

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

**LEDUSLAIKMETA BEIGU POSMA UN HOLOCĒNA SMILŠAINIE  
NOGULUMI BĀRTAVAS LĪDZENUMA VIDUSDAĻĀ**

BAKALaura DARBS

Autors: Jānis Bikše

Stud. apl. Jb08177

Darba vadītājs: Dr.geol., asoc. prof. Ivars Strautnieks

**RĪGA 2011**

## ANOTĀCIJA

Bikše, J. 2011. Leduslaikmeta beigu posma un holocēna smilšainie nogulumi Bārtavas līdzenuma vidusdaļā. Bakalaura darbs. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Ģeoloģijas nodaļa.

Bakalaura darba mērķis ir izpētīt leduslaikmeta beigu posma un holocēna smilšainos nogulumus Bārtavas līdzenuma vidusdaļā.

Autors, izstrādājot bakalaura darbu, lauka pētījumu ietvaros veica 28 urbumus, kuros iegūtie nogulumi tika dokumentēti un sagatavoti turpmākām analīzēm laboratorijā, tai skaitā granulometriskai analīzei ar lāzerdifrakcijas metodi. Iegūtie analīžu rezultāti ļāva raksturot Bārtavas līdzenuma vidusdaļā leduslaikmeta beigu posmā un holocēnā veidojošos smilšaino nogulumu granulometriskā sastāva izmaiņas un izdarīt secinājumus par to veidošanās apstākļiem.

Darbā ir 71 lappuse, darbs sastāv no 3 nodaļām, ievada, secinājumiem, literatūras saraksta un 2 pielikumiem.

Atslēgas vārdi: Bārtavas līdzenums, granulometrijas metodes, Baltijas jūras baseina attīstības stadijas.

## ANNOTATION

Bikše, J. 2011. Late Glacial and Holocene sandy deposits in the middle part of the Bārtava plain. Bachelor thesis. University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences, Department of Geology.

The aim of Bachelor's thesis was to study the Late Glacial and Holocene sandy deposits in the middle part of the Bārtava Plain.

In the frame of the bachelor's work 28 sediment cores were done and obtained sediments were examined and documented. Sediment samples were collected for laboratory analyses, including determination of grain size distribution by using laser diffraction. The obtained results allow to characterise changes in sediment particle size distribution from the middle part of the Bārtava Plain accumulated during the Late Glacial and the Holocene and conclude about their formation conditions.

The bachelor work contains 71 page, 3 chapters, introduction, conclusion, list of literature and 2 appendixes.

Keywords: Bārtava Plain, grain size distribution methods, development of the Baltic sea basin.

# SATURS

ANOTĀCIJA.....	2
ANNOTATION .....	3
SATURS.....	4
IEVADS .....	5
1. LITERATŪRAS APSKATS .....	7
1.1. Pētītās teritorijas vispārīgs ģeoloģisks raksturojums .....	7
1.2. Pētītās teritorijas ģeoloģiskā attīstība Leduslaikmeta beigu posmā un holocēnā .....	8
1.2.1 Baltijas ledus ezers .....	9
1.2.2. Joldijas jūra .....	11
1.2.3. Ancilus ezers .....	13
1.2.4. Litorīnas jūra .....	14
1.2.5. Pēclitorīnas jūra jeb Limnea jūra.....	17
1.3. Leduslaikmeta beigu posma un holocēna smilšaino nogulumu raksturojums pētītajā teritorijā .....	17
2. MATERIĀLI UN METODEDES.....	22
2.1. Materiāli.....	22
2.2. Lauka darbi .....	22
2.2.1. Urbumu izvietojumu izvēle.....	22
2.2.2. Urbumu veikšana un dokumentēšana .....	24
2.3. Laboratorijas darbu metodes.....	25
2.3.1. Granulometriskā sastāva analīze .....	25
2.3.2. Sietu analīze .....	27
2.3.4. Graudu noapaļotības analīze .....	35
2.3.5. Šķērsprofila izveide pētītajai teritorijai .....	38
3. PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN TO INTERPRETĀCIJA.....	40
3.1. Lauka darbu pētījumi.....	40
3.2. Graudu noapaļotības analīzes rezultāti.....	42
3.3. Granulometrisko analīžu rezultāti un to interpretācija .....	45
3.4. Ģeoloģiskais griezum.....	56
SECINĀJUMI .....	59
PATEICĪBAS .....	60
LITERATŪRAS SARAKSTS .....	61
PIELIKUMI.....	64

## IEVADS

Bārtavas līdzenuma vidusdaļas smilšainie nogulumu veido dažādas ģenēzes un dažāda granulometriskā sastāva nogulumus, kuri veidojušies Baltijas jūras baseina dažādās attīstības stadijās. Šīs teritorijas ģeoloģiskās attīstības pētniecība parasti balstījies uz seno krastu līniju un teritorijā sastopamo nogulumu izpēti, kuru sastāva izmaiņas vērojamas pat nelielā attālumā. Darba autoru ieinteresēja smilšaino nogulumu sastāva un veidošanās apstākļu izmaiņas.

Bakalaura darba mērķis bija izpētīt Leduslaikmeta beigu posma un holocēna smilšainos nogulumus Bārtavas līdzenuma vidusdaļā, galvenokārt, izmantojot nogulumu granulometrisku analīzi.

Lai sasniegtu bakalaura darba mērķi, autors izvirzīja sekojošus uzdevumus:

- 1) Iepazīties ar literatūru un kartogrāfisko materiālu par pētāmo teritoriju, kas sevī ietver informāciju par Baltijas jūras dažādām attīstības stadijām, to veidotiem nogulumiem un krasta līnijām;
- 2) Veikt lauka pētījumus, kas ietver urbšanas darbus un lauka novērojumus;
- 3) Iepazīties ar smilšaino nogulumu pētīšanas metodēm;
- 4) Veikt granulometriskā sastāva noteikšanu ar sietu un lāzerdifrakcijas metodēm;
- 5) Sastādīt teritorijas ģeoloģisko griezumus, izmantojot pētījumā iegūtos urbumu un granulometrisku analīžu datus;
- 6) Interpretēt pētījuma teritorijā sastopamo smilšaino nogulumu veidošanās apstākļus un to ģenēzi, izmantojot lauka un laboratorijas pētījumos iegūtos rezultātus.

Izstrādājot bakalaura darbu, tika iepazīta literatūra no dažādiem avotiem par Baltijas jūras dažādām attīstības stadijām, to veidotajiem ģeoloģiskajiem ķermeņiem, un to veidotajiem nogulumiem. Tika iepazītas dažādas, to skaitā modernākas smilšaino nogulumu izpētes metodes. 2010. gada martā tika veikti 3 urbumi pētāmajā teritorijā kursa darba ietvaros, bet detalizētāki lauka darbi norisinājās 2010. gada augustā un 2011. gada martā, kad tika izurbti vēl 28 urbumi, kuru kopējais garums sasniedz 50 metrus, un no kuriem noņemti 88 nogulumu paraugi. 12 paraugi tika izpētīti ar sietu granulometriskās analīzes metodi, bet 49 paraugi tika izpētīti ar lāzerdifrakcijas metodi Tallinas Tehnoloģiskās Universitātes Ģeoloģijas Institutā vecākās pētnieces Tīu Aliksