. Latvijas Universitāte, Rīga, 97 lpp.
- NRA, 2022. "Šis ir tas gads, kad bija tā iespaidīgi", Kolkasrags zaudējis gandrīz hektāru zemes. Pieejams: <https://nra.lv/latvija/regionos/381757-sis-ir-tas-gads-kad-bija-ta-iespaidigi-kolkasrags-zaudejis-gandrizz-hektaru-zemes.htm>
- O’Dea, A., Brodie, K. L., & Hartzell, P., 2019. Continuous Coastal Monitoring with an Automated Terrestrial Lidar Scanner. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(2).
- Ouyang, Y., Chong, J., & Wu, Y., 2010. Two coastline detection methods in Synthetic Aperture Radar imagery based on Level Set Algorithm. *International Journal of Remote Sensing*, 31(17–18), 4957–4968.
- Prahl B. F., Boettle M., Costa L., Kropp J. P. & Rybski R. 2017, Damage and protection cost curves for coastal floods within the 600 largest European cities. *Scientific Data*, 5(1), 180034, <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.34>
- Prahl, B.F., Boettle, M., Costa, L., Kropp, J.P., Rybski, D., 2018. Damage and protection cost curves for coastal floods within the 600 largest European cities. *Scientific Data*, 5, 180034. Pieejams: <https://www.nature.com/articles/sdata201834>
- Pranzini, E.; Williams, A., (Ed.) 2013. Coastal erosion and protection in Europe. Routledge: London, New York, 457 pp.
- Saltupe, B., Eberhards, G. 1990. Методика создания и эксплуатаций системы регионального мониторинга пляжей (на примере рижского залива). Экодинамические процессы и методы исследования. 574, 7–17
- SMHI, 2018. Maximum ice extent 2018. Pieejams:  
[https://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/produkter/arkiv/maxis/maxis\\_2018.pdf](https://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/produkter/arkiv/maxis/maxis_2018.pdf)



- SMHI, 2020. Maximum ice extent 2020. Pieejams:  
[https://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/produkter/arkiv/maxis/maxis\\_2020.pdf](https://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/produkter/arkiv/maxis/maxis_2020.pdf)
- SMHI, 2022. Maximum ice extent 2022. Pieejams:  
[https://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/produkter/arkiv/maxis/maxis\\_2022.pdf](https://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/produkter/arkiv/maxis/maxis_2022.pdf)
- Splinter, K. D., Harley, M. D., & Turner, I. L., 2018. Remote Sensing Is Changing Our View of the Coast: Insights from 40 Years of Monitoring at Narrabeen-Collaroy, Australia. *Remote Sensing*, 10(11).
- Stiebrīņš, O., Vāling P. 1996. Rīgas jūras līča dibennogulumi. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests.
- The Open University. 1999. *Waves, Tides, and Shallow-water Processes*. 2nd edn. Butterworth-Heinemann.
- Thom, B.G., Hall W. 1991. Behavior of beach profiles during accretion and erosion dominated periods. *Earth Surface Processes and Landforms*. 16, 113–127.
- Torklere, A., Markots, A. 2008. Jaunas iespējas jūras krastu ģeoloģisko procesu monitoringā, Nidas piemērs. LU 66. Zinātniskā konference. Ģeogrāfijas sekcija. Referātu tēzes. Rīga, Latvija, 161.–163.
- TVNET, 2017. Jūrkalnes stāvkrasts pazūd jūrā. Vai spējam stāties pretim dabas varenībai? Pieejams:  
<https://www.tvnet.lv/4542247/jurkalnes-stavkrasts-pazud-jura-vai-spejam-staties-pretim-dabas-varenibai>
- Ulsts, V., 1998. Baltijas jūras Latvijas krasta zona. Valsts Ģeoloģijas Dienests, Rīga, 96 lpp.
- Van Rijin, L.C. 1998. *Principles of Coastal morphology*. AQUA Publication. Netherland.
- Vīksne, I., 2018. Traģēdija stāvkrastā nebija paredzama. Pieejams:  
<https://nra.lv/latvija/regionos/254075-tragedija-stavkrasta-nebija-paredzama.htm>
- Vos, S., Lindenbergh, R., de Vreis, S., 2017. Coastscan: Continuous monitoring of coastal change using terrestrial laser scanning. *Coastal Dynamics*.
- Zandersons, V., Zeizis, V., 2024. Review of satellite remote sensing for the coastline change. *Oceanologia* (iesniegts publicēšanai)
- Кнапс, Р.Я., 1952. Оградительные сооружения типа молов и движение наносов на песчаных побережьях. ССР, Изв. АН Латв. 6(59), 27–38.
- Кнапс, Р.Я., 1968. О расчете мощности вдольбереговых потоков наносов. *Океанология*. 5, 60–72.