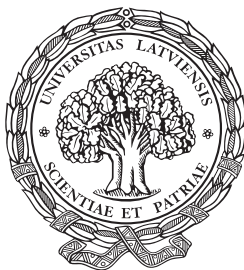


DISERTATIONES GEOLOGICAE UNIVERSITATIS LATVIENSIS

Nr. 17



Jānis Lapinskis

BALTIJAS JŪRAS KURZEMES KRASTA DINAMIKA

Promocijas darba kopsavilkums

Doktora grāda iegūšanai ģeoloģijas nozarē
Apakšnozare: kvartārģeoloģija un ģeomorfoloģija

Rīga, 2010

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Universitātes Ģeoloģijas nodaļā no 1999. gada līdz 2010. gadam.

Promocijas darba vadītājs:

Valdis Segliņš, profesors, *Dr. geol.* (Latvijas Universitāte)

Recenzenti:

Laimdota Kalniņa, asoc. profesore., *Dr. geol.* (Latvijas Universitāte)

Ojārs Āboltiņš, LU emeritētais profesors, *Dr. habil. geol.*

Oļģerts Nikodemus, profesors, *Dr. geogr.* (Latvijas Universitāte)

Promocijas padomes sastāvs:

Vitālijs Zelčs, profesors, *Dr. geol.* – padomes priekšsēdētājs

Ervīns Lukševičs, profesors, *Dr. geol.* – priekšsēdētāja vietnieks

Valdis Segliņš, profesors, *Dr. geol.*

Laimdota Kalniņa, asoc. profesore, *Dr. geol.*

Ivars Zupiņš, *Dr. geol.*

Aija Dēliņa, *Dr. geol.*

Padomes sekretārs:

Ģirts Stinkulis, asoc. profesors, *Dr. geol.*

Promocijas darbs pieņemts aizstāvēšanai ar Latvijas Universitātes Ģeoloģijas promocijas padomes 2010. gada 7. jūlija sēdes lēmumu Nr. 06/2010.

Promocijas darba atklāta aizstāvēšana notiks LU Ģeoloģijas promocijas padomes sēdē 2010. gada 26. novembrī Rīgā, Alberta ielā 10, 212. telpā.

Ar promocijas darbu ir iespējams iepazīties Latvijas Universitātes Bibliotēkā Rīgā, Kalpaka bulvārī 4, un Latvijas Akadēmiskajā bibliotēkā Rīgā, Lielvārdes ielā 4.

Promocijas darba kopsavilkuma izdošanu ir finansējusi Latvijas Universitāte.

Atsaukmes sūtīt: Dr. **Ģirts Stinkulis**, Latvijas Universitātes Ģeoloģijas nodaļa, Rīga, Raiņa bulvāris 19, LV-1586. Fakss: +371 6733 2704, e-pasts: *Girts.Stinkulis@lu.lv*

© Jānis Lapinskis, 2010

© Latvijas Universitāte, 2010

ISBN 978-9984-45-263-0

SATURA RĀDĪTĀJS

Ievads	4
Pētījuma aktualitāte	4
Darba mērķis un uzdevumi	5
Darba zinātniskā novitāte	6
Darba aprobācija	6
1. Jūras krastu procesu pētījumi Latvijā	7
2. Jūras krastu rajonēšanas problemātika	8
Baltijas jūras krastu klasifikācijas un rajonēšanas piemēri Latvijā	8
3. Materiāli un metodes	10
Jūras krastu ģeoloģisko procesu monitoringa dati	10
Datu apstrāde un analīze	11
4. Krasta nogāzes subaerālās daļas morfometrija Baltijas jūras Kurzemes piekrastē	13
5. Litomorfodinamiski viendabīgu krasta iecirkņu koncepcija	17
Krasta līnijai subparalēlo elementu telpiskās robežas	17
Krasta sistēmā funkcionējošo procesu robežas	18
Litomorfodinamiski vienotu krasta posmu robežas (garkrasta sanešu transporta robežas)	19
Litomorfodinamiski viendabīgu krasta apakšposmu robežas	19
Krasta sistēmas elementu hierarhija	20
6. Raksturīgie krasta nogāzes subaerālās daļas šķērsprofilu tipi	24
Secinājumi	27
Curriculum vitae (CV)	29
Pateicības	30
Publikāciju saraksts	60
Literatūras saraksts	63

IEVADS

Pētījuma aktualitāte

Jūras krasta zona ir vieta, kur mijiedarbība starp atmosfēru, litosfēru, hidrosfēru un atsevišķos gadījumos arī biosfēru un antroposfēru ir ļoti intensīva (Žaromskis, 1997; Pilkey et al., 1993; Finkl, 2004). Krastiem piemīt liela dažādība gan plāna skatījumā, gan krasta šķērsgriezumā, bet plašais varietāšu spektrs un sadrumstalotība apgrūtina šajā vidē pastāvošo likumsakarību izzināšanu. Lai panāktu labāku to izpratni, ir nepieciešams veikt šīs novērojamās dažādības klasificēšanu un apvienošanu grupās, lietojot noteiktus un vispārinātus krasta zonu raksturojošus lielumus.

Krastus ietekmē grupa to attīstību virzošu un limitējošu faktoru, tāpēc dažādu valstu pētnieki, izmantojot pētījumu detalizācijai un pētījumu vietai pielāgotu metodisko pieeju, visbiežāk savos pētījumos ietver visai ierobežotu skaitu dažādu ģeogrāfisku vietu un akcentē kādu konkrētu pētījuma mērķi. Šo pētījumu rezultātā ir izstrādātas ļoti daudzskaitliskas un daudzveidīgas jūras krastu klasifikācijas (Rijn, 1998; Haslett, 2000; Woodroffe, 2002; Fairbridge, 2004; Benedet et al., 2004). Tomēr jau kopš 19. gadsimta beigām, dažādi modificējot un pielāgojot tās konkrētiem mērķiem, plašāk tiek lietotas tikai divas pieejas: ģenētiskā (Zenkowitch, 1967; Rijn, 1998) un aprakstošā (Davies, 1984).

Vēsturiski Latvijā jūras krastu ģeoloģiskajiem pētījumiem veltītajās zinātniskajās publikācijās ir pieņemts lietot bijušās PSRS vadošo pētnieku izstrādātās morfoģenētiskās krastu klasifikācijas shēmas. Šādu krastu morfoģenētiskās klasifikācijas sistēmu, balstoties uz ASV pētnieka D. Džonsona (Jonson, 1919) idejām, 1959. gadā izstrādāja A. Joņins, P. Kapļins un V. Medvedjevs (Yonin et al., 1959). Baltijas jūras apstākļiem šī sistēma tika aprobēta V. Gudeļa pētījumus apkopojošā publikācijā 1967. gadā (Gudelis, 1967). Saskaņā ar V. Gudeli, Kurzemes rietumu jūras krasti pieder pie jūras abraziņas vai jūras akumulācijas izlīdzinātajiem krastiem.

Detalizēti un sistemātiski pēdējos gadu desmitos veiktie pētījumi jūras krasta zonas subaerālajā daļā Latvijā (Eberhards, Saltupe, 1995; Lapinskis, 2005; Eberhards, 2003; Eberhards et al., 2006; Torklere, 2008; Lapinskis, 2009) ievērojami paplašina iespējas pārskatīt agrāko pieeju un izveidot kvalitatīvi jaunu krasta klasifikācijas sistēmu.

Informācija par litomorfodinamiski viendabīgu iecirkņu telpisko izvietojumu un attīstību potenciāli ļauj novērtēt tās ietekmes, kas saistītas ar antropogēnas izcelsmes traucējumiem – tādiem kā krasta aizsardzības pasākumi un ostas, kā arī tās ietekmes, kas saistītas ar mainīgiem sistēmu ietekmējošiem ārējiem

faktoriem – reģionālām un globālām klimata izmaiņām (Bray, 1995). Šodien arvien vairāk pieaug dažādu nozaru pārstāvju un iesaistīto pušu ieinteresētība praktiski pielietojamā, zinātniski pamatotā un atbilstoši detalizētā informācijā par mūsdienu situāciju piekrastē un tās iespējamajām attīstības tendencēm (Eberhards, 2003; Kļaviņš, Briede, 2009).

Darba mērķis un uzdevumi

Par esošā pētījuma mērķi tika izvirzīta Baltijas jūras Kurzemes piekrastes krasta zonas subaerālās daļas izvērtēšana un raksturošana, pamatojoties uz pēdējo 18 gadu laikā veiktu instrumentālu un pusinstrumentālu pētījumu rezultātiem, galvenokārt akcentējot pludmales un aktīvā eolā reljefa morfometrisko parametru izmaiņu cēloņsakarības krasta zonas rajonēšanas kontekstā.

Atbilstoši darbā izvirzītajam mērķim uzdevumi tā sasniegšanai tika iedalīti secīgos etapos:

- jūras krasta klasifikācijai un rajonēšanai veļtīto pētījumu apkopošana un analīze, pievērsot uzmanību to mērķiem un metodikai;
- jūras krasta procesiem Latvijā veļtītās publicētās literatūras un nepublicēto materiālu apkopošana un analīze, pievērsot uzmanību iespējamām pretrunām;
- lauka un kamerālo darbu satura izstrāde un darba metožu izvēle;
- jūras krasta subaerālās daļas morfometrisko un sanešu parametru lauka pētījumi ar instrumentālām un pusinstrumentālām metodēm;
- pētījumu gaitā iegūtās informācijas apstrāde, sanešu budžeta, krasta reljefa formu morfometrijas telpisko un hronoloģisko izmaiņu analīze un rezultātu interpretācija;
- Baltijas jūras Kurzemes piekrastes krasta litomorfodinamiski viendabīgo iecirkņu izvietojuma likumsakarību izzināšana telpiskā skatījumā un secinājumu izstrāde.

Balstoties uz pētījuma gaitā iegūto rezultātu analīzi izvirzītas šādas tēzes:

- jūras krasta Latvijā rajonēšanas iepriekšēji izstrādāto shēmu detalitāte ir nepietiekoša un to pielietojamības iespējas ir neatbilstošas mūsdienu prasībām;
- morfoģenētiskās pieejas izmantošanu krastu rajonēšanā Latvijas apstākļos apgrūtināta to relatīvā viendabība un ievērojamā krasta sistēmā pastāvošā antropogēnā slodze;
- jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa sistēmā uzkrātie dati ir izmantojami ar krasta rajonēšanu saistītu uzdevumu risināšanā;
- Liepājas un Ventspils ostu ārējās hidrotehniskās konstrukcijas būtiski deformē sanešu materiāla apmaiņu Baltijas jūras Kurzemes piekrastē;

- zemāko pakāpju krasta iecirkņus rajonēšanas vajadzībām ir iespējams nošķirt, izmantojot evolucionārās un morfometriski sedimentoloģiskās pazīmes;
- atbilstoši Baltijas jūras Kurzemes piekrastes apstākļiem var izdalīt raksturīgos krasta nogāzes virsūdēns daļas šķērsprofila tipus.

Darba zinātniskā novitāte

- Veikts oriģināls Latvijas krastu litomorfodinamikas pētījums, galveno vērību pievēršot krasta subaerālajā joslā pastāvošajām kopsakarībām starp sanešu materiāla bilanci un krasta reljefa formu morfometriju telpiskā un hronoloģiskā skatījumā.
- Novērtēta jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa sistēmas datu izšķirtspēja un piemērotība litomorfodinamiski viendabīgu krasta iecirkņu noteikšanā.
- Pirmoreiz apkopoti un analizēti rezultāti, kas iegūti 18 gadu laikā lauka pētījumos par 110 stacionārajām nivelēšanas profilu līnijām un 650 stacionārajām stāvkrastu erozijas mērījumu līnijām, kā arī par 40 atsevišķiem darba izstrādes gaitā ierīkotiem nivelēšanas profiliem un atkārtotiem krasta zonas pusinstrumentāliem apsekojumiem visā 244 km garumā no Lietuvas un Latvijas robežas līdz Kolkas raga virsotnei (izņemot iecirkņus starp ostu moliem).
- Pirmoreiz izstrādāta pludmales un aktīvā eolā reljefa klasifikācija, kas ļāva izdalīt 11 raksturīgos krasta nogāzes subaerālās daļas profilu tipus un sastādīt morfordinamisko krasta iecirkņu kartoshēmu ar horizontālo izšķirtspēju garkrasta griezumā 0,5 km.

Darba aprobācija

Pamatojoties uz pētījuma rezultātiem, ir sagatavotas četras zinātniskās publikācijas un 20 konferenču un sanāksmju tēzes. Par dažādām pētījuma daļām ir sniegti ziņojumi trīs starptautiskās konferencēs un trīspadsmit konferencēs Latvijā. Sadarbībā ar *Dr. habil. geogr.* Gunti Eberhardu ir izstrādāts un 2008. gadā publicēts agrākos autoru pētījumu rezultātus apkopojošs karšu atlants „Baltijas jūras Latvijas krasta procesi”.

1. JŪRAS KRASTU PROCESU PĒTĪJUMI LATVIJĀ

Latvijas teritorijā ar krasta zonas izpēti tās dinamikas aspektos pirmie ir nodarbojušies inženieri sakarā ar Kurzemes lielo ostu rekonstrukciju un izbūvi 19. gs. beigās. Latvijas jūras krastu procesiem veltītos pētījumus par laika posmu kopš Otrā pasaules kara ir iespējams iedalīt pēc tajos izmantoto metožu vai to kombināciju ievirzes. Tās ir

- 1) vēsturiskās un kartogrāfiskās metodes;
- 2) teorētiskās metodes;
- 3) tālīzpētes metodes;
- 4) stacionāro pētījumu metodes;
- 5) eksperimentālās metodes;
- 6) matemātiskā modelēšana;
- 7) sanešu mehāniskā sastāva analīze;
- 8) litomorfoloģiskās metodes.

Pirmie, kas jau divdesmitā gadsimta vidū savos pētījumos pievērsās tieši mūsdienu krastu procesiem, sanešu kustības jautājumiem un detāli analizēja jaunākās krasta reljefa formas, bija Viktors Ulsts, Eduards Grīnbergs un Rūdolfs Knaps.

V. Ulsts pievērsās ļoti plašam ar jūras krastiem saistītu jautājumu spektram. Viņš analizē krasta reljefa formu attīstības likumsakarības, eolo un jūras nogulumu litoloģiskās īpatnības (Ul'st, 1965), pēta smago minerālu kļiedņus (Ul'st, 1964) un krastu aizsardzības inženierģeoloģiskās problēmas (Ulsts, 1961). V. Ulsta monogrāfija „Baltijas jūras Latvijas krasta zona” ir viens no nozares plašākajiem un vispusīgākajiem apkopojošajiem darbiem. Šajā monogrāfijā V. Ulsts ir publicējis ļoti detālu Baltijas jūras krasta zonas morfodinamiski vēsturiskās rajonēšanas shēmu (Ulsts, 1998).

Sākot ar 1987. gadu, Rīgas līcī un 1992. gadu Kurzemes rietumu krastā notiek Gunta Eberharda un Baibas Saltupes aizsāktais jūras krastu ģeoloģisko procesu monitorings. G. Eberharda pētījumi skar Litorīnas laika lagūnu pārzmaugu veidošanās likumsakarības, piekrastes eolo veidojumu morfoloģiju un ģenēzi un jo īpaši problēmas, kas saistītas ar krasta noskalošanu (Saltupe, Eberhards, 1990; Eberhards, 2000; Eberhards, Saltupe, 1993, 1995b; Eberhards et al., 2004). 2003. gadā publicētā monogrāfija „Latvijas jūras krasti” ir plašākais apkopojošs rakstura darbs, kurā ietverts arī ievērojams apjoms līdz šim citur npublicētas informācijas (Eberhards, 2003).

2. JŪRAS KRASTU RAJONĒŠANAS PROBLEMĀTIKA

Ikviens mēģinājums klasificēt vai sistematizēt kādu dabas objektu vai parādību kopumu tiek pamatots ar nepieciešamību panākt labāku to izpratni un iespēju ērtāk rīkoties, izmantojot noteiktus un vispārinātus lielumus (Zenkowitch, 1962). Jūras krastu gadījumā klasifikācija ļauj izprast faktoros, kuri kontrolē krastu morfoloģiju. Krasta zonas morfoloģija atspoguļo tektoniskās „bāzes” ietekmi, kas kombinējas ar reģionālu un lokālu procesu ietekmi (Galon, 1960; Zenkowitch, 1962; Bird, 1984; Swift, Thorne, 1991; Boyd et al., 1992; Finkl, 2004).

Baltijas jūras krasts Kurzemes piekrastē pieder pie viļņu un viļņu inducētu straumju dominēto jeb tallasogēno krastu grupas. Atbilstoši plašāk lietotajām aprakstošajām vispārīgas krastu klasifikācijas shēmām Latvijai raksturīgi tikai tā sauktie smilšu krasti, kuru aktīvajā joslā veidojas sanešu lēca no smilts-grants frakcijām, turklāt šie saneši tiek intensīvi un nepārtraukti pārkārtoti. Piederību kādam konkrētam tallasogēno krastu apakštipam nosaka četri galvenie faktori (Davies, 1984; Swift, Thorne, 1991; Fairbridge, 2004; Finkl, 2004):

- 1) krasta zemūdens nogāzes slīpums;
- 2) vietas hidrometeoroloģiskie parametri;
- 3) sanešu bilanci veidojošie apstākļi;
- 4) ilglaicīgās ūdenslīmeņa izmaiņas.

Baltijas jūras krastu klasifikācijas un rajonēšanas piemēri Latvijā

1982. gadā, veicot kompleksu Kurzemes rietumu krastu izpēti E. Bulgakovas vadībā, tika izstrādāta klasifikācijas shēma, kurā, pamatojoties uz morfoloģiskajām un litoloģiskajām atšķirībām, kā arī mūsdienu procesu īpatnībām, tika izšķirti pieci krastu tipi un trīs apakštipi (Bulgakova, 1982).

E. Bulgakovas pētījumā tika veikta arī krasta rajonēšana, nodalot četras pirmās pakāpes krasta apakšsistēmas ar robežām Liepājā, Pāvilostā un Ventspilī. Nav norādīts šo apakšsistēmu noteikšanas pamatojums, bet krasta dinamisko tipu mija tiek skaidrota ar Austrumbaltijas sanešu plūsmas piesātinājuma pakāpes svārstībām saistībā ar krasta līnijas orientācijas izmaiņām un ostu hidrotehnisko būvju radītajiem šķēršļiem. Katra apakšsistēma sīkāk tiek iedalīta iecirkņos, norādot, kādi dinamiskie apstākļi tajā dominē. Iecirkņu robežas netiek precizētas un klasifikācijas kritēriji tiek pieminēti ļoti virspusēji.

V. Ulsta monogrāfijā „Baltijas jūras Latvijas krasta zona” (1998) publicētajā klasifikācijas un rajonēšanas shēmā par kritērijiem tipu noteikšanā ir izmantots gan krastu vēsturiskās pārmantojamības princips, gan krastu ģeoloģiskā uzbūve,

gan iežu vecums, gan mūsdienu procesu īpatnības. V. Ulsts piedāvā krastu dalījumu četros tipos ar septiņiem apakštipiem. Šāda klasifikācijas shēma ir samērā vienkārša un tajā pašā laikā ietver visus krastu tipus, kādi Latvijā varētu būt, tomēr tai piemīt vairāki būtiski trūkumi, kas neizbēgami rodas, shematizējot komplicētu dabas procesu kopumu un mēģinot apvienot morfodinamiskos un morfoģenētiskos klasifikācijas principus:

- atsevišķi tiek izdalīts izskalošanas krastu tips, kaut gan izskalošanas krasti ir morfodinamiski identiski „parastajiem” abrāzijas krastiem – tajos pastāv ilgstošs sanešu materiāla deficīts, respektīvi, krasta konfigurācija konkrētajā vietā nav piemērota mūsdienu apstākļiem;
- atsevišķi tiek izdalīts dinamiskā līdzsvara krastu tips, kaut gan uz ģenētiskiem kritērijiem balstītā shēmā tāds tips nav iespējams (dinamiskais līdzsvars atšķirībā no abrāzijas vai akumulācijas ir stāvoklis, nevis process vai ģenētiskā piederība).

Kā alternatīvu V. Ulsta shēmai G. Eberhards savā monogrāfijā „Latvijas jūras krasti” (2003) piedāvā klasifikācijas shēmu, kura balstās uz atšķirībām krasta ģeoloģiskajā uzbūvē, sanešu materiāla sastāvā, krasta izskatā un augstumā un mūsdienu krastu procesu raksturā un intensitātē pēdējo 10–30 gadu laikā. Piedāvātajai shēmai ir raksturīga augsta detalizācijas pakāpe. Jāatzīmē, ka pēc šādiem un līdzīgiem principiem sastādītas shēmas daudzviet pasaulē tiek pieņemtas lietošanā krastu apsaimniekotāju un „krastu inženieru” vidē. Tomēr arī šāda pieeja nav pilnīga un atstāj vietu pārpratumiem, jo zemas hierarhiskās pakāpes krasta iecirkņu raksturošanā apvieno gan morfoģenētisko (tas šajā shēmā dominē), gan morfodinamisko principu.

3. MATERIĀLI UN METODES

Pētījums skar relatīvi šauru (20–250 metru) krasta zonas subaerālo pārējas joslu posmā no Latvijas un Lietuvas robežas līdz Kolkas raga virsotnei ar pārtraukumiem ostās (237,5 km).

Jūras krastu ģeoloģisko procesu monitoringa dati

Monitoringa tīkla veidošana 1987.–1990. gadā uzsākta G. Eberharda un B. Saltupes vadībā, un laikā no 1992. līdz 1996. gadam tika izveidots visu Latvijas piekrasti aptverošs stacionāru tīkls, kas turpmākajos gados tika papildināts, palielinot tā blīvumu. Monitoringa sistēma ietver divas stacionāru grupas, kurās datu ieguve notiek ar atšķirīgām metodēm – krasta šķērsprofila nivelēšanu un stāvkраста augšmalas atkāpšanās stacionāriem pētījumiem.

Nivelēšana tiek izmantota tajos krasta posmos, kur izplatītas plašas pludmales un attīstījies eolais reljefs (Eberhards, Salupe, 1999). Nivelēšanas profili apvienoti grupās (stacionāros), kas, savukārt, izvietoti raksturīgos krasta iecirkņos. Katras profilu grupas atrašanās vieta izvēlēta atbilstoši kopējai krasta sistēmas specifikai tā, lai būtu iespējams iegūt informāciju par katru sanešu bilances ziņā būtiski atšķirīgu apakšsistēmu (iecirkni). Ārpus stacionāru robežām izvietoti desmit atsevišķi profili, kuros iegūtie dati ļauj kontrolēt dinamisko procesu izmaiņas neraksturīgos iecirkņos. Kurzemes rietumu piekrastē izvietoti deviņi stacionāri. Profilu līnijas ir orientētas perpendikulāri ūdenslīnijai, šķērso visu pludmali un jaunāko eolo reljefu. Mērījumi tiek veikti ar optisko nivelieri SOKIA C3 un kopš 2007. gada ar lāzernivelieri Leica Sprinter 100M. Profilu garums atkarībā no konkrētā krasta posma īpatnībām atrodas robežās no 50 līdz 200 m. Nivelēšana tiek veikta vienu reizi gadā, parasti vasarā vai rudenī. Lai iegūtu pietiekami precīzu pludmales un eolā reljefa šķērsprofilu, latus nolasījumi tiek veikti visos mikroreljefa liekuma punktos, bet ne retāk kā ik pēc 10 metriem. Mērījumi tiek veikti tikai līdz augstuma „0” atzīmei Baltijas augstumu sistēmā. Dati ir pieejami Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Latvijas jūras krastu ģeoloģisko procesu monitoringa (turpmāk LJKĢPM) datu bāzē.

Stāvkраста augšmalas atkāpšanās stacionārie pētījumi tiek veikti, daļēji pamatojoties uz Lielbritānijas upju krastu erozijas pētījumos izmantoto metodiku (Hooke, 1979, 1980; Hadson, 1982). Metodes pamatā ir attāluma noteikšana starp kraujas augšmalu un kādu piemērotu dabā iezīmētu atbalsta punktu (reperi). Attālums tiek mērīts ar mērlenti ar precizitāti dabā 0,1 m. Mērījumu līnijas ir izvietotas perpendikulāri ūdenslīnijai un apvienotas grupās – stacionāros. Stacionāri ir izvietoti visos Kurzemes rietumu krasta posmos, kuros izplatīti stāvkрasti. Kopējais stacionāru skaits ir 60. Mērījumi tiek veikti vienu reizi gadā

vai arī vairākas reizes gadā, ja ir bijušas spēcīgas vētras. Salīdzinot kārtējo mērījumu rezultātus, tiek noteikts noskalotās pamatkrasta joslas platums, noskalotā materiāla apjoms un noskalošanas intensitātes garkrasta sadalījums. Bezvētru periodā tiek noteikta nogāžu procesu ietekme uz stāvkrasta noārdīšanos.

Šie dati tika papildināti ar autora oriģinālā pētījumā iegūtiem datiem un citu pētījumu rezultātiem. Kopumā pētītajā teritorijā tika izvērtēti un analizēti vairāk nekā tūkstoš krasta šķērsprofilu un vairāki simti atsevišķu krasta nogāzes elementu uzmērījumi. Jāatzīmē, ka krasta šķērsprofilu izvietojums nebija vienmērīgs. Piemēram, lielāko Kurzemes ostu apkārtnē un tajos krasta posmos, kuru sanešu bilanci kā tālu no neitrālas ir pierādījuši agrāki pētījumi (Bulgakova, 1982; Eberhards, Saltupe, 1995a; Ulsts, 1998), šķērsprofilu blīvums ir ļoti liels, bet daudzviet citur starp profiliem ir vairāki kilometri. Tomēr, apvienojot visu pētījuma gaitā iegūto informāciju, tā pietiekami pilnīgi ļāva raksturot apstākļus Baltijas jūras Kurzemes piekrastē un izdarīt pamatotus secinājumus.

Daļēja krasta apsekošana atšķirīgās sezonās veikta reizi gadā kopš 1998. gada. Atsevišķi dinamiski aktīvi posmi apsekoti divas līdz trīs reizes gadā.

2002. gada augustā un 2004. gada jūlijā pētītais krasta posms tika apsekots visā garumā. Darba gaitā analizējamie krasta sistēmu raksturojošie elementi ārpus monitoringa stacionāriem tika izraudzīti tā, lai dati par tiem būtu iegūstami iespējami ērti, no mērinstrumentiem izmantojot tikai optisko nivelieri, mērlenti, līmeņrādi un GPS uztvērēju. Visi fiksējamie krasta morfoloģijas parametri tika noteikti ik pēc 250 metriem (Souza, 2007). Veicot mērījumus stāvkrastu stacionāros, kopš 1992. gada vizuāli tika noteikts stāvkrasta piekāvē esošās pludmales platums, kā arī oļu klātbūtne pludmales nogulumos.

Datu apstrāde un analīze

Kārtējie nivelēšanas gājieni un stāvkrastu stacionāru pārmērīšanas rezultāti tika apstrādāti ar programmu *MS Excel*, izmantojot formulu:

$$V = \sum_i \frac{(Q_i + Q_{i+1}) \cdot L_i}{2}, \text{ kur:}$$

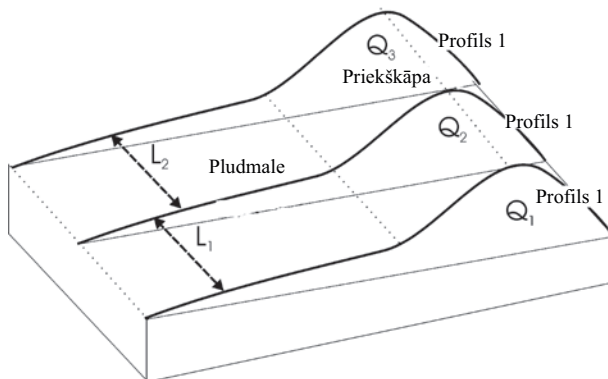
V – sanešu apjoms noteiktā krasta posmā;

i – 1, 2, ..., n ;

Q – krasta šķērsprofilu laukumi;

L – attālumi starp šķērsprofilu.

Izmantojot datus no mērījumu līnijām, noteikts sanešu apjoms un tā izmaiņas (1. attēls).



1. attēls. Pludmales un virspludmales reljefa tilpuma aprēķināšanā izmantotie parametri (autora shēma).

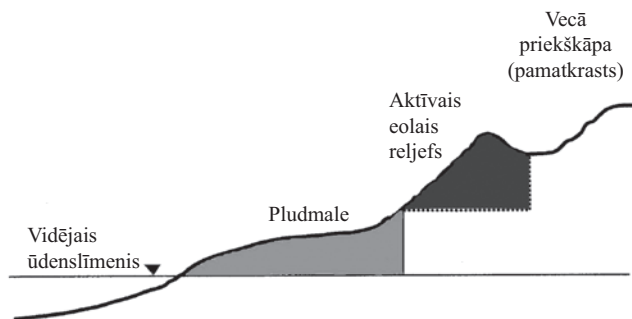
Darbā tika meklētas un pārbaudītas vairākas sanešu bilances un krasta formu morfometrijas parametru empīriskās sakarības. Izmantojot *MS Excel* datorprogrammu, veikta datu kopas analīze par atsevišķu parametru vērtību telpisko un hronoloģisko sadalījumu:

- katra krasta šķēršprofila pludmales un aktīvā eolā reljefa sanešu apjoma izmaiņu analīzei tika sastādīti grafiki, kas atspoguļo parametra vērtību izmaiņas laikā;
- pludmales un aktīvā eolā reljefa sanešu apjoma vērtību sadalījums Baltijas jūras Kurzemes krasta zonā tika analizēts, sastādot stabīņveida diagrammas.

4. KRASTA NOGĀZES SUBAERĀLĀS DAĻAS MORFOMETRIJA BALTIJAS JŪRAS KURZEMES PIEKRASTĒ

Ņemot vērā Baltijas jūras DA daļā pastāvošos apstākļus, var nošķirt divus krasta nogāzes parametrus, kuri ir metodiski ērti reģistrējami un raksturo sanešu materiāla bilanci katrā konkrētā krasta iecirknī (Bulgakova, 1982; Eberhards, 2003):

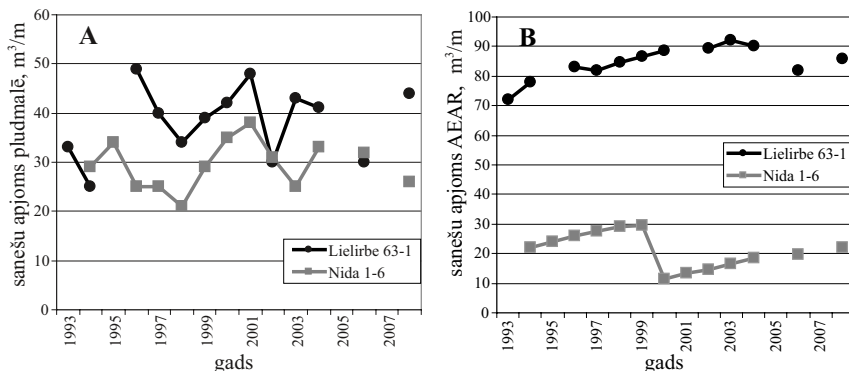
- pludmales sanešu apjoms (par pludmales robežām pieņemot ūdenslīniju, aktīvās eolās akumulācijas reljefa (AEAR) vai stāvkrasta piekāji);
- AEAR apjoms (par tā iekšzemes robežu pieņemot krastam subparalēlo līniju, aiz kuras ķērpji, sūnas un ziedaugu veģetācija to pilnībā nosedz – sākas „pelēkā kāpa”, bet par apakšējo robežu pieņemot pludmales maksimālo augstumu; 2. attēls).



2. attēls. Pludmales un AEAR tilpuma aprēķināšanai pieņemtās telpiskās robežas (autora shēma).

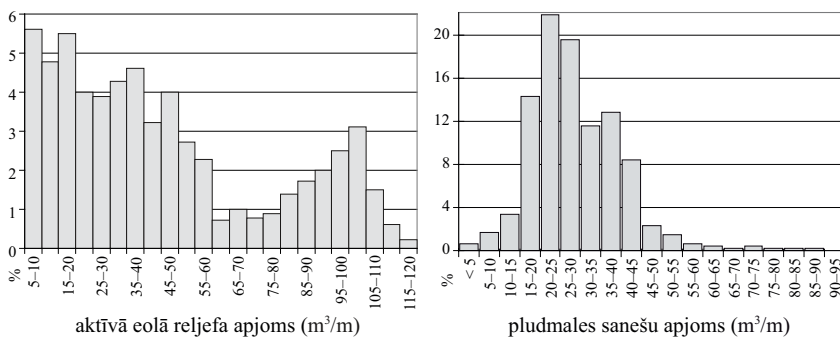
Minētie parametri Baltijas jūras Kurzemes piekrastē variē ļoti plašās robežās. To izmaiņu analīzei tika sastādītas diagrammas (3. attēls), kas pētījuma specifikai atbilstošā precizitātē raksturo vidējo aritmētisko sanešu apjomu, apjoma svārstības novērojumu periodā, kā arī vētru ietekmi.

Veiktie pētījumi rāda, ka mazākais un lielākais novērotais pludmales apjoms bija attiecīgi 3 un 95 m³/m, bet 87,9% no Baltijas jūras Kurzemes krasta kopgaruma visos novērojumos, kas izdarīti no 1992. līdz 2008. gadam, pludmales apjoms atradās robežās no 15 līdz 45 m³/m. Ļoti mazs (<3%) ir to krasta posmu kopgarums, kuros pludmales apjoms pārsniedz 55 m³/m. Vismazākās pludmales apjoma vērtības tika konstatētas tajos krasta posmos, kur seklūdens daļā un virspludmales reljefā (stāvkrastā) atsedzas glacigēnie morēnas nogulumi. Lielākās konstatētās vērtības attiecas uz tiem krasta posmiem, kuri izvietoti cieši pie ostu dienvidu moliem, kā arī vietās, kur krasta līnijas orientācija mainās, radot akumulācijai labvēlīgus apstākļus.



3. attēls. Sanešu apjoma izmaiņas pludmalē (A) un AEAR (B) pēc monitoringa datiem stacionārajos nivelēšanas profilos Lielirbe 63-1 un Nida 1-6 (piemērs) (Lapinskis, 2005; Eberhards et al., 2009; nepublicēti LJKĢPM dati 1992–2008, autora interpretācija).

Lai novērtētu raksturīgākās pludmales un eolā reljefa nogulumu vērtību variācijas, tika sastādītas to sadalījuma histogrammas (4. attēls). Rezultātu tālākas interpretācijas ērtībai un pētījuma mērķim atbilstošas detalizācijas pakāpes iegūšanai, apjoma sadalījums tika attēlots ar soli 5 m³/m, kas arī aptuveni atbilst maksimālajai iespējamajai mērījumu kļūdai liela apjoma pludmalē vai priekšskāpē.



4. attēls. Baltijas jūras Kurzemes piekrastes pludmales un aktīvā eolā reljefa tilpuma vērtību sadalījums (izmantota 2002. gada augusta un 2004. gada jūlija mērījumu vidējā aritmētiskā vērtība; autora dati un interpretācija).

Uz vertikālās ass krasta posmu procentuālais sadalījums pētījuma teritorijā (Lietuvas un Latvijas robeža–Kolkas rags). Mērījumu skaits 940.

Raksturīgi, ka vairāk nekā 90% no mērījumu profiliem pludmales apjoma vērtības laika posmā no 1992. līdz 2008. gadam svārstās plašā intervālā – par vairāk nekā 70% no dominējošās vērtības. Vislielākā pludmales apjoma vērtību

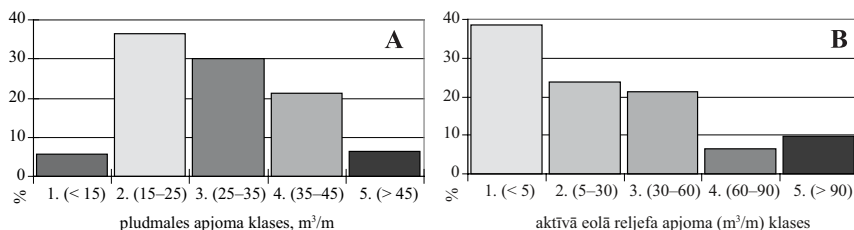
svārstību amplitūda raksturīga tiem krasta posmiem, kuros nav izveidojies vai ir rudimentārs eolās akumulācijas. Rezultāti liecina, ka novērojumu periodā pludmales tilpuma vērtības kopumā nav būtiski palielinājušās (lielākais pieaugums ir 10–20%) (Lapinskis, 2005; 2009).

Ļoti būtiski ir atzīmēt, ka 38,7% no pētījuma teritorijas kopgaruma eolā akumulācija vispār nenotiek vai arī tā ir ļoti vāja – tur sastopamā AEAR apjoms nepārsniedz 5 m³/m. Niecīga apjoma fragmentāri un efemeri kāpas aizņemti visbiežāk ir sastopami stāvkraсту piekāvē, kur tie var izveidoties, ilgstoši (vairāk kā trīs gadus) saglabājoties bezvētru apstākļiem. Lielākais novērotais eolā reljefa tilpums bija 118 m³/m, un tas attiecas uz aptuveni 500 m garu krasta iecirkni pie Ventspils ostas dienvidu mola.

Vērtību sadalījuma histogramma (4. attēls) parāda, ka tai nav izteikta maksimuma un sadalījums neatbilst normālajam. Vairāk nekā 90% no mērījumu vietām eolā reljefa tilpuma vērtības laika posmā no 1992. līdz 2008. gadam ir mainījušās pieauguma virzienā, turklāt vislielākais pieaugums (60–250%) ir tajos krasta posmos, kuros sastopamas liela apjoma priekškāpas un plašas smilšainas pludmales. Liela apjoma svārstību amplitūda (50–90%) bez ļoti izteikta eolā reljefa apjoma palielināšanās ir raksturīga tiem krasta posmiem, kuros sastopamas maza vai vidēja apjoma priekškāpas un plašas dažāda materiāla pludmales (Lapinskis, 2009).

Esošie pētījuma rezultāti liecina, ka AEAR apjoms ir izteikti mainīgs gar krasta griezumā un ir atkarīgs no atbilstošā krasta iecirkņa sanešu bilances, kā arī no tā ģeoloģiskās uzbūves.

Lai būtu iespējams veikt litomorfodinamiski viendabīgu krasta iecirkņu identifikāciju un lielā datu apjoma sadrumstalotība to neapgrūtinātu, gan pludmales, gan eolā reljefa sanešu apjoma vērtības tika apvienotas piecās klasēs. Pludmales sanešu apjoma vērtības virs 45 m³/m tika nodalītas 5. – augstākajā klasē, vērtības zem 15 m³/m tika nodalītas 1. – zemākajā klasē. Pārējās, ievērojami biežāk sastopamās vērtības tika iedalītas trīs apjoma klasēs ar soli 10 m³/m (5. attēls).



5. attēls. Pludmales (A) un aktīvā eolā akumulācijas reljefa (B) sanešu apjoma klašu sastopamība Baltijas jūras Kurzemes piekrastē atbilstoši 2002. gada augusta un 2004. gada jūlija mērījumu vidējai aritmētiskajai vērtībai (autora dati un interpretācija).

Uz vertikālās ass atlikts kopējais krasta posmu procentuālais sadalījums no Lietuvas un Latvijas robežas līdz Kolkas ragam.

Datu analīze liecina, ka eolā reljefa apjoma vērtības, kas mazākas par $5 \text{ m}^3/\text{m}$, ir nodalāmas 1. – zemākajā klasē. Atlikušajos krasta posmos eolās akumulācijas intensitāte variē visai plašā diapazonā. Atbilstoši noteiktajam eolā reljefa sanešu apjoma vērtības virs $5 \text{ m}^3/\text{m}$ tika iedalītas četrās klasēs ar robežām 30, 60 un $90 \text{ m}^3/\text{m}$ (5. attēls).

Šāda pludmales un eolā reljefa tilpuma vērtību apvienošana piecās klasēs ļauj ērti nošķirt iecirkņus ar būtiskām atšķirībām sanešu bilancē, turklāt, izmantojot šādu izšķirtspēju, datus par pludmales un eolā reljefa apjomu dabā iespējams iegūt, arī izmantojot pusinstrumentālas metodes.

Iegūtās diagrammas (5. attēls) parāda, ka pludmales apjoma vērtību sadalījums garkrasta griezumā ir strauji augošs un pakāpeniski dilstošs, kamēr eolā reljefa vērtību sadalījums ir atšķirīgs – pārsvarā ir sastopami krasta posmi bez AEAR vai ar vāji attīstītu eolo akumulāciju. Rezultāti liecina, ka Baltijas jūras Kurzemes piekrastē visbiežāk sastopamas pludmales ar sanešu apjomu robežās no $15 \text{ m}^3/\text{m}$ līdz $25 \text{ m}^3/\text{m}$, tomēr dominante ir vāji izteikta (Lapinskis, 2009).

5. LITOMORFODINAMISKI VIENDABĪGU KRASTA IECIRKŅU KONCEPCIJA

Krasta sistēmu veido savstarpēji saistītu un pat savstarpēji atkarīgu vienību – dažāda līmeņa „litorālo šūnu” kombinācijas (Carter, Orford, 1993; Bray et al., 1995; Haslett, 2000). Primārās jeb makro mēroga šūnas var raksturot kā litomorfodinamiski relatīvi pašpietiekamas sistēmas, kuru robežās notiek sanešu materiāla pārvietošana un cirkulācija. Turklāt starp šīm „šūnām” pastāvošo mijiedarbības procesu mērogi ir ļoti atšķirīgi gan laikā, gan telpā (tabula). Tā kā krasta sistēmā notiek nepārtraukta virzība uz tādu stāvokli, kurā tā kļūtu pašpietiekama, atsevišķu tās elementu eksistence un attīstība ir tam pakārtota, respektīvi, pārejoša (Woodroffe, 2002). Tomēr ikvienā konkrētā laika vienībā var izšķirt stāvokļus, kuros iespējams definēt un noteikt starp elementiem un procesiem pastāvošās robežas (Peterson et al., 1990; Bray et al., 1995; Schwarzer et al., 2003). Tā, piemēram, krasta zemūdens nogāzē var izšķirt smilšu akumulācijas vālus un starpvālu iepaklas, noteikt zemūdens smilšu vāla virsotni – robežu, kas nodala tā frontālo daļu no distālās. Tāpat ir iespējams reģionāla mēroga krasta sistēmu iedalīt vairāku līmeņu mazāka mēroga apakšvienībās, kurās, piemēram, dominē sanešu akumulācija vai erozija. Pētījumos iegūtā informācija par morfofodinamisko iecirkņu telpisko izvietojumu un attīstību ļauj novērtēt tās ietekmes, kas saistītas ar antropogēnas izcelsmes traucējumiem – tādiem kā krasta aizsardzības pasākumi un ostas, kā arī tās ietekmes, kas saistītas ar mainīgiem sistēmu ietekmējošiem ārējiem faktoriem, piemēram, reģionālām un globālām klimata izmaiņām (Peterson et al., 1990; Motyka, Brampton, 1993; Morton et al., 2001).

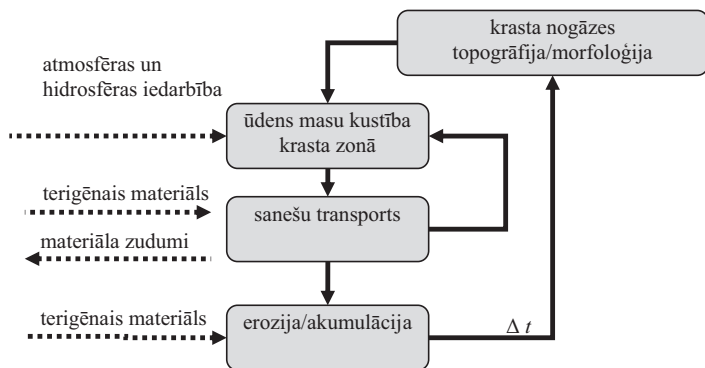
Krasta līnijai subparalēlo elementu telpiskās robežas

Krasta iecirkņu (šūnu) koncepcija līdz ar to noteikšanai nepieciešamo metodisko bāzi visai plaši tiek apskatīta jau aptuveni 30 gadus (Carter, 1988; Bray et al., 1995). Jau kopš jūras krasta pētījumu pirmssākumiem pētījumu objekta un tā atsevišķu elementu telpisko robežu un izplatības definēšana ir bijusi neviennozīmīga. Galvenokārt tas ir skaidrojams ar lielo dabas apstākļu daudzveidību Pasaules okeānu un jūru krastos, kā arī atšķirībām dažādu pētījumu mērķu uzstādījumos (Inman, Brush, 1973). Tomēr neatkarīgi no katras konkrētas krasta joslas telpiskās robežas noteikšanas kritērijiem pati šādu robežu eksistences koncepcija un piekrastes dalījums būtiskākajos krasta morfoloģiskajos elementos jau ir uzskatāms par vispārpieņemtu (Woodroffe, 2002). Kā raksturīgākos šādu robežu piemērus var minēt gan piekrastes izplatības robežas jūras un krasta virzienā, gan krasta līniju, gan pludmales un eolā reljefa robežu. Minētās robežas ir dinamiskas, tāpēc attiecībā pret sanešu materiāla pārvietošanu un

atbilstošu reljefa formu pārveidošanos un jaunveidošanos, šādas robežas precīzāk būtu dēvēt par barjerām, kas nosacīti savstarpēji norobežo dominējošos procesus un to veidotās reljefa formas vai to kopumus. Tās ir procesu robežas, un būtisks to novērtēšanas elements ir laiks.

Krasta sistēmā funkcionējošo procesu robežas

Neatkarīgi no krasta zonā pastāvošām strikti ģeogrāfiski nosakāmām tel-piskām robežām, ir iespējams izšķirt arī tā saucamās „procesu robežas”. Krasta sistēmā notiekošie procesi ir uzskatāmi par mijiedarbību starp ārējiem, sistēmu ietekmējošiem vides faktoriem un pašu sistēmu (6. attēls) (Wright, Thom, 1977).



6. attēls. Krasta sistēmas morfordinamiskā modeļa struktūra un darbība.

Punktētās bultas – ārējo vides faktoru ietekme, nepunktētās bultas – krasta sistēmas iekšienē notiekošās mijiedarbības, Δt – laiks.

Visu krasta sistēmā funkcionējošo tai nozīmīgo procesu norise ir nepārtraukta un tieši vai pastarpināti savstarpēji saistīta, tāpēc robežas starp tiem ir nosakāmas vien teorētiski (Wright, Thom, 1977; Carter, Woodroffe, 1994; Rijn, 1998: u.c.) un ārējo vides faktoru ietekmē notiek plašu atšķirīgu krasta tipu attīstība (Davies, 1984). Esošā pētījuma kontekstā ar ārējiem vides faktoriem tiek saprasti gan sistēmas evolūciju limitējošie, gan virzošie faktori. Tā, piemēram, ģeoloģiskie faktori (Zemes garozas vertikālās kustības, sākotnējā krasta ģeoloģiskā uzbūve u.c.) nosaka tādus krasta fizikālos parametrus kā nogāzes krituma leņķi, krasta reljefa elementu noturību pret viļņu iedarbību un krasta sistēmā esošo sanešu īpašības. Faktori, kas ir saistīti ar atmosfēras un hidrosfēras mijiedarbību, izraisa krasta nogāzes topogrāfijas un morfoloģijas izmaiņas, nodrošinot ar enerģiju procesu ciklu erozija–transports–akumulācija.

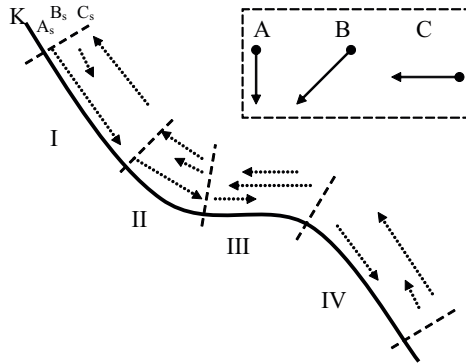
Litomorfordinamiski vienotu krasta posmu robežas (garkrasta sanešu transporta robežas)

Litomorfordinamiski vienotas krasta sistēmas robežas faktiski ir izmaiņas ārējās ietekmes faktoros, kas, savukārt, izmaina sanešu transporta intensitāti vai virzienu. Tā, piemēram, šajā nozīmē abas lielās Kurzemes ostas, kas pilnībā pārtrauc garkrasta sanešu apmaiņu, iedala Baltijas jūras krastu Kurzemē trīs savstarpēji litomorfordinamiski nošķirtos krasta posmos (rajonos). Respektīvi, šī robeža ir fizikāls šķērslis (barjera) ar konkrētu ietekmi un novietojumu krasta sistēmā, kas novietota subperpendikulāri krasta līnijai, šķērso visus aktīvās krasta nogāzes elementus vai to lielāko daļu un turpina eksistēt vairāk nekā 20 gadus (Bray, 1997).

Litomorfordinamiski viendabīgu krasta apakšposmu robežas

Pretēji iepriekš aprakstītajām absolūtajām robežām attiecībā uz garkrasta sanešu kustību, robežas starp zemas hierarhiskās pakāpes (Lapinskis, 2009) savstarpēji saistītiem krasta iecirkņiem ir īslaicīgas (pārejošas) – evolucionējot krasta sistēmai, tās relatīvi strauji migrē, izveidojas un izzūd, turklāt tās gandrīz nekad nav fiziski objekti. Tās šķir zemāko līmeņu vienības jeb savstarpēji saistītos un atkarīgos sistēmas elementus, piemēram, viena litomorfordinamiskā rajona ietvaros esošus iecirkņus, kuros dominē sanešu akumulācija vai erozija (Bray, 1992, 1997; Motyka, Brampton, 1993). Minēto zemas pakāpes robežu ietekme uz garkrasta sanešu pārvietošanos vairumā gadījumu ir samērā vāji izteikta (Carter, 1988; Bray et al, 1995), tāpēc tās ir definējamas kā krasta sistēmas evolūcijas produkts, kurš saskaņā ar litomorfordinamiskās nepārtrauktības koncepciju (Carter, Woodroffe, 1994) eksistē vienā laika un telpas mērogā ar tādām krasta sistēmā pastāvošām robežām kā ūdenslīnija, pludmales un priekškāpas robeža u.c., taču, atšķirībā no tām, ir vērsta krasta līnijai subperpendikulāri (7. attēls) (Mazzer et al., 2009).

Krasta litomorfordinamisko iecirkņu robežu noteikšanai dabā tiek pielietotas divas atšķirīgas pētniecisko metožu grupas. Pirmā pieeja galvenokārt balstās uz matemātisko modelēšanu un telpisko analīzi, izmantojot datus par hidrometeoroloģisko režīmu un batimetriju (Souza, 2007; Mazzer et al., 2009). Šādā ceļā iegūto rezultātu izšķirtspēja ir tieši atkarīga no izejas datu izšķirtspējas, tāpēc atrodas diapazonā starp 10^1 un 10^3 m.



7. attēls. Zemas hierarhiskās pakāpes krasta litomorfordinamisko iecirkņu robežas (autora shēma).

A, B un C rāmī – vēja virziena varianti; I – IV – krasta iecirkņi; K – krasta līnija (shematiski); A_s , B_s un C_s – sanešu garkrasta kustības virziens un relatīvā intensitāte (bultas garums).

Savukārt otras pieejas pamatā ir datu analīze par krasta nogāzes ģeomorfoloģiskajiem parametriem un krasta sistēmā esošo sanešu granulometriskajiem parametriem (Souza, 2007). Kvalitatīvu datu iegūvi parasti apgrūtina pētāmajai sistēmai raksturīgā straujā mainība – daļa nosakāmo robežu ir efemēras un migrējošas.

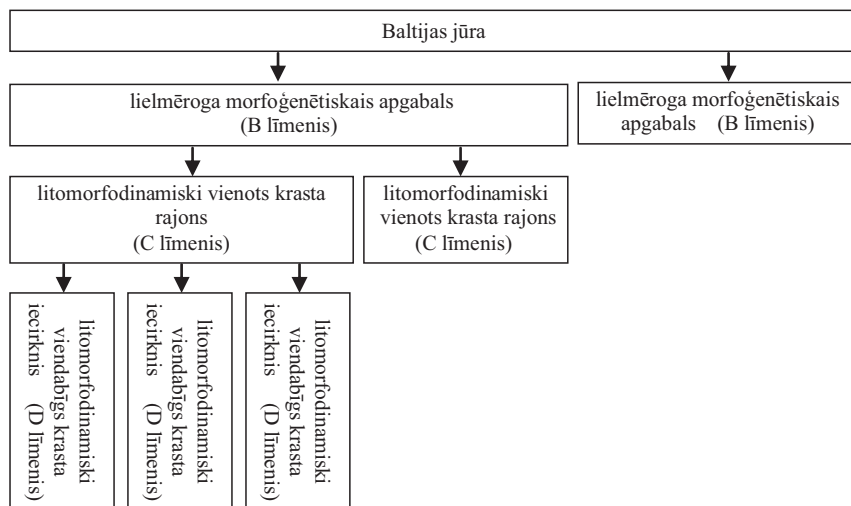
Rezultātā zemas hierarhiskās pakāpes krasta iecirkņu robežu noteikšana ir realizējama vien kādam konkrētam laika nogrieznim, kas Baltijas jūras Kurzemes piekrastes gadījumā, kur joprojām turpinās krasta līnijas izlīdzināšanās (Eberhards, 2003) un pastāv ievērojama antropogēnā slodze, sasniedz 1–10 gadus (Lapinskis, 2009). Dabā uz šo robežu atrašanās vietu norāda krasta morfoloģijas vai sanešu sastāva izmaiņas. Tā, piemēram, izmaiņas sanešu bilances garkrasta sadalījumā ietekmē eolās akumulācijas reljefu, pludmalē akumulēto sanešu apjomu, pludmali veidojošo sanešu sastāvu utt. (Wright, Short, 1984; Ulsts, 1998; Woodroffe, 2002).

Krasta sistēmas elementu hierarhija

Nepieciešamība izdalīt un definēt jaunus dabas kompleksus (litoģeomorfas sistēmas un apakšsistēmas) parasti parādās tad, kad ir uzkrāts noteikts empīrisku datu apjoms un tiek publicēts pietiekošs teorētisku darbu skaits. Šādā situācijā kļūst iespējams radīt vienotu koncepciju, kas balstās uz noteiktu priekšstatu kopumu.

Dažādu līmeņu krasta apakšsistēmu robežas var definēt arī kā izmaiņas sanešu transporta intensitātē un virzienā. Šīs robežas iespējams klasificēt atkarībā no to pastāvēšanas laikā un telpā (Bray, 1997; Mazzer et al., 2009) (8. attēls, tabula). Pēc sanešu caurlaidības spējas, robežas var nošķirt absolūtās un daļējās. Sekojot šai klasifikācijai, fiksētās absolūtās robežas nodala augstākā līmeņa sistēmas

(litomorfodinamiski vienotus rajonus), bet mainīgās daļējās robežas šķir zemāko līmeņu vienības jeb savstarpēji saistītos un atkarīgos sistēmas elementus, piemēram, viena litomorfodinamiskā rajona ietvaros esošus iecirkņus, kuros dominē sanešu akumulācija vai erozija (Bray, 1997; Motyka, Brampton, 1993).



8. attēls. Litomorfodinamiski viendabīgu krasta iecirkņu novietojums hierarhiskā stāvokļa struktūrshēmā (Lapinskis, 2009).

Ļoti būtiska loma Kurzemes rietumu krasta sistēmā ir ostu hidrotehniskajām būvēm. Liepājā un Ventspilī kuģu ceļu dziļums ir attiecīgi 11 un 18 metri, bet kuģu ceļā nonākušais sanešu materiāls tiek pārvietots uz jūras izgāztuvēm, kuras atrodas dziļāk par krasta zonas ārējo robežu (Ulsts, 1998; Eberhards, 2003). Šajā nozīmē abas lielās ostas ir absolūtās fiksētās robežas. Tās faktiski iedala Baltijas jūras krastu Kurzēmē trīs C līmeņa daļās, kuras nosacīti varētu dēvēt par Dienvidu, Centra un Ziemeļu krasta rajoniem.

Baltijas jūras Kurzemes krastā nav krāsas ģeoloģiskas daudzveidības, sanešu materiāla apmaiņa starp krasta nogāzes subaerālo un zemūdens daļu ir iespējama praktiski visā tā garumā, arī krasta līnija ir salīdzinoši taisna – tai nav izteiktu dabisku sanešu materiāla barjeru (Ulsts, 1998). Tāpēc pārejas starp morfodinamiskajiem iecirkņiem vairumā gadījumu nav nepārprotami konstatējamas tikai pēc kādas vienas krasta elementu morfoloģiskās vai nogulu sastāva pazīmes. G. Eberhards un B. Salupe (2002) norāda, ka krastu mūsdienu dinamiku var noteikt tikai pēc vairāku pazīmju kopuma: morfoloģijas, veģetācijas, priekškāpas un pludmales parametriem, ja dati par tiem savākti, veicot atkārtotu kartēšanu un stacionārus mērījumus (Eberhards, 2003, Eberhards et al., 2009).

Tabula. Jūras krasta hierarhisko vienību klasifikācija un to pazīmes (Lapinskis, 2009).

Hierarhijas līmenis	Krasta zonu raksturojošās pazīmes	Laika un telpas mērogs
A (Baltijas jūra)	<p>Krasta attīstību virzošie apstākļi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • paisuma un jūras straumju loma krasta attīstībā ir nebūtiska, • hidrometeoroloģiskos apstākļus galvenokārt nosaka Islandes minimuma un Sibīrijas maksimuma intensitātes svārstības. <p>Krasta attīstību limitējošie apstākļi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • biosfēras elementu loma krasta attīstībā ir nebūtiska, • vēsturiskie subaerālie apstākļi noteikuši, ka galvenais drupu materiāla avots ir ledāja nogulumi (notikušas atkārtotas baseina līmeņa svārstības, krastam attīstoties ledājeveidotā reljefā). 	<p>10³–10⁴ gadi un 10³–10⁴ km</p>
B (lielmēroga morfoģenētiskais krasta apgabals, piemēram, Baltijas jūras DA daļa)	<p>Krasta attīstību virzošie apstākļi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • jūras viļņu loma krasta attīstībā ir dominējoša, • valdošais vēja virziens ir DR, • vētru laikā vēja virziens parasti mainās secīgi no DR uz ZR rumbiem. <p>Krasta attīstību limitējošie apstākļi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • neotektonisko zemes garozas kustību ātrums ir zem 2 mm/gadā un to ietekmes nozīmīgums uz mūsdienu krasta attīstību pagaidām nav viennozīmīgi pierādāms; • krasta nogāzē dominē nesaistīti vai vāji saistīti smalkgraudainie terigēnie nogulumi. <p>Morfoģenētiskās pazīmes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • krasta attīstības gaitā Pēclitorīnas posmā ir notikusi erozijas-akumulācijas izlīdzināšanās, • antropogēno faktoru (galvenokārt lielo ostu hidrotehnisko būvju) ietekmē ir notikusi sākotnēji vienotu litomorfordinamisku krasta sistēmu fragmentācija. 	<p>10³–10⁴ gadi un 10²–10³ km</p>
C (Litomorfordinamiski vienots krasta rajons, piemēram, Liepāja–Ventspils)	<p>Litomorfordinamiski vienota krasta sistēma, kuras robežās krasta fizikālajiem procesiem raksturīgās mijiedarbības notiek saistīti un zināmā mērā pašpietiekami. To norobežo fizikālas barjeras, kas no materiāla apmaiņas viedokļa uzskatāmas par nepārvaramām (absolūtām) vai tuvu tām.</p>	<p>10²–10³ gadi un 10¹–10³ km</p>
D (litomorfordinamiski viendabīgs krasta iecirknis, piemēram, Akmeņraga virsotne)	<p>Krastam paralēlajā dimensijā savstarpēji saistītas krasta sistēmas vienības, kuras norobežo pārejas zonas, kuru parametri nav konstanti.</p> <p>Krasta iecirkņus savā starpā atšķir rinda pazīmju, kuras iedalāmas četrās grupās:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hidrodinamiskās, • evolucionārās, • morfometriski-sedimentoloģiskās, • antropogēnās. 	<p>1–20 gadi un 1–10 km</p>

Iepriekš minētais norāda, ka, ņemot vērā krasta litomorfodinamiskajā sistēmā (C līmenī) pastāvošo nepārtrauktību, tam pakļauto iecirkņu (D līmeņa vienību) identifikācija ir veicama, izmantojot netieši nosakāmas garkrasta sanešu kustības parametru izmaiņas, kas realizējas krasta nogāzes subaerālās daļas elementu morfometrisko parametru un nogulumu sastāva izmaiņās.

6. RAKSTURĪGIE KRASTA NOGĀZES SUBAERĀLĀS DAĻAS ŠĶĒRSPROFILU TIPI

Datu grafiskās un vizuālās apstrādes rezultātā ir iespējams novērtēt ģenerālizētu pludmales un eolā reljefa sanešu daudzuma raksturīgo vērtību atbilstību attiecīgā krasta iecirkņa dinamiskās attīstības tipam. Turklāt ir novērojamas uzskatāmas vērtību atšķirības litomorfodinamiski dažādos krasta iecirkņos ar izteiktu raksturīgo lielumu katram no krasta iecirkņu tipiem, respektīvi, pludmales un AEAR nogulu apjoma atkarība no apstākļiem krasta iecirknī ir ar nozīmīgu atkarību. Tas nozīmē, ka raksturīgo skaitlisko vērtību atšķirības ir izmantojamas par pazīmi atšķirīgu krasta iecirkņu identifikācijai un grupēšanai.

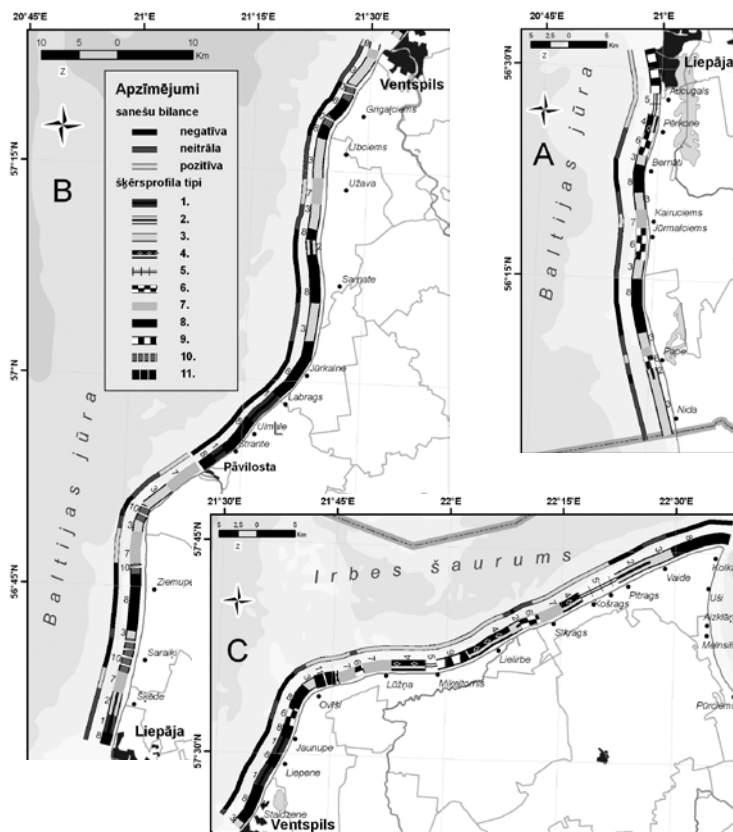
Sagrupējot pētījumā analizētos krasta profilus pēc pludmales un AEAR apjoma attiecības, tika nodalīti 11 raksturīgie to tipi:

- 1. tipa krasta iecirknis ar 1. klases ($<15 \text{ m}^3/\text{m}$) pludmali un 1. klases ($<5 \text{ m}^3/\text{m}$) AEAR (negatīva sanešu bilance);
- 2. tipa krasta iecirknis ar 2. klases ($15\text{--}25 \text{ m}^3/\text{m}$) pludmali un 2. klases ($5\text{--}30 \text{ m}^3/\text{m}$) AEAR (negatīva sanešu bilance);
- 3. tipa krasta iecirknis ar 3. klases ($25\text{--}35 \text{ m}^3/\text{m}$) pludmali un 2. klases ($5\text{--}30 \text{ m}^3/\text{m}$) AEAR (neitrāla sanešu bilance);
- 4. tipa krasta iecirknis ar 4. klases ($35\text{--}45 \text{ m}^3/\text{m}$) pludmali un 4. klases ($60\text{--}90 \text{ m}^3/\text{m}$) AEAR (pozitīva sanešu bilance);
- 5. tipa krasta iecirknis ar 4. klases ($35\text{--}45 \text{ m}^3/\text{m}$) pludmali un 5. klases ($>90 \text{ m}^3/\text{m}$) AEAR (pozitīva sanešu bilance);
- 6. tipa krasta iecirknis ar 3. klases pludmali un 3. klases ($30\text{--}60 \text{ m}^3/\text{m}$) AEAR (neitrāla sanešu bilance);
- 7. tipa krasta iecirknis ar 4. klases ($35\text{--}45 \text{ m}^3/\text{m}$) pludmali un 3. klases ($30\text{--}60 \text{ m}^3/\text{m}$) AEAR (pozitīva sanešu bilance);
- 8. tipa krasta iecirknis ar 2. klases ($15\text{--}25 \text{ m}^3/\text{m}$) pludmali un 1. klases ($<5 \text{ m}^3/\text{m}$) AEAR (negatīva sanešu bilance);
- 9. tipa krasta iecirknis ar 5. klases ($>45 \text{ m}^3/\text{m}$) pludmali un 5. klases ($>90 \text{ m}^3/\text{m}$) AEAR (pozitīva sanešu bilance);
- 10. tipa krasta iecirknis ar 3. klases ($25\text{--}35 \text{ m}^3/\text{m}$) pludmali un 1. klases ($<5 \text{ m}^3/\text{m}$) AEAR (negatīva sanešu bilance);
- 11. tipa krasta iecirknis ar 5. klases ($>45 \text{ m}^3/\text{m}$) pludmali un 2. klases ($5\text{--}30 \text{ m}^3/\text{m}$) AEAR (pozitīva sanešu bilance).

Raksturīgie krasta nogāzes subaerālās daļas šķērsprofilu tipi norāda uz atšķirīgiem krasta iecirkņiem pēc litomorfodinamiskajiem apstākļiem. Jāpiezīmē, ka 3., 7. un 8. tipa iecirkņi ir sastopami ievērojami biežāk nekā pārējie, tāpēc tos var uzskatīt par pamattipiem.

Veiktā pētījuma rezultātā sagatavotā karte (9. attēls) ilustrē krasta iecirkņu un raksturīgu krasta nogāzes virsūdens daļas šķēršprofilu izvietojumu. Kartogrāfiskais atspoguļojums un rezultātu analīze norāda, ka krasta tipu sadalījumā ir vērojamas noteiktas tendences – tā ir saistība ar konkrētiem krasta rajoniem. Grupējot izdalītos krasta iecirkņus pēc tajos pastāvošajiem dinamiskajiem apstākļiem, iegūti šādi rezultāti:

- negatīva sanešu bilance (1., 2., 8. un 10. profila tips) izplatīta 108,5 km kopgarumā;
- neitrāla sanešu bilance (3. un 6. profila tips) izplatīta 59,5 km kopgarumā;
- pozitīva sanešu bilance (4., 5., 7., 9. un 11. profila tips) izplatīta 69,5 km kopgarumā.



9. attēls. Krasta posmi ar raksturīgajiem krasta nogāzes virsūdens daļas šķēršprofilu tipiem un sanešu bilanci Baltijas jūras Kurzemes piekrastē (autora dati un interpretācija).

A – Dienvidu krasta rajons, B – Centra krasta rajons, C – Ziemeļu krasta rajons
Kartogrāfiskais pamats: GIS Latvija (SIA „Envirotech”).

Dominējošie krasta šķērsprofila tipi (8., 3. un 7.) ir sastopami visos Baltijas jūras Kurzemes piekrastes krasta rajonos, tomēr Centra krasta rajonā tie ir īpaši raksturīgi (9. attēls). Citu krasta tipu sadalījumā noteiktas tendences nav konstatējamas, un kopumā jāatzīmē, ka to sadalījums ir samērā vienmērīgs. Tas nozīmē, ka krasta šķērsprofila tipu sadalījums pa rajoniem un to kopgarums ir ērti izmantojams kā parametrs gan dabiski, gan antropogēni izraisītu noviržu fiksēšanai un pētīšanai.

Līdz ar nodalītajiem 11 raksturīgajiem krasta nogāzes šķērsprofila tiptiem, kas pārstāv vairāk par 97% no pētītā krasta kopgaruma, tika konstatēti tādi profili, kas tajos neiekļaujas. Tie ir sastopami ļoti reti, un parasti tos pārstāvošo krasta posmu garums ir mazāks par pētījuma izšķirtspējai atbilstošo (0,5 km). Tie ir saistīti ar krasta posmiem, kur piemēram,

- ierīkotas krasta aizsargkonstrukcijas,
- atrodas vecu būvju drupas (Liepājas Forti, Papes kanāla moli),
- ostu ziemeļu molu ciešā tuvumā ir izveidojušies specifiski apstākļi,
- atrodas mazo upju grīvas (Užava, Irbe, Mazirbe, Muižupīte u.c.).

Krasta iecirkņi, kuru nogāzes subaerālās daļas attīstību nosaka augstāk minētie specifiskie apstākļi, ir detalizējami un pētāmi atsevišķi, izmantojot atšķirīgas metodes ar citu detalizācijas pakāpi.

SECINĀJUMI

Jūras krasta Latvijā rajonēšanas un klasifikācijas iepriekšēji izstrādātajām shēmām nepiemīt strikti noteikta hierarhiska struktūra jo tajās gan augsta līmeņa krasta rajonu, gan zemāka līmeņa krata iecirkņu raksturošanā tiek izmantota pieeja, kas sevī ietver gan morfoģenētiskus, gan morfodinamiskus, gan citus elementus, tāpēc šo shēmu pielietojamības iespējas ir neatbilstošas mūsdienu prasībām un var radīt pārpratumus. Turklāt morfoģenētiskās pieejas izmantošanu krastu rajonēšanā Latvijas apstākļos apgrūtina to relatīvā viendabība, daudzviet sastopamā neatbilstība starp vēsturisko un mūsdienu krasta procesu virzienu un ievērojamā krasta sistēmā pastāvošā antropogēnā slodze (lielās ostas).

Baltijas jūras Kurzemes piekrastē jau kopš 1992. gada G. Eberharda vadībā tiek ģeoloģisko procesu monitorings. Autora izveidotajā un aktualizētajā datu bāzē ir uzkrāts ļoti ievērojams datu apjoms, kas pietiekami reprezentatīvi raksturo krasta nogāzes subaerālās daļas morfometrijas un sanešu bilances dinamiku. Dotā pētījuma ietvaros ir pilnveidota monitoringā izmantotā lauka pētījumu metode, paaugstinot monitoringa tīkla blīvumu un uzlabojot tā reprezentativitāti.

Dotā pētījuma rezultāti liecina, ka jūras krasta zona ir sistēma, kas sastāv no atsevišķām daļām, starp kurām pastāv noteikta hierarhija un kurām ir raksturīgs noteikts telpiskais un laika mērogs. Augstāka līmeņa sastāvdaļas ietver zemākās, kurām atbilstoši ir mazāks gan telpas, gan laika mērogs. Telpas un laika attiecības ir tās, kas raksturo krasta zonas kā sistēmas stabilitāti. Hidroloģisko parametru, materiāla transporta un reljefa formu savstarpējā mijiedarbība, kā arī mijiedarbība ar antroposfēru raksturo krasta litomorfodinamiku.

Minēto apstākļu mijiedarbība nosaka ievērojamo krasta nogāzes virsūdens daļas elementu daudzveidību Baltijas jūras Kurzemes piekrastē. Šī mijiedarbība ir atšķirīga konkrētos krasta posmos, turklāt pētījuma rezultāti norāda uz ļoti būtisko ostu hidrotehnisko būvju lomu Kurzemes rietumu krasta sistēmā. Veiktā pētījuma rezultātu analīze ļauj secināt, ka apbus Liepājas un Ventpils ostām sanešu materiāla bilance garkrasta griezumā norāda uz pētījumu teritorijas dalījumu trijos rajonos (C līmeņa daļās (8. attēls)), kurus nosacīti varētu dēvēt par Dienvidu, Centra un Ziemeļu krasta rajoniem). Tos norobežo fizikālas barjeras, kas no sanešu materiāla apmaiņas viedokļa uzskatāmas par nepārvarāmām (absolūtām) vai tuvu tām. Šie rajoni pēc būtības ir litomorfodinamiski vienotas krasta sistēmas, kuru robežās krasta fizikālajiem procesiem raksturīgās mijiedarbības notiek saistīti un zināmā mērā pašpietiekami.

Vājāk vai stiprāk izteiktas morfoloģiskas un sanešu sastāva garkrasta pārejas, kas konstatētas dotā pētījuma ietvaros, norāda uz atsevišķu zemākā līmeņa krasta iecirkņu robežām. Tajos gadījumos, kad nepastāv fizikālas barjeras, dažādos iecirkņos dominējošie atšķirīgie morfodinamiskie procesi rada katram iecirknim raksturīgos un dotajā pētījumā izdalītos krasta sistēmas elementus.

Baltijas jūras Kurzemes krastā nav krāsas ģeoloģiskas daudzveidības, sanešu materiāla apmaiņa starp krasta nogāzes subaerālo un zemūdens daļu ir iespējama praktiski visā tā garumā, arī krasta līnija ir salīdzinoši taisna – tai nav izteiktu dabisku sanešu materiāla barjeru. Kā liecina promocijas darba rezultāti – pārejas starp morfodinamiski viendabīgajiem krasta iecirkņiem vairumā gadījumu nav nepārprotami konstatējamas tikai pēc kādas vienas krasta elementu morfoloģiskās vai nogulu sastāva pazīmes. Par to liecina pētītā krasta nogāzes virsūdens daļas elementus veidojošo sanešu apjoma ievērojamā mainība novērojumu periodā.

Izmantojot dotajā pētījumā iegūtos datus par sanešu apjoma dinamiku Baltijas jūras Kurzemes piekrastē, noskaidrots, ka ir izdalāmi vienpadsmit raksturīgie krasta nogāzes virsūdens daļas šķērsprofila tipi. Tos atšķir noteiktā krasta nogāzes daļā uzkrāto sanešu apjoms. Krasta tipu sadalījumā ir vērojamas noteiktas tendences – tā ir saistība ar konkrētiem krasta rajoniem. Grupējot izdalītos krasta iecirkņus pēc tajos pastāvošajiem dinamiskajiem apstākļiem, iegūti šādi rezultāti: negatīva sanešu bilance ir izplatīta 108,5 km kopgarumā, neitrāla sanešu bilance – 59,5 km kopgarumā un pozitīva sanešu bilance – 69,5 km kopgarumā. Atzīmējams, ka šie rezultāti ir salīdzināmi ar V. Ulsta (1998) iedalījumu, kur abrāzijas un izskalošanas krasta posmi (ieskaitot apirimstošos un aprimušos) ir izplatīti 103,5 km, dinamiskā līdzsvara – 105,0 km un akumulatīvie – 32,5 km. Autors uzskata, ka ievērojamā atšķirība dinamiskā līdzsvara un akumulatīvo krastu kopgarumā (attiecīgi 44% un 53%) veidojusies galvenokārt dēļ citas metodiskās pieejas un citas kritēriju izvēles. Savukārt par 5% lielākais erozijai pakļauto krasta posmu kopgarums ir izskaidrojams ar pastiprināto vētrainību novērojumu periodā.

Šāds pētījums, kurā veikta sanešu bilances analīze visai Baltijas jūras Kurzemes piekrastei laika posmam no 1992. gada un kurā izdalīti krasta nogāzes subaerālās daļas raksturīgie šķērsprofila tipi, ir noticis pirmo reizi. Iegūtajiem rezultātiem piemīt arī lietišķs aspekts – tos iespējams izmantot piekrastes teritoriju attīstības plānošanā un ar rekreāciju saistītu jautājumu risināšanā.

Turpmāki pētījumi promocijas darba tēmā ļautu uzlabot teritoriju plānošanai adresētu krasta attīstības prognožu precizitāti un zinātnisko kvalitāti.

CURRICULUM VITAE (CV)

Vispārīgas ziņas	Vārds, uzvārds: Jānis Lapinskis Adrese: Ogres novads, Madlienas pagasts, „Liepkalni”, LV-5045 E-pasts: janisl@lanet.lv
Izglītība	1999.–2002. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, ģeoloģijas doktorantūra 1997.–1999. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, dabas zinātņu maģistrs vides zinātnē 1993.–1997. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, vides zinātņu bakalaurs
Valodas	Latviešu valoda: dzimtā Angļu valoda: 4 (5 ballu sistēmā) Krievu valoda: 5 (5 ballu sistēmā)
Darba pieredze	kopš 2002.10. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, zinātniskais asistents – lektors 1998.04.–2000.12. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, datu bāzes inženieris Jūras krastu laboratorijā 2006.10.–2009.12. Valsts pētījumu programma KALME „Klimata maiņas ietekme uz Latvijas ūdeņu vidi”, zinātniskais asistents DP4 (darbs amatu savienošanas kārtībā) 2006.07.–2007.11. Īgumdarbs projekta „Ūdenssaimniecības attīstība Liepājā, 2. kārtā” ietvaros, SIA „HT-konsaltings” pētnieks (krasta aizsardzība pret eroziju) (darbs amatu savienošanas kārtībā) 1997.–2008. Īgumdarbi zinātnisko projektu ietvaros LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē un LU Bioloģijas fakultātē (darbs amatu savienošanas kārtībā)
Zinātniskā darbība un publikācijas	Zinātniskās pētniecības virzieni: ģeomorfoloģija un kvartārģeoloģija, krasta ģeoloģiskie procesi, nogāžu procesi Zinātniskās publikācijas: 4 Citas publikācijas: 1 (karšu atlants) Konferenču tēzes: 20 Dalība konferencēs: 14
Pedagoģiskā darbība	LU ĢZZF Vides ģeoloģija; docētie studiju Lauku kurss reģionālajā vides zinātnē; kursi: Mūsdienu eksodinamiskie procesi; Luku kurss hidroloģijā; Baltijas jūras vides aptākļi un aizsardzība Vadītie studentu sekmīgi aizstāvēti 20 bakalaura darbi un 22 studiju darbi.

PATEICĪBAS

Promocijas darba izstrādāšanu veicināja ESF projekta „Doktorantu un jauno zinātnieku pētniecības atbalsts Latvijas Universitātē” atbalsts (2004–2005).

Promocijas darba izstrādāšanas laikā tā autors kā zinātniskais asistents laika posmā no 2006. līdz 2009. gadam bija iesaistīts Valsts pētījumu programmā „Klimata maiņas ietekme uz Latvijas ūdeņu vidi”, kuras ietvaros darbojās Jūras krasta procesu izmaiņām veltītā darba paketē. Daļa iegūto rezultātu ir atspoguļoti promocijas darbā.

Autors vēlas pateikties darba zinātniskajam vadītājam prof. *Dr. geogr.* Valdim Segliņam par veltīto laiku, vērtīgajiem padomiem, nesaudzīgo un konstruktīvo kritiku un komentāriem disertācijas tapšanas gaitā, kā arī sākotnējam promocijas darba vadītājam emerit. prof. *Dr. habil. geogr.* Guntim Eberhardam par atbalstu, iedvesmu un radošu domu veicinošām diskusijām. Paldies Gintam Robaltam, Lailai Bojārei, Ingusam Purgalim, Mārtiņam Gravam, Armandam Bernaus un daudziem citiem studentiem un kolēģiem no LU ĢZZF par palīdzību lauka un laboratorijas pētījumos.

Izsaku pateicību Jānim Dzelzītīm, kas sniedza praktisku atbalstu un padomus kartogrāfiskā materiāla tapšanā.

DISERTATIONES GEOLOGICAE UNIVERSITAS LATVIENSIS
No. 17



Jānis Lapinskis

DYNAMICS OF THE KURZEME COAST OF THE BALTIC PROPER

Summary of the Doctoral Thesis

IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF GEOLOGY
IN THE SUBDISCIPLINE OF QUATERNARY GEOLOGY AND
GEOMORPHOLOGY

Rīga, 2010

The doctoral thesis was carried out at the Faculty of Geography and Earth Sciences of the University of Latvia for the period from 1999 to 2010

Supervisor:

Valdis Segliņš, Professor, *Dr. geol.* (University of Latvia)

Reviewers:

Laimdota Kalniņa, Associate Professor, *Dr. geol.* (University of Latvia)

Ojārs Āboltiņš, Professor Emeritus, *Dr. habil. geol.* (University of Latvia)

Oļģerts Nikodemus, Professor, *Dr. geogr.* (University of Latvia)

Doctoral Committee:

Vitālijs Zelčs, Professor, *Dr. geol.* – chairman

Ervīns Lukševičs, Associate Professor, *Dr. geol.* – deputy chairman

Valdis Segliņš, Professor, *Dr. geol.*

Laimdota Kalniņa, Associate Professor, *Dr. Geol*

Ivars Zupiņš, *Dr. geol.*

Aija Dēliņa, *Dr. geol.*

Secretary:

Ģirts Stinkulis, Associate Professor, *Dr. geol.*

The thesis was accepted for the commencement of the degree of Doctor of Geology (in Quaternary Geology and Geomorphology) by Decision No. 06/2010 at the meeting of the University of Latvia Doctoral Committee of Geology on July 7, 2010.

The thesis will be defended at a public session of the University of Latvia Doctoral Committee of Geology at 12:00 on November 26, 2010, at Alberta Street 10, room 212.

The thesis is available at the Central Library of the University of Latvia, Kalpaka Blvd. 4, Rīga, and the Academic Library of Latvia, Lielvārdes Street 4, Rīga.

The publication of this summary of doctoral thesis was funded by the University of Latvia.

Address for submitting comments:

Dr. geol. Ģirts Stinkulis, Faculty of Geography and Earth Sciences, University of Latvia, Raiņa bulvāris 19, LV-1586, Rīga. Fax: +371 733 2704, e-mail: Girts.Stinkulis@lu.lv

© Jānis Lapinskis, 2010

© University of Latvia, 2010

ISBN 978-9984-45-263-0

CONTENTS

Introduction.....	34
Relevance of this study.....	34
Aim and objectives of the study	35
Scientific novelty of the study.....	36
Approbation and implementation of the study results.....	36
1. Research of processes on the Latvian coast of the Baltic Sea.....	37
2. Coastal zoning problems.....	38
The Baltic Sea coastal classification and zoning examples in Latvia.....	38
3. Materials and methods.....	40
Data of monitoring the coastal geological processes in Latvia.....	40
Data processing and analysis.....	41
4. Morphometry of the subaerial part of coastal slope on the Kurzeme seacoast.....	43
5. Conception of lithomorphodynamically homogenous coastal districts.....	47
Spatial boundaries of elements subparallel to the coastline.....	47
Boundaries of processes functioning in the coastal system	48
Boundaries of lithomorphodynamically uniform coastal zones (alongshore sediment transport boundaries).....	49
Subsection boundaries of lithomorphodynamically homogenous coast.....	49
Hierarchy of coastal system elements.....	51
6. Characteristic cross-section types of the subaerial part of coastal slope.....	54
Conclusions.....	57
Acknowledgements.....	59
List of publications.....	60
Curriculum Vitae (CV).....	62
References.....	63

INTRODUCTION

Relevance of this study

Coastal area of the sea is a place where the interaction among the atmosphere, lithosphere, hydrosphere and, in separate cases, also the biosphere and anthroposphere, is very intense (Zaromskis, 1997; Pilkey et al., 1993; Finkl, 2004). Coasts are very diverse in terms of both plan view and cross-section, and the wide range of varieties and fragmentation make the investigation of regularities in this environment a formidable task. To achieve a better understanding of these varieties, first of all it is necessary to classify them and combine into groups, using specific and generalized characteristics of the coastal area.

Coasts are affected by a group of factors that are either propelling or delimiting their development; therefore, researchers from different countries – using methodological approaches adjusted to the research specification and location – for the most part include in their studies quite a limited number of different geographical sites and usually emphasize a specific research objective. As a result of these studies, a great number and variety of types of coastal classifications have been developed and applied worldwide (Rijn, 1998; Haslett, 2000; Woodroffe, 2002; Fairbridge, 2004; Benedet et al., 2004). For all that, since the end of the 19th century, only two main approaches – modified and tailored to the specific objectives – have been used widely: genetic (Zenkowitch, 1967; Rijn, 1998) and descriptive (Davies, 1984).

Historically in Latvia, in publications dealing with coastal geological processes, the morphogenetic coastal classification schemas developed by the leading researchers of the former USSR have customarily been used. In 1959, A. Yonin, P. Kaplin and V. Medvedyev (Yonin et al., 1959) developed such a system of morphogenetic coastal classification on the basis of the ideas of an American researcher D. Jonson (Jonson, 1919). This system was approbated corresponding to the conditions of the Baltic Sea in the publication summarizing the studies of V. Gudelis in 1967 (Gudelis, 1967). According to V. Gudelis, the western coasts of Kurzeme are quite uniform and belong to the straightening abrasion-accumulation coasts.

The detailed and systematic research done over the last decades in the sub-aerial part of the Latvian sea coast (Eberhards, Saltupe, 1995; Lapinskis, 2005; Eberhards, 2003; Eberhards et al., 2006; Torklere, 2008; Lapinskis, 2009) enlarges remarkably the opportunities to reconsider the previous approach, making possible the formation of a qualitatively new system of coastal classification.

Aim and objectives of the study

The aim set forth for the present study was to assess and characterize the subaerial part of the Kurzeme coastline of the Baltic seacoast on the basis of the results of instrumental and semi-instrumental research carried out over the last 18 years, emphasizing the causation of the seashore and active aeolian morphostructure morphological parameter changes in the context of coastal zoning.

In line with the overarching aim of the study, specific objectives for its achievement have been divided into the following consecutive stages:

- Summary and analysis of studies on the classification and zoning of seacoast, paying special attention to their aims and methodology;
- Summarization and analysis of the published literature and unpublished data on the coastal processes in Latvia, paying special attention to possible contradictions therein;
- Development of field and laboratory research content and choice of research methods;
- Field research in the subaerial part of coastal slope, focusing on morphometry and sediment distribution, using instrumental and semi-instrumental methods;
- Processing of information obtained during the study; analysis of the spatial and temporal changes in the coastal morphostructure and interpretation of results;
- Investigation into the spatial distribution regularities of lithomorphodynamically homogenous coastal sections of the Kurzeme coastline of the Baltic Sea; drawing of conclusions.

Based on the analysis of results obtained during the study, the following theses have been set forth:

- Previous research schemas for seacoast zoning in Latvia have not been elaborated in sufficient detail, and their applicability does not meet contemporary requirements;
- The use of morphogenetic approaches for coastal zoning in the conditions of Latvia is difficult due to the relative homogeneity of coasts and the considerable anthropogenic load on the coastal system;
- Data collected in the monitoring system of coastal geological processes can be used in coastal zoning;
- External hydrotechnical structures of the ports of Liepaja and Ventspils significantly affect the exchange of sediment on the Baltic seacoast of Kurzeme;
- It is possible to separate the lower level costal units for zoning needs using evolutionary and lithomorphological coastal features;
- It is possible to mark out the characteristic cross-section types of the coastal slope subaerial part corresponding to the situation at the Baltic Sea coast of Kurzeme.

Scientific novelty of the study

- An original lithomorphodynamic research of the Latvian seacoasts has been carried out, paying the main attention to the interconnections between the balance of coastal system sediments and the morphometry of coastal relief forms viewed in a spatial and chronological way in the coastal subaerial zone;
- Accuracy of data collected in the monitoring system of coastal geological processes and its suitability for determination of lithomorphodynamically homogenous coastal sections have been evaluated;
- For the first time, summary and analysis of the results collected over 18 years of field research on 110 stationary leveling profile lines and 650 stationary bluff erosion measurement lines, as well as 40 separate leveling profiles installed during the research period and repeated semi-instrumental inspections of the coastal area in the length of 244 km from the border of Lithuania and Latvia to Cape Kolka (except the sections between the port jetties) have been carried out.
- For the first time, a classification of the beach and active aeolian relief has been made, enabling to distinguish 11 characteristic cross-section types of the subaerial part of coastal slope and to construct a cartographic scheme of morphodynamically homogenous coastal sections with a horizontal resolution of 0.5 km in the alongshore direction .

Approbation and implementation of the study results

Based on the findings, four scientific publications and 20 conference presentations have been prepared. Reports about different parts of the study have been given in three international conferences and thirteen local conferences in Latvia. In collaboration with *Dr. habil. geogr.* Guntis Eberhards, the map atlas *Processes on the Latvian Coast of the Baltic Sea* – summarizing the research results of previous authors – has been prepared and published in 2008.

1. RESEARCH OF PROCESSES ON THE LATVIAN COAST OF THE BALTIC SEA

The engineers who worked on the reconstruction and construction of the major ports of Kurzeme at the end of the 19th century were the first researchers of the coastal area in the territory of Latvia in its dynamic aspects. Investigations of the processes taking place on the Latvian seacoast that have been carried out after the Second World War can be distinguished by the methods used and ways how these methods were combined:

- 1) Historical and cartographical methods;
- 2) Theoretical methods;
- 3) Remote sensing methods;
- 4) Methods of stationary explorations;
- 5) Experimental methods;
- 6) Mathematical modeling;
- 7) Analysis of the mechanical composition of sediments;
- 8) Lithomorphological methods.

Viktors Ulsts, Eduards Grinbergs and Rūdolfis Knaps in the middle of the 20th century were the first geologists who focused their research on the processes on the seacoast, the movement of sediment and detailed analysis of the newest forms of coastal relief.

V. Ulsts addressed a very wide range of issues relating to the coastal processes. He analyzed the regularities of the development of coastal relief forms and the aeolian and lithological peculiarities of the coastal system (Ul'st, 1965) and studied the presence of heavy minerals in beach sediments (Ul'st, 1964) and the problems of coastal protection (Ulsts, 1961). Ulsts's monograph *Latvian Coastal Zone of the Baltic Sea* is one of the most extensive and detailed summarizing works in the respective field. Ulsts has published a very detailed schema of the morphodynamic-historical zoning of the area along the Baltic seacoast (Ulsts, 1998).

Guntis Eberhards and Baiba Saltupe initiated the monitoring of coastal geological processes on the Gulf of Riga coast in 1987 and on the west coast of Kurzeme in 1992. This monitoring is still going on. G. Eberhards studied the Litorina Sea lagoon neck formation peculiarities, the morphology and genesis of coastal aeolian morphostructures, and the problems of coastal erosion in particular (Saltupe, Eberhards, 1990; Eberhards, 2000; Eberhards, Saltupe, 1993, 1995b; Eberhards et al., 2004). His monograph *The Seacoast of Latvia* published in 2003 is the most extensive summarizing research work, containing a large amount of information that has not been published anywhere else (Eberhards, 2003).

2. COASTAL ZONING PROBLEMS

Any attempt to classify or systematize any aggregate of natural objects or phenomena is generally justified by the need to better understand them and, consequently, know what to do, and usually specific and general measurements are used in such classifications (Zenkowitch, 1962). In the case of sea coasts, the classification helps to understand the factors which control the morphology of the coasts. The morphology of the coastal area reflects the influence of tectonic “base” in combination with the influence of regional and local processes (Galon, 1960; Zenkowitch, 1962; Bird, 1984; Swift, Thorne, 1991; Boyd et al., 1992; Finkl, 2004).

The coastal area of Kurzeme along the Baltic Sea belongs to the coastal group dominated by waves and wave-induced currents also known as the tallasogenic coastal group. In accordance with widely used, descriptive, generalized coastal classification schemes, only the so-called sand coasts are characteristic of Latvia. In the active zone of these coasts, the “lenticulars” of morphodynamically active sand and gravel sediments are formed. Moreover, these sediment formations are in the process of intensive and continuous reshaping. The following four main factors determine belonging to a particular subtype of tallasogenic coasts (Davies, 1984; Swift, Thorne, 1991; Fairbridge, 2004; Finkl, 2004):

1. Coastal underwater slope gradient;
2. Hydrometeorological parameters of the area;
3. Conditions forming the sediment balance;
4. Long-term water level changes.

The Baltic Sea coastal classification and zoning examples in Latvia

In 1982, during the complex exploration of the west coast of Kurzeme under the guidance of E. Bulgakova, a classification schema was developed in which five coastal types and three subtypes were distinguished on the basis of morphological and lithological differences and the peculiarities of today’s processes (Bulgakova, 1982).

Coastal zoning was also performed within the framework Bulgakova’s research, separating four first-degree coastal subsystems with the boundaries in Liepaja, Paviļosta and Ventspils. The justification for defining these subsystems is not indicated, whereas the interchange of coastal dynamic types is explained by the eastern Baltic sediment flow saturation degree variations related to the coastal line orientation changes and the obstacles created by the hydrotechnical structures of seaports. Each subsystem is further divided into districts, indicating what kinds of dynamic circumstances are dominant there. The district

boundaries are not specified, and the criteria of classification are touched upon rather superficially.

V. Ulsts, in the classification and zoning scheme published in his monograph *Latvian Coastal Zone of the Baltic Sea* (1998), defines coastal types by means of several criteria, such as the principle of coastal historical succession, specific features of coastal geological formations, their age as well as the peculiarities of today's processes. Ulsts proposes four coastal types with seven subtypes. Such a system of classification is quite simple, at the same time supposedly comprising all possible types of coasts found in Latvia. However, this scheme has several essential deficiencies, which are inevitable when an aggregate of complicated natural processes is schematized in an attempt to combine the morphodynamic and morphogenetic principles of classification:

- The type of “washing-out coasts” is marked out separately even if these coasts are morphodynamically identical with the “regular” coasts predominated by coastal erosion, as there is a continued deficit of sediment material in these coasts, which means that the coastal slope parameters at today's situation are far from equilibrium profile state;
- The coastal type of dynamic balance is also marked out separately, although such a type is impossible in a schema based on genetic criteria (dynamic balance, unlike abrasion and accumulation, is a state, not a process or genetic belonging).

G. Eberhards in his monograph *The Sea Coast of Latvia* (2003) offers an alternative to Ulsts's classification schema. Eberhards's schema is based on differences in the coastal geological structure, the composition of sediment material, the coastal appearance and height, and the parameters of coastal processes over the last 10–30 years. This schema is very detailed. Notably, schemas drafted according to these and similar principles are accepted for use by coastal managers and coastal engineers worldwide. However, this approach is not perfect either, leaving possibilities for misunderstandings, because the hierarchically low-level characterization of coastal zoning combines both morphogenetic (dominating in this schema) and morphodynamic principles.

3. MATERIALS AND METHODS

This study concerns the relatively narrow (20–250 meters) subaerial transitional part of coastal zone from the border of Latvia and Lithuania to Cape Kolka (237.5 km), except ports.

Data of monitoring the coastal geological processes in Latvia

The monitoring network was started under the leadership of G. Eberhards and B. Saltupe over the period from 1987 to 1990. A stationary network which comprises all the coastal area of Latvia was formed from 1992 to 1996, and the quantity of measurement lines was increased in the following years. The monitoring system consists of two stationary groups in which data are obtained by different methods – the leveling of coastal cross-section and stationary measurements of the receding upper part of the coastal bluff.

Leveling is used in those coastal sections where broad beaches and the aeolian relief have developed (Eberhards, Saltupe, 1999). The leveling profiles are combined into groups (stationeries) which are located in characteristic coastal districts. The placement of each profile group has been chosen corresponding to the specific character of the general coastal system, so that it would be possible to obtain information about each essentially different subsystem (district) in terms of sediment balance. There are ten separate profiles located outside the group borders. The data obtained in these profiles allow to control the changes of dynamic processes in uncharacteristic districts. There are nine stationeries located along the west coast of Kurzeme. The profile lines are oriented perpendicular to the waterline, crossing the whole seashore and the active aeolian morphostructure. Measurements are taken using the optical level SOKIA C3 and, since 2007 – laser level Leica Sprinter 100M. The length of profiles ranges from 50 to 200 m, depending on the peculiarities of particular coastal sections. Leveling is carried out once a year, usually in late summer and autumn. To obtain a sufficiently accurate cross-section of seashore and aeolian relief, the level reading is done at all microrelief curvature points at intervals not exceeding 10 meters. The data are available in the database of monitoring the Latvian seacoast geological processes at the Faculty of Geography and Earth Sciences of the University of Latvia.

The stationary exploration of the retreating bluff is partly based on the methodology used in the research of coastal erosion in the rivers of Great Britain (Hooke, 1979, 1980; Hadson, 1982). The method is based on determining the distance between the upper part of bluff and a suitable base point marked in the natural landscape. The distance is measured using a tape measure, with 0.1 m accuracy in the field. The lines of measurement are directed perpendicular

to the waterline and combined into groups – stationeries. The stationeries are located in all sections along the west coast of Kurzeme, where the bluffs are present. The total number of stationeries is 60. The measurements are made once a year or several times a year in case of severe storms. Comparing the results of regular measurements, the width of the retreated coast and the volume of the eroded material are determined. During calm periods, the influence of slope processes on bluff disintegration is defined.

These data were supplemented with the author's original research data and the results of other investigations. In total, more than a thousand coastal cross-sections and several hundred of land-surveys of separate coastal slope elements have been evaluated and analyzed in the study area. It should be noted that the location of coastal cross-sections was not regular. For example, the density of cross-sections is very high in the areas close to the biggest ports in Kurzeme and in those coastal sections where earlier explorations have already shown the balance of sediments to be far from neutral (Bulgakova, 1982; Eberhards, Saltupe, 1995a; Ulsts, 1998), whereas in many other places there are several kilometers between sections. Nevertheless, aggregating all the information obtained from all surveys, it was possible to characterize the conditions along the Kurzeme coast of the Baltic Sea quite completely and to make well-grounded conclusions.

A partial survey has been performed once a year at different seasons since 1998. Separate dynamically active areas have been inspected two to three times a year. The coastal area under investigation was inspected at whole length in August 2002 and in July 2004. The elements characterizing the coastal system outside the monitored stationeries were selected in such a way as to make the acquisition of data as feasible as possible, using only the optic level, tape measure, level gauge and GPS receiver from the assortment of measuring instruments. All the coastal parameters to be fixed were defined every 250 meters (Souza, 2007). Performing measurements in bluff stationeries since 1992, the seashore width by the bluffs as well as the presence of pebbles in beach sediments were defined visually.

Data processing and analysis

The regular leveling survey data and the results of re-measuring the bluff retreat stationeries were processed in *MS Excel* application, using the formula:

$$V = \sum_i \frac{(Q_i + Q_{i+1}) \cdot L_i}{2}, \text{ where:}$$

V – volume of sediments at a particular coastal area;

i = 1, 2, ..., n;

Q – area of coastal slope cross-section;

L – interval between coastal slope cross-sections.

Using the data obtained from leveling transects, the volume of sediments and its changes were determined (Fig. 1).

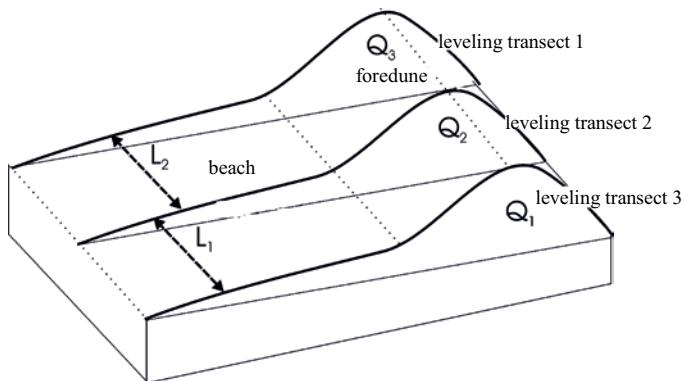


Figure 1. Parameters used for beach and foredune deposit volume calculation (author's scheme).

A number of empirical coherencies between the balance of sediments and the parameters of coastal morphometry were looked for and verified during the research. An analysis of the data set on the spatial and chronological division of separate parameter values was performed using *MS Excel* computer program:

- Diagrams reflecting parameter changes over the research period were drafted for the analysis of changes in the volume of active aeolian morphostructure and beach sediments at each coast cross-section;
- Histograms were drawn up to analyze spatial distribution of the beach and active aeolian morphostructure sediment volume.

4. MORPHOMETRY OF THE SUBAERIAL PART OF COASTAL SLOPE ON THE KURZEME SEACOAST

Taking into consideration the current conditions in the south-eastern part of the Baltic Sea, two parameters of coastal slopes can be distinguished that are easy to register from a methodological viewpoint and that characterize the sediment material balance at each particular coastal section (Bulgakova, 1982; Eberhardts, 2003):

- Beach sediment volume (defining beach within the boundaries between the waterline and the beginning of elevation of active aeolian morphostructure [AAM] or the foot of a bluff);
- AAM volume (defining the inland boundary of AAM as its coastal subparallel line beyond which AAM is completely covered by the vegetation of lichen, moss and flowering plants, i.e. the area where “the grey dune” starts, and the lower boundary – the maximum height of beach deposits (Fig. 2).

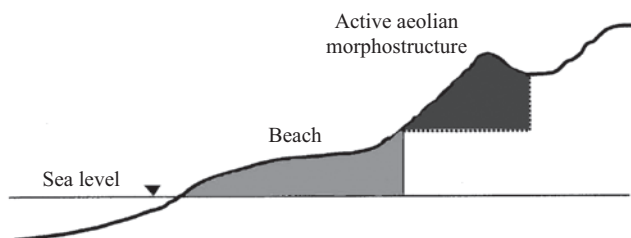


Figure 2. Schematic representation of spatial boundaries used for calculating the beach sediment and active aeolian morphostructure volumes (author's scheme).

The given parameters of the Baltic Sea coast of Kurzeme vary within a very wide range. To analyze their changes, charts were drawn up (Fig. 3), characterizing with study-specific precision the mean volume of sediments, variations of the volume over the period of observation, as well as the influence of storms.

The smallest and largest beach volumes observed during the study were 3 and 95 m³/m respectively, whereas from all surveys performed from 1992 to 2008, in 87.9 % of the total length of the Kurzeme coast of the Baltic Sea, the beach volume was within the range of 15-45 m³/m. The total length of those coastal sections where the beach volume is over 55 m³/m is very small (<3%). The smallest values of beach volume were found in those coastal sections where glacial sediments are exposed in the shallow water part and bluff. The highest values found refer to those coastal sections which are located closely to the

southern jetties of ports as well as in coastal sections where the orientation of coastline changes, causing favorable conditions for accumulation.

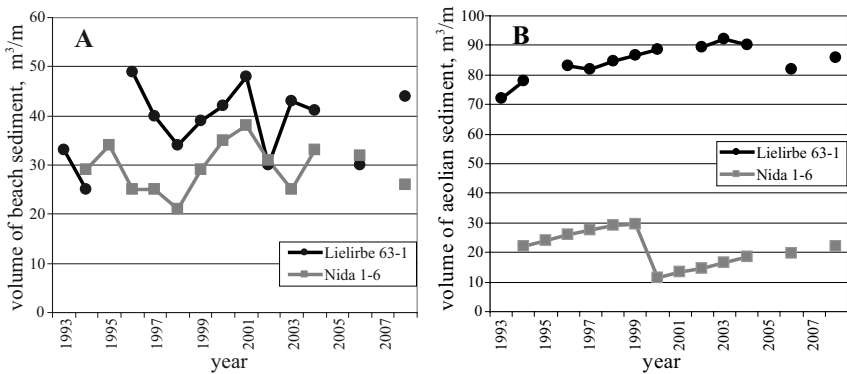


Figure 3. Change in the volume of sediment forming at the beach (A) and active aeolian morphostructure (B) according to the monitoring data from leveling transects Lielirbe 63-1 and Nida 1-6 (an example) (Lapinskas, 2005; Eberhards et al., 2009; unpublished data from coastal monitoring 1992–2008, author's interpretation).

To evaluate the most characteristic value variations of beach and aeolian sediment morphostructure, their distribution histograms were drafted (Fig. 4). For the convenience of further interpretation of results and for obtaining the degree of particularization adequate to the aim of the thesis, the sediment volume distribution was shown in increments of 5 m³/m, roughly corresponding to the maximum permissible measurement error during cross-section leveling performed at a large beach or foredune.

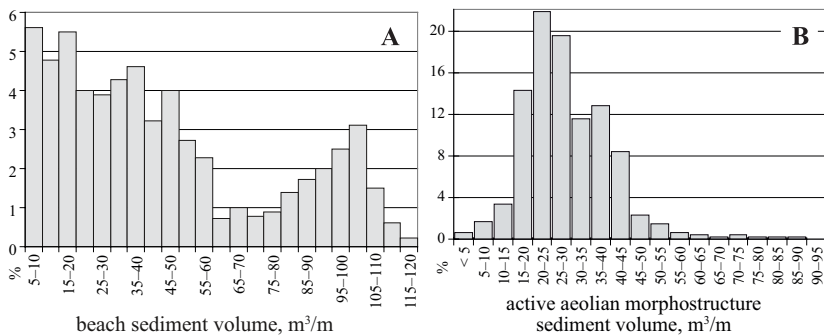


Figure 4. Distribution of beach (A) and active aeolian morphostructure (B) sediment volume values (according to the mean value from measurements taken in July 2004 and August 2002; author's data and interpretation).

On the y axis: percentage of coastal sections with each sediment volume value in the study area (n-940).

Characteristically, in more than 90% of measurement profiles, the values of beach volume for the period from 1992 to 2008 varied within a wide range – more than 70% of the dominant value. Noteworthy, the greatest amplitude of oscillations in beach sediment volume values is characteristic to those coastal parts where there is no active aeolian morphostructure or it is rudimentary. The results show that the values of beach sediment volume in general have not increased essentially over the period of observation (the highest increase is 10–20%) (Lapinskis, 2005; 2009).

It is very important to note that the aeolian accumulation does not occur at all or is very weak in 38.7% of the total length of the study area – there the volume of active aeolian morphostructure does not exceed 5 m³/m. The embryonic dunes of insignificant volume or fragmentary and ephemeral dunes can be found at the foot of bluffs, where they can take shape if there are no major storms for more than three years. The largest observed aeolian morphostructure sediment volume was 118 m³/m at an approximately 500 m long coastal section near the southern jetty of the port of Ventspils.

The histogram (Fig. 4) of value division shows that there is no explicit maximum, and the division does not correspond to the normal one. In more than 90% of the measurement sites, the aeolian morphostructure volume values have changed in the direction of increase over the period from 1992 to 2008; besides, the biggest highest increase (60–250%) was observed in those coastal sections where there are large foredunes and wide sandy beaches. A large fluctuation amplitude (50–90%) without a very explicit increase in the aeolian morphostructure sediment volume is characteristic of those coastal sections where there are small or medium-size foredunes and wide beaches with different sediment materials (Lapinskis, 2009).

The results of the present study are indicative of the fact that the sediment volume of active aeolian morphostructure is explicitly changeable in the alongshore cut, and it depends on the corresponding sediment balance of coastal sections as well as on its geological structure.

In order to perform the identification of morphodynamically homogenous coastal sections in a way that would not be encumbered by the fragmentation of the huge data volume, the values of both beach and aeolian morphostructure sediment volumes have been divided into five classes. The values of beach sediment volumes above 45 m³/m were classified under the 5th – highest class, whereas the values below 15 m³/m were classified under the 1st – lowest class. The other more frequently occurring values were divided into three volume classes with an increment of 10 m³/m (Fig. 5).

The data analysis shows that the values of aeolian morphostructure which are lower than 5 m³/m have to be included in the 1st – lowest class. In the

remaining coastal sections, the intensity of aeolian accumulation varies in a fairly wide range. Corresponding to the defined above, the values of aeolian morphostructure sediment volume above $5 \text{ m}^3/\text{m}$ were divided into four classes with the threshold values of 30, 60 and $90 \text{ m}^3/\text{m}$ (Fig. 5).

This fivefold classification of the beach and aeolian morphostructure sediment values allows convenient separation of sections with essential differences in sediment balance; besides, by using such accuracy, the data of the beach and aeolian morphostructure volumes can also be obtained in the field by semi-instrumental methods.

The composed diagrams (Fig. 5) show that the occurrence of beach volume values in the alongshore cut are growing rapidly and diminishing gradually, while the division of aeolian morphostructure values is different – sections with weak or no aeolian accumulation can be found more often. The results show that beaches with sediment volume within the range from $15 \text{ m}^3/\text{m}$ to $25 \text{ m}^3/\text{m}$ occur most frequently on the Kurzeme coast of the Baltic Sea, although the predominance is not explicit.

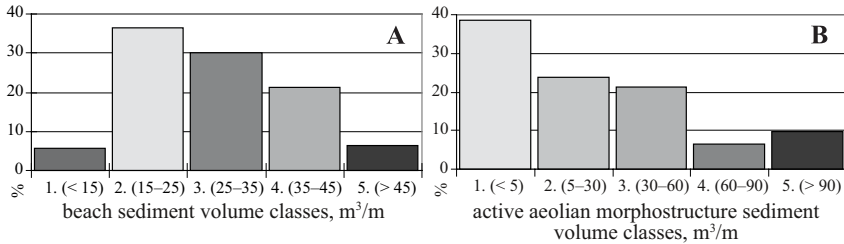


Figure 5. Incidence of beach (A) and active aeolian morphostructure (B) sediment volume classes (according to the mean value from measurements taken in July 2004 and August 2002) (author's data and interpretation).

On the y axis: percentage of coastal sections with each sediment volume class in the study area (from the border of Lithuania and Latvia to Cape Kolka).

5. CONCEPTION OF LITHOMORPHODYNAMICALLY HOMOGENOUS COASTAL DISTRICTS

The coastal system is formed by interconnected and even interdependent units – combinations of “littoral cells” of different levels (Carter, Orford, 1993; Bray et al., 1995; Haslett, 2000). The primary or macro-level cells may be characterized as lithomorphodynamically relatively self-sufficient systems within which the transference and circulation of sediment take place. Besides, the interaction processes among these “cells” are very different in terms of their both temporal and spatial scopes (Table). Since a coastal system is in a continuous advancement process toward a state where it would become self-sufficient, the existence and development of its separate elements are subordinated and temporary (Woodroffe, 2002). However, in each particular time span, it is possible to distinguish the states in which the current boundaries between the elements and processes can be defined and established (Peterson et al., 1990; Bray et al., 1995; Schwarzer et al., 2003). Accordingly, a regional-level coastal system can be divided into several lower-level subordinate units in which, for example, sediment accumulation or erosion dominates. The information on the spatial layout and development of lithomorphodynamic districts obtained in the course of the study makes possible evaluation of the influences of an anthropogenic origin, such as activities of coastal protection and ports, as well as effects of changeable external factors on the system, such as regional and global climate changes (Peterson et al., 1990; Motyka, Brampton, 1993; Morton et al., 2001).

Spatial boundaries of elements subparallel to the coastline

The conception of coastal districts (cells) – including the necessary methodological basis for its definition – has already been discussed for 30 years (Carter, 1988; Bray et al, 1995). Since the beginning of research in coastal processes, the definition of research object and the spatial boundaries of its separate elements and their extension have been equivocal. Mainly it is explained by a great diversity of natural circumstances on the coasts of the World Oceans and seas as well as by peculiarities of different research goals (Inman, Brush, 1973). However, independently of the spatial boundary-defining criteria of each particular coastline, the conception of the existence of such boundaries itself and the resultant coastal division into the most essential coastal morphologic elements are already considered as generally accepted (Woodrofe, 2002). Coastal boundaries spreading into the direction of the sea and coast, the coastline, the beach and coastal aeolian morphostructure boundaries can be mentioned as

the most characteristic examples of such boundaries. The boundaries mentioned above are dynamic; therefore, with respect to sediment material transference and transformation and new formation of corresponding morphostructures, it would be more accurate to call such boundaries as barriers, which mark off the relatively dominant processes and the relief forms or their aggregates formed as a result of these processes. Those are the boundaries of processes, and time is an essential element in their evaluation.

Boundaries of processes functioning in the coastal system

Independently of the strictly geographically definable spatial boundaries in a coastal system, it is also possible to distinguish the so called “process boundaries”. The processes taking place in a coastal system may be considered as an interaction between external, system-influencing environmental factors and the system itself (Fig. 6) (Wright, Thom, 1977).

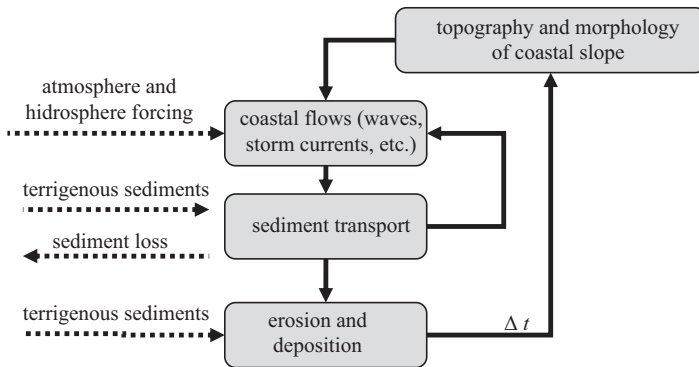


Figure 6. **Structure and function of the morphodynamic model for the coastal system.** The dashed arrows represent interaction between the coastal system and the environment, the solid arrows represent inside response of the system, Δt - time.

Since all the processes functioning in a coastal system are continuous and interconnected (directly or mediated), the boundaries among them can be defined only theoretically (Wright, Thom, 1997; Carter, Woodroffe, 1994; Rijn, 1998; etc.), and the development of a wide-range of different coastal types takes place as a result of the impact of external environmental factors (Davies, 1984). In the context of the present study, both the limiting and propelling factors of system evolution can be considered as the external environmental factors. For instance, geological factors (the vertical movement of the Earth’s crust, the original coastal geological formation, etc.) define such coastal physical parameters as the angle of incidence of the slope, the persistence of coastal morphostructure

elements against the influence of waves and the features of sediments in the coastal system. Factors relating to the interaction between the atmosphere and hydrosphere cause topographic and morphologic changes to the coastal slope, providing energy for the cycle of erosion-transport-accumulation processes.

Boundaries of lithomorphodynamically uniform coastal zones (alongshore sediment transport boundaries)

The boundaries of a lithomorphodynamically uniform coastal system actually are the changes in external environmental factors, which, in their turn, change the intensity or direction of sediment exchange. For instance, in the context of this research, the two big ports in Kurzeme, which intercept the alongshore exchange of sediments completely, divide the Kurzeme seacoast area of the Baltic Sea into three mutually lithomorphodynamically separated coastal areas (districts). Definitely, such boundary is a physical obstacle (barrier) with a specific impact and placement in the coastal system, which is located subperpendicularly to the coastline, crosses all the active coastal slope elements or their most part and has a life span of over 20 years (Bray, 1997).

Subsection boundaries of lithomorphodynamically homogenous coast

Contrary to the absolute boundaries described above regarding to the movement of alongshore sediments, the boundaries among the interconnected coastal districts of a low hierarchic level (Lapinskis, 2009) are of short duration (temporary) – as the coastal system evolves, they migrate relatively rapidly, take shape and disappear; besides, they almost never are physical objects. They separate the lower-level units or interconnected or interdependent system elements, for example, the coastal sections within a single lithomorphodynamic coastal zone, in which either sediment accumulation or erosion dominates (Bray, 1992, 1997; Motyka, Brampton, 1993). The impact of the abovementioned lower-level boundaries on the alongshore sediment transference in most cases is quite insignificant (Carter, 1988, Bray et al, 1995); therefore, these boundaries can be defined as products of coastal system evolution which, according to the conception of lithomorphodynamic continuity (Carter, Woodroffe, 1994), exist in one spatial and temporal scale with such boundaries in the coastal system as the waterline, beach-foredune boundary etc., but, unlike them, is directed subperpendicular to the coast line (Fig. 7) (Mazzer et al., 2009).

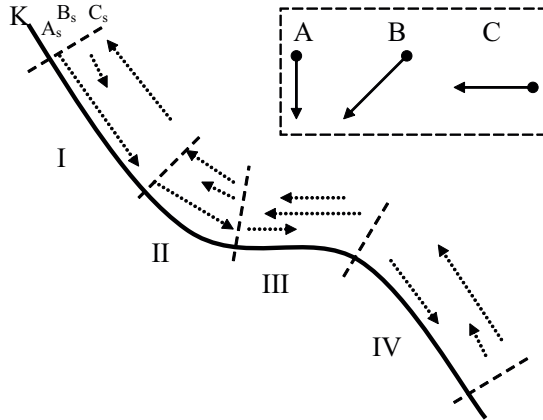


Figure 7. Coastal sections (cells) of low hierarchic level and their boundaries (schematic representation; author's scheme).

A, B and C in the frame represent three different wind directions; I – IV represent coastal cells; K represents coastline (schematic); A_s, B_s and C_s represent the direction and relative intensity (arrow length) of alongshore sediment flow.

For defining the boundaries of coastal lithomorphodynamic sections in the field, usually two different research method groups are used. The first approach is based only on mathematical modeling and spatial analysis, using the data of hydrometeorological conditions and bathymetry (Souza, 2007; Mazzer et al., 2009). The resolution of the results obtained in this way is directly dependent on the resolution of input data; therefore, it is within the range between 10^1 and 10^3 m.

The second approach, in turn, is based on the analysis of the data on the coastal slope geomorphologic parameters and current sediment granulometric parameters (Souza, 2007). The qualitative data acquisition usually is encumbered by the rapid changeability characteristic of the system to be analyzed – a part of the boundaries to be defined are ephemeral and migrating.

As a result, the determination of boundaries of low-level hierarchic coastal districts can be performed only for a specific time segment, which – in the case of the Kurzeme coast of the Baltic Sea, where the coastal straightening is still going on (Eberhards, 2003) and the anthropogenic stress is remarkable – lies within 1–10 years (Lapinskis, 2009). In the field, the changes of coastal morphology or sediment composition indicate the locality of these boundaries. For instance, the changes in the alongshore division of sediment balance influence the aeolian morphostructure, the sediment volume accumulated on the beach, the sediment composition forming at the beach etc. (Wright, Short, 1984; Ulsts, 1998; Woodroffe, 2002).

Hierarchy of coastal system elements

The need to differentiate and define new natural complexes (lithogeomorphological systems and subsystems) usually arises when a definite empirical data volume has been gathered and a sufficient number of theoretical materials have been published. In such a situation, it becomes possible to make one unified conception based on a certain body of premises.

The boundaries of coastal subsystems of different levels can be defined also as the changes in sediment transport intensity and direction. These boundaries can be classified according to their spatial and temporal scale (Bray, 1997; Mazzer et al., 2009) (Fig. 8, Table). According to sediment permeability, the boundaries can be divided into absolute and partial. Following this classification, the fixed absolute boundaries divide the higher-level systems (lithomorphodynamically uniform districts), whereas the transitional partial boundaries divide the lower-level units or interconnected and interdependent system elements, for example, districts within one lithomorphodynamic area where the sediment accumulation or erosion dominate (Bray, 1997; Motyka, Brampton, 1993).

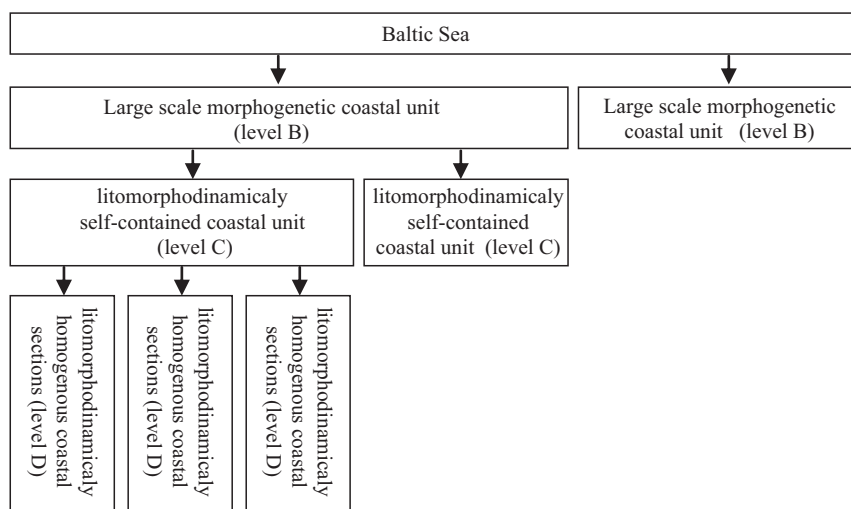


Figure 8. Position of lithomorphodynamically homogenous coastal sections in a hierarchic scheme (Lapinski, 2009).

The hydrotechnical structures of ports play a key role in the coastal system of western Kurzeme. The depth of shipping channel in Liepaja and Ventspils is 11 and 18 meters respectively, and the sediment material reaching the shipping channel is dredged and transferred to the sea dumpsites which are deeper than the external boundary of the coastal zone (Ulsts, 1998; Eberhards, 2003). In the

sense of this study, the two big ports are absolute fixed boundaries. Actually, they divide the Kurzeme coast of the Baltic Sea into three C-level parts, which relatively can be called as the Southern, Central and Northern coastal zones.

Table. Classification and description of coastal units (Lapinskis, 2009).

Hierarchy level	Coastal zone characteristics	Temporal and spatial scale
<p style="text-align: center;">A (the Baltic Sea)</p>	<p>Conditions that propel coastal development:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The role of rising tide and sea streams is inessential in the coastal development, • The hydrometeorologic conditions are mainly determined by the fluctuation intensity of Iceland minimum and Siberian maximum. <p>Conditions that limit coastal development:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The role of biosphere elements is inessential in the coastal development, • Due to the historical subaerial conditions, the main source of sediment in the coastal system is of a glacial origin (repeated sea level fluctuations had caused the formation of a coastal slope in the relief originally formed during the glaciations). 	<p style="text-align: center;">10^3–10^4 years and 10^3–10^4 km</p>
<p style="text-align: center;">B (large-scale morphogenetic coastal region, for example, the SE part of the Baltic sea)</p>	<p>Conditions that propel coastal development:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The role of waves and wave-induced currents is dominant in the coastal development, • The dominant wind direction is SW, • During the storms, the wind direction usually changes sequentially from SW to NW. <p>Conditions that limit coastal development:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neotectonic Earth crust movement rate is below 2 mm/y¹, and the significance of its influence towards the present-day coastal development has not been proved unequivocally yet, • Fine-grained terrigenous sediments are dominant in the coastal slope. <p>Morphogenetic characteristics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • During the coastal development over the period of the Post-Litorina Sea to the present-day Baltic Sea, the coastal straightening has been taking place, • The fragmentation of the initially uniform lithomorphodynamic coastal system has occurred as a result of the impact of anthropogenic factors (mostly the hydrotechnical structures of seaports). 	<p style="text-align: center;">10^3–10^4 years and 10^2–10^3 km</p>

Hierarchy level	Coastal zone characteristics	Temporal and spatial scale
<p style="text-align: center;">C</p> (Lithomorphodynamically united coastal zone, for example, Liepaja–Ventspils)	Lithomorphodynamically united coastal system, within which the interaction characteristic to the coastal physical processes takes place conjointly and to a certain extent self-sufficiently. It has been separated by physical barriers, which in the sense of the sediment exchange, are considered to be absolute or close to such.	10^2 – 10^3 years and 10^1 – 10^3 km
<p style="text-align: center;">D</p> (Lithomorphodynamically homogenous coastal section, for example, the top of Cape Akmeņrags)	Interconnected coastal system units in the dimension parallel to the coast, which separate other transition zones, the parameters of which are not constant. The coastal districts are separated among themselves by a number of characteristics, which can be divided into four groups: <ul style="list-style-type: none"> • Hydrodynamic; • Evolutionary; • Lithomorphometric; • Anthropogenic. 	1–20 years and 1–10 km

There is no radical geological diversity in the Kurzeme coast along the Baltic Sea, and the sediment and energy exchange between the subaerial and underwater parts of the coastal slope is actually possible at its whole length. Also, the coastal line is comparatively straight – there are no explicit natural sediment material barriers (Ulsts, 1998). Therefore, in most cases, the transitions among morphodynamic districts cannot be clearly identified only by one coastal element morphological characteristic or sediment composition. G. Eberhards and B. Saltupe (2002) have admitted that the present-day coastal dynamics can be defined only by means of several characteristics taken together – such as morphology, vegetation, foredune and beach parameters – if the data have been provided by conducting repeated mapping and stationary measurements (Eberhards, 2003, Eberhards et al., 2009).

Taking into consideration the continuity in the coastal lithomorphodynamic system (level C), everything mentioned above indicate that the identification of subordinated districts (level D units) can be done by using indirectly definable changes in the alongshore sediment movement parameters, which manifest in the changes in morphometric parameters and sediment composition of the elements of the subaerial part of the coastal slope.

6. CHARACTERISTIC CROSS-SECTION TYPES OF THE SUBAERIAL PART OF COASTAL SLOPE

As a result of data graphical and visual processing, it is possible to evaluate the correspondence of characteristic values of a generalized beach and aeolian morphostructure sediment volume to the dynamic development type of a coastal section. Furthermore, the value peculiarities in lithomorphodynamically different coastal sections with an explicit characteristic value for each coastal district type can be noticed, to be more precise – the dependence of beach and active aeolian morphostructure sediment volume on conditions in the coastal district is significant. It means that the differences of characteristic numerical values can be used as an indication for the identification and grouping of different coastal districts.

Classifying the analyzed coastal profiles by the beach and active aeolian morphostructure volume relations, 11 characteristic types were distinguished:

- Type 1 coastal section with class 1 (<15 m³/m) beach and class 1 (<5 m³/m) active aeolian morphostructure (negative sediment balance);
- Type 2 coastal section with class 2 (15–25 m³/m) beach and class 2 (5–30 m³/m) active aeolian morphostructure (negative sediment balance);
- Type 3 coastal section with class 3 (25–35 m³/m) beach and class 2 (5–30 m³/m) active aeolian morphostructure (neutral sediment balance);
- Type 4 coastal section with class 4 (35–45 m³/m) beach and class 4 (60–90 m³/m) active aeolian morphostructure (positive sediment balance);
- Type 5 coastal section with class 4 (35–45 m³/m) beach and class 5 (>90 m³/m) active aeolian morphostructure (positive sediment balance);
- Type 6 coastal section with class 3 beach and class 3 (30–60 m³/m) active aeolian morphostructure (neutral sediment balance);
- Type 7 coastal section with class 4 (35–45 m³/m) beach and class 3 (30–60 m³/m) active aeolian morphostructure (positive sediment balance);
- Type 8 coastal section with class 2 (15–25 m³/m) beach and class 1 (<5 m³/m) active aeolian morphostructure (negative sediment balance);
- Type 9 coastal section with class 5 (>45 m³/m) beach and class 5 (>90 m³/m) active aeolian morphostructure (positive sediment balance);
- Type 10 coastal section with class 3 (25–35 m³/m) beach and class 1 (<5 m³/m) active aeolian morphostructure (negative sediment balance);
- Type 11 coastal section with class 5 (>45 m³/m) beach and class 2 (5–30 m³/m) active aeolian morphostructure (positive sediment balance).

The characteristic cross-section types of the subaerial part of coastal slope indicate different coastal sections according to lithomorphodynamic conditions. It is worth noting that the profile types 3, 7 and 8 can be found considerably more often than other types; therefore, they can be considered as the basic types.

The map prepared as a result of completed research (Fig. 9) shows the placement of coastal districts with a characteristic cross-section of the subaerial part of coastal slope. The cartographic reflection and analysis of the results are indicative of definite tendencies in the coastal type division – relation with particular coastal districts. Grouping the divided coastal districts according to their current dynamic conditions, the following results were obtained:

- Negative sediment balance (coastal section types 1, 2, 8 and 10) spread at the total length of 108.5 km;
- Neutral sediment balance (coastal section types 3 and 6) spread at the total length of 59.5 km;
- Positive sediment balance (coastal section types 4, 5, 7, 9 and 11) spread at the total length of 69.5 km.

The dominant coastal cross-section types (8, 3 and 7) can be found in all Kurzeme coastal districts of the Baltic Sea; however, they are especially characteristic of the Central coastal zone (Fig. 9). No definite tendencies were established in the division of other coastal types and, notably, their division in general is quite uniform. It means that the division of coastal cross-section types into districts and the total length of those districts can be used conveniently as a parameter for determining and analyzing the current and future interferences caused both naturally and anthropogenically.

Additionally, along with the separated 11 characteristic coastal slope cross-section types, which are represented in more than 97 % of the study area, some profiles which do not fall within this classification were established. They occur very rarely, and usually the length of their representative coastal sections is below the resolution under this study (0.5 km). These profiles are connected with the coastal areas, where, for example:

- Coastal protection structures are set up;
- Ruins of old structures are present (Liepāja forts, the Pape jetties);
- Specific conditions have developed through the impact of the northern jetties of ports;
- There are mouths of small rivers (Užava, Irbe, Mazirbe, Muižupīte etc.).

Coastal districts where the development of the subaerial part of slope is determined by the specific conditions mentioned above can be explored in a greater detail separately by using special methods which provide for different levels of detailed elaboration.

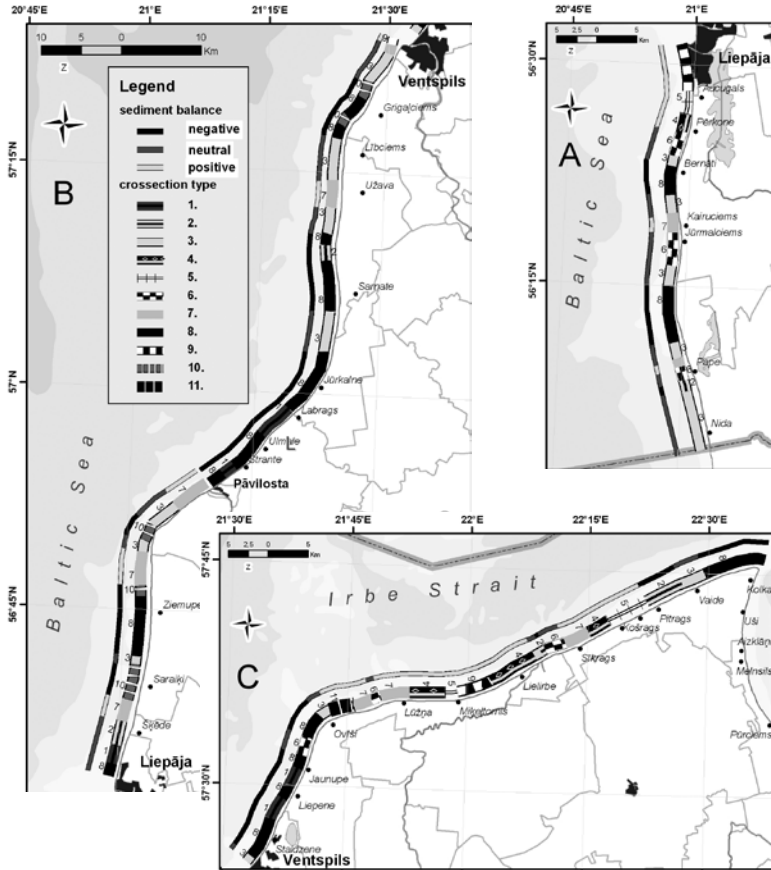


Figure 9. Spatial distribution of coastal sections with typical cross-sections of subaerial part of coastal slope and sediment balance along the Kurzeme coast of the Baltic Proper (author's data and interpretation).

A – Southern coastal zone, B – Central coastal zone, C – Northern coastal zone
Cartographical base: "GIS Latvia" (Envirotech).

CONCLUSIONS

There is no strictly defined hierarchic structure of the schemas developed as a result of the previous researches into zoning and classification of the Latvian sea coast, because the approach which includes morphogenetic, morphodynamic and other elements has been used in characterizing both the higher- and lower-level coastal units; therefore, the possibilities of using such classification systems do not meet the current requirements and may cause misunderstandings. Besides, the use of a morphogenetic approach in the coastal zoning in the conditions of Latvia is inconvenient due to its relative homogeneity, frequently occurring disparity between the historical and current directions of coastal processes and the considerable anthropogenic load on the coastal system (mostly the major ports).

The monitoring of geological processes of the Kurzeme coastline of the Baltic Sea has been going on under the leadership of G. Eberhards since 1992. A large amount of data, representatively characterizing the morphometry and sediment balance dynamics of the subaerial part of coastal slope is stored and updated in the database created and by the author of this thesis. Within the framework of this research, the method of field study used in the monitoring has been improved by increasing the quantity of measurement lines in the monitoring network and upgrading its representability.

The results of the present study show that the coastal zone is a system which consists of separate parts arranged in a definite hierarchy and characterized by a specific temporal and spatial scale. The higher-level units include the lower-level units which correspondingly have a smaller temporal and spatial scale. The relations of time and space are those which characterize the stability of the coastal zone as a system. The coastal lithomorphodynamics is characterized by mutual interactions among hydrologic parameters, material transport and relief forms, as well as by the interaction with anthropogenic factors.

The interactions of the conditions mentioned above define the remarkable diversity of elements of the subaerial part of coastal slope on the Kurzeme coast of the Baltic Sea. This interaction is different at particular coastal sections. Moreover, the study results are indicative of the key role of port hydrotechnical structures in the formation of the Kurzeme west coast system. The analysis of the research results allows to conclude that the differences in sediment alongshore balance on both sides of the ports of Liepāja and Ventspils lead to a division of the researched territory into three distinct areas (level C units, Fig. 8), which can be called the Southern, Central and Northern coastal zones). They are separated by physical barriers, which from the viewpoint of sediment exchange can be considered as insurmountable (absolute) or close to such. These three zones are lithomorphodynamically unified coastal systems, within which the interaction of characteristic coastal physical processes takes place conjointly or, to a certain extent, self-sufficiently.

The more or less pronounced morphological and sediment composition transitions of alongshore determined in the course of this research indicate the boundaries between lower-level coastal units. In those cases when there are no physical barriers, the dominant morphodynamic processes in different districts form the coastal system elements characteristic of each section identified in this study.

There is no radical geological diversity on the Kurzeme coast of the Baltic Sea; the sediment and energy exchange between the subaerial and underwater parts of the coastal slope is actually possible at its entire length; also, the coastline is fairly straight – there are no explicit natural sediment material barriers. According to the results of this doctoral thesis, the transitions among the morphodynamically homogenous coastal districts in most cases are not clearly recognizable only by an analysis of the morphological characteristic or sediment composition of one coastal element. The remarkable variability of sediment volume in the morphostructures forming the subaerial part of coastal slope in a temporal cut is indicative of such a conclusion.

Using the data on the sediment volume dynamics on the Kurzeme coast of the Baltic Sea obtained in this study, it was ascertained that 11 characteristic cross-section types of the subaerial part of coastal slope can be distinguished. The said distinction can be made by the sediment volume stored up in different coastal morphostructures. Grouping the separated coastal districts by their dynamic conditions, the following results have been obtained: negative sediment balance is spread at the total length of 108.5 km, neutral sediment balance – at the total length of 59.5 km, and positive sediment balance – at the total length of 69.5 km. It is worth noting that these results are comparable with Ulsts's division (1998), where the coastal sections dominated by abrasion (including wash-out coasts) are spread at 103.5 km, those dominated by dynamical balance – at 105.5 km, and accumulative – at 32.5 km. The author's view is that the considerable differences in the dynamic balance and the total length of accumulative coasts (44% and 53% correspondingly) have come about mainly because of differences in methodological approaches and the choice of criteria. The increase of 5% in the total length of coastal sections subject to erosion, in turn, can be explained by increased storm activity during the research period.

This kind of study – in which the sediment balance analysis of the whole Kurzeme coast of the Baltic Sea for the period from 1992 has been conducted and in which the characteristic cross-section types of the subaerial part of coastal slope have been distinguished – is unique. The results obtained also have an applied aspect – they can be used for coastal development spatial planning as well as for recreation-related plans.

Further research into the topic of the doctoral thesis would allow to improve the precision and scientific quality of coastal development forecasts for spatial planning.

ACKNOWLEDGEMENTS

Research reported in the doctoral thesis was supported by the ESF project No. 2004/0026/1.1.2.2.1/03/IPIA/VIAA/006 (2004-2005) and the National Research Program “Climate Change Impact on the Water Environment of Latvia” KALME (2006–2009). The author wishes to thank the scientific supervisor Prof. Valdis Segliņš for his time, valuable comments, hard-hitting criticism and constructive comments, as well as the former scientific supervisor of an earlier version of the doctoral thesis Prof. Emeritus Guntis Eberhards for support, inspiration and discussions enhancing creative ideas.

The author is also grateful to G. Robalts, L. Bojāre, I. Purgalis, M. Grava, A. Bernaus and many other students and colleagues from the Faculty of Geography and Earth Sciences for assistance in the field and laboratory studies. The author also expresses gratitude to J. Dzelzītis for support and advice in preparation of the cartographic material.

PUBLIKĀCIJU SARAKSTS LIST OF PUBLICATIONS

Raksti zinātniskos žurnālos

Published articles related to the doctoral thesis

1. Lapinskis, J., 2009. Jūras krasta rajonēšana Latvijā pēc litomorfozināmiskām pazīmēm. *RTU Zinātniskie raksti. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija*, 19 (1), lpp. 168–174.
2. 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.
3. Eberhards, G., Lapinskis, J., Saltupe, B., 2006. **Hurricane Erwin 2005 coastal erosion in Latvia**. *Baltica*, 19 (1), 10–20.
4. Lapinskis, J., 2005. **Long-term fluctuations in the volume of beach and foredune deposits along the coast of Latvia**. *Baltica*, 18 (1), 38–43.

Citas publikācijas

Other publications

Eberhards G., Lapinskis J., 2008. **Baltijas jūras Latvijas krasta procesi. Processes on the Latvian Coast of the Baltic Sea**. Rīga, Latvijas Universitāte, 64 lpp.

Konferenču tēzes

Conference abstracts and proceedings

1. **Preterozijas pasākumi Baltijas jūras Latvijas krastā**. *LU 67. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija*. Rīga, Latvija, 2009.
2. **Liepājas osta un krastu erozija**. *LU 67. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija*. Rīga, Latvija, 2009.
3. **Coastal erosion risk in Latvia and climate change mitigation**. 3. *Starptautiskā konference „Vides zinātne un izglītība Latvijā un Eiropā”*. *Izglītība un zinātne klimata pārmaiņu novēršanai*. Rīga, Latvija, 2009.
4. **Rīgas līča krastu erozijas risks vētru laikā**. *LU 66. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija*. Rīga, Latvija, 2008.
5. **Coastal geological processes in Latvia associated with storm of January 2005**. *The Ninth Marine Geological Conference*, Jūrmala, Latvia, 2006.
6. **Jūras krasta pārejas zonas dinamika Kurzemes rietumos (1992–2005)**. *LU 64. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija*. Rīga, Latvija, 2006.
7. **Storm effects on the open Baltic exposed coastal relief of Latvia**. *International Field Symposium on Quaternary Geology and Landforming Processes*, Russia, 2005.
8. **Pludmales sanešu mehāniskā sastāva izmaiņas Latvijas jūras krasta posmā no Ventspils līdz Miķeltornim**. *LU 63. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija*. Rīga, Latvija, 2005.
9. **Vētru atkarojamība un pludmales apjoma ilglaicīgās svārstības dinamiski neitrālos krastos**. *LU 62. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija*. Rīga, Latvija, 2004.
10. **Jūras krasta ģeoloģisko procesu monitorings**. *LU 62. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, Latvija, 2004.

11. **Modern coastal processes in cape of Kolka.** *International Field Symposium on Quaternary Geology and Landforming Processes.* Latvia, 2004.
12. **Atklātas Baltijas jūras Latvijas pludmales kā jūras krastu mūsdienu dinamiskās attīstības tipa indikators.** *LU 61. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija.* Rīga, Latvija, 2003.
13. **Latvijas jūras krastu klasifikācija atkarībā no to jutības pret vētrām.** *LU 60. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija.* Rīga, Latvija, 2002.
14. **Shore erosion on the Latvian open Baltic coast associated with 1999 and 2001 storm events.** *NorFA seminar. Environment and Settling along the Baltic Sea coasts through time.* Pärnu, 2002.
15. **Latvijas jūras krasti un globālā klimata maiņa 21. gadsimtā. Riska zonas un problēmas.** *2. Pasaules latviešu zinātnieku kongress.* Latvijas Zinātņu akadēmija, Rīga, 2001.
16. **Jūras krasta procesu īpatnības posmā Nida–Liepāja.** *LU 59. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija.* Rīga, Latvija, 2001.
17. **Brunna formulas pielietojums jūras krastu attīstības prognozēšanai Latvijā.** *LU 58. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija.* Rīga, Latvija, 2000.
18. **Jūras krasta monitorings Latvijā.** *LU 58. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija.* Rīga, Latvija, 2000.
19. **Jūrmalas pilsētas pludmaļu platuma izmaiņas pēdējās desmitgades laikā.** *LU 57. zinātniskā konference. Zemes un vides zinātņu sekcija.* Rīga, Latvija, 1999.

CURRICULUM VITAE (CV)

General information	Name, Surname: Jānis Lapinskis Address: Ogres novads, Madlienas pagasts, "Liepkalni", LV-5045 E-mail: janisl@lanet.lv
Education	1999–2002 University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences, doctoral program 1997–1999 University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences; Master's degree of Natural Sciences in Environmental Sciences 1993–1997 University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences; Bachelor's degree of Natural Sciences in Environmental Sciences.
Languages	Latvian: mother tongue English: well Russian: fluently
Professional development	since 2002 University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences; scientific assistant, lecturer 1998–2000 University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences; database analyst and laboratory assistant at the Laboratory of Coastal Research 2006–2009 National Research Program "Climate Change Impact on the Water Environment of Latvia" KALME; scientific assistant
Scientific Work and Publications	Fields of the research: Geomorphology and Quarternary Geology, coastal geological processes, slope processes Scientific publications: 4 Other publications: 1 (map atlas) Published proceedings and abstracts of scientific conferences: 20 Participation in conferences: 16
Academic work	Subjects of "Environmental Geology"; B.Sci. Program "Field Course in Environmental Sciences"; at the University "Modern Terrestrial Processes"; of Latvia Faculty "Field Course in Hydrology"; of Geography "Environment of the Baltic Sea" and Earth Sciences: Supervised 20 B.Sci. theses, 22 course papers scientific works of students:

LITERATŪRAS SARAKSTS REFERENCES

- Benedet L., Finkl C. W., Klein A. 2004. Classification of Florida Atlantic beaches: Sediment variation, morphodynamics, and coastal hazards. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 39, pp. 120–129.
- Bird, E.C.F., 1984. *Coasts: An Introduction to Coastal Geomorphology*. Oxford Press, Oxford, 232 p.
- Boyd, R., Dalrymple, R., Zaitlin, B.A., 1992. Classification of elastic coastal depositional environments. *Sedimentary Geology*, 80, pp. 139–150.
- Bray, M.J., 1992. Coastal sediment supply and transport. In: Allison R.J. (ed.) *The coastal landforms of West Dorset*. Geologists Association, London, pp. 94–105.
- Bray, M.J., 1997. Littoral Cells and Budget Analysis for sediment Management in West Dorset, England. *Journal of Coastal Research*, 13(4), pp. 256–269.
- Bray, M.J., Carter, D.J., Hooke, J.M., 1995. Littoral Cell Definition and Budgets for Central Southern England. *Journal of Coastal Research*, 11(2), pp. 381–400.
- Bulgakova, E., 1982. Nekotorye osobennosti morfologii i dinamiki sovremennogo berega Baltijskogo morja. *Eksodinamiceskije processy i metody ih issledovanya*. Latvīskij Universitet, Rīga, s 33–56. (Russian)
- Carter, R.W.G., 1988. *Coastal Environments: An Introduction of Physical, Ecological and Cultural Systems*. Academic Press, London, 617 p.
- Carter, R.W.G., Orford, J.D., 1993. The morphodynamics of coarse clastic beaches and barriers: a short- and long-term perspective. *Journal of Coastal Research*, Special issue, 15, pp. 158–179.
- Carter, R.W.G., Woodroffe, C.D., 1994. Coastal evolution: an introduction. In: Carter R.W.G., Woodroffe C.D. (eds.) *Coastal evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1–33.
- Davies, R., 1984. What is a wave dominated coast? *Marine Geology*, 60, pp.313–329.
- De Vriend, H.J., 1991. Modeling in marine morphodynamics. In: Arcilla, A.S., Pastor, M., Zienkiewicz, O.C., Schrefler, B.A. (eds.) *Computer modeling in ocean engineering 91*, Balkema, Rotterdam, pp. 247–260.
- Eberhards, G., 2000. Jūras stāvkrasta noskalošana Jūrkalnē un prognozes. *LU 58. zinātniskā konference. Referātu tēzes*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 39–41.
- 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 seacoast (1935–2007). *Baltica*, 22 (1), pp. 11–22.
- Eberhards, G., Lapinskis, J., 2008. *Baltijas jūras Latvijas krasta procesi. Atlants. Processes on the Latvian Coast of the Baltic Sea. Atlas*. Latvijas Universitāte, Rīga, 64 lpp.
- Eberhards, G., Purgalis, I., 2008. Pieaugošo Latvijas jūras krastu eroziju sekmējošie faktori. *Klimata mainība un udeņi*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 40–48.
- Eberhards, G., Saltupe, B., 1993. Latvijas jūras krastu monitorings. *Vides monitorings Latvijā 3*, Rīga, 46 lpp.
- Eberhards, G., Saltupe, B., 1995a. Accelerated coastal erosion – implications for Latvia. *Baltica*, 9, pp. 6–28.

- Eberhards, G., Saltupe, B., 1995b. Ostas un to ietekme uz krasta procesiem un to izmaiņām Latvijas piekrastē. *Latvijas Universitātes 54. zinātniskā konference. Referātu tēzes*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 21–22.
- Eberhards, G., Saltupe, B., 1999. Pastāvīgais Latvijas jūras krastu monitorings – eksperiments un prakse. *Latvijas Universitātes Ģeogrāfiski Raksti*, 7, lpp. 1–10.
- Eberhards, G., Saltupe, B., 2002. Latvijas jūras krastu jūtīgums pret noskalošanu vētrās un riska zonas. *Latvijas Universitātes 60. zinātniskā konference. Referātu tēzes*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 144–147.
- 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.
- Fairbridge, R.W., 2004. Classification of Coasts. *Journal of Coastal Research*, 20 (1), pp. 155–165.
- Finkl, C. W., 2004. Coastal classification: Systematic approaches to consider in the development of a comprehensive system. *Journal of Coastal Research*, 20 (1), pp. 166–213.
- Galon, R., 1960. Problem of geomorphological classification of the Polish coast. *Przegląd geograficzny*, 32, pp. 12–21.
- Gudelis, V., 1967. Morfogenetycheskiye tipi beregov Balt'iskogo morya. *Baltica*, 3, pp. 123–145. (Russian)
- Hadson, H. R., 1982. A Field technique to directly measure river bank erosion. *Journal of Earth Sciences*, 19 (2), pp. 381–383.
- Haslett, S. K., 2000. *Coastal Systems: introduction to environment*. Routledge, New York, 218 p.
- Hooke J. M., 1979. An analysis of the processes of river bank erosion. *Journal of Hydrology*, 1–2, pp. 39–62.
- Inman, D. L., Brush, B. M., 1973. The Coastal Challenge. *Science*, 181, pp. 20–32.
- Johnson, D. W., 1919. *Shore processes and shoreline development*. Wiley, New York.
- Kļaviņš, M., Briede, A., 2009. *Klimata mainība Latvijā: aktualitātes un piemērošanās pasākumi*. VPP „KALME”, Rīga, 64 lpp.
- Lapinskis, J., 2005. Long-term fluctuations in the volume of beach and foredune deposits along the coast of Latvia. *Baltica*, 18 (1), pp. 38–43.
- Lapinskis, J., 2009. Jūras krasta rajonēšana Latvijā pēc litomorfoģinamiskām pazīmēm. *Rīgas Tehniskās Universitātes zinātniskie raksti, Materiālzinātne un lietišķā ķīmija*, 19 (1), lpp. 168–174.
- Mazzer, A. M., Souza, C. R. G., Dillenbury, S. R., 2009. A Method to Determinate Coastal Cells in Sandy Beaches of Southeast Coast of Santa Catharina Island, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 56, pp. 98–102.
- Morton, R. A., Sallenger, A. H., Peterson, R. L., Elko, N. A., 2001. Integrated morphological and historical mapping – a key to real-time forecasting of storm impacts. GSA Annual Meeting. *Americas Coastal Crisis – Providing the Geoscience Information Needed to Conserv and Protect Coastal Resources*. Abstracts. St. Petersburg, pp. 252–259.
- Motyka, J. M., Brampton, A. H., 1993. Coastal management: Mapping of littoral cells. *Hydraulics Research*, Report SR 328, Wallingford, 102 p.
- Peterson, C.D., Jackson, P.L., O'Neil, D.J., Rosenfeld, C.L., Kimerling, A.J., 1990. Littoral Cell Response to Interannual Climatic Forcing 1983–87 on the Central Oregon Coast. *Journal of Coastal Research*, 6 (1), pp. 87–110
- Pilkey, O. H., Young, R.S., Riggs, S.R., Smith, A.W., Wu, H., Pilkey, W.D., 1993. The concept of shoreface profile of equilibrium: a critical review. *Journal of Coastal Research*, 9 (1), pp. 255–278.
- Rijn, L.C., 1998. *Principles of Coastal morphology*. AQUA Publications, Amsterdam, 680 p.

- Saltupe, B., Eberhards, G., 1990. Metodika sozdanya i expluotacii sistemy` regional'nogo monitoringa plyazhei (na primere Rizhskogo zaliva). *Exodinamicheskiye procesy i metodi ih isledovanya*, 574, s 7–17. (Russian)
- Schwarzer, K., Diesing, M., Larson, R.-O., Niedermeyer, W., Schumacher, K., 2003. Coastline evolution at different time scales – examples from the Pomeranian Bight, southern Baltic Sea. *Marine Geology*, 194 (1), pp. 279–301.
- Souza, C. R., 2007. Determination of Net Shore-Drift Cells Based on Textural and Morphological Gradations along Foreshore of Sandy Beaches. *Journal of Coastal Research*, SI 50, pp. 620–625.
- Swift, D. J. P., Thorne, J. A., 1991. Sedimentation on continental margins: a general model for shelf sedimentation. *Sedimentology*, pp. 14, 3–31.
- Torklere, A., 2008. *Latvijas mūsdienų lēzeno jūras krastu virsūdens daļas dinamika*. Promocijas darba kopsavilkums, Latvijas Universitāte, Rīga, 72 lpp.
- Ul'st, V., 1961. K voprosu o zakonamernostyah razvy'tya eolovoy akumulacii na morskome beregu. *Morskoye berega*. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moskva, pp. 93–100. (Russian)
- Ul'st, V., 1964. Nakoplenye ty`azholykh mineralov v sovremennykh pribrezhno-morskoykh otlozhenyakh. *Teoretycheskiye voprosy izucheniya morskoykh beregov*. Nauka, Moskva, s 69–81. (Russian)
- Ul'st, V., 1965. Diferenciacy`a peschanogo materyala po forme zeren v pribrezhno-morskoykh uslovyakh. *Baltica*, 2, s 167–180. (Russian)
- Ullst, V., 1998. *Baltijas jūras Latvijas krasta zona*. Valsts Ģeoloģijas Dienests, Rīga, 96 lpp.
- Woodroffe, C. D. 2002. *Coasts: Form, Process and Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, 623 p.
- Wright, L. D., Thom, B.G., 1977. Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. *Progress in Physical Geography*. 1, pp. 412–459.
- Yonin, A., Kaplyn, P., Medvedev, V., 1959. Klassifikacya tipov beregov zemnogo shara. *Voprosy izucheniya morskoykh beregov*. Akademiya Nauk SSSR, Moskva, s 94–108. (Russian)
- Zenkowitch, V., 1962. Osnovnyye polozheniya teoryi obrazovaniya akumulativnykh form pribrezhnoy zony morya. *Voprosy izucheniya morskoykh beregov*. Akademiya Nauk SSSR, Moskva, s 87–101. (Russian)
- Zenkowitch, V., 1967. *Processes of coastal Development*. Oliver and Boyd Publishing, Edinburg, 738 p.
- Žaromskis, R. P., 1997. Morphology and development of coastal zone in the basins with warring dynamic regime. PhD Thesis, Vilnius, 50 p.



Zelta Rudens
tipogrāfija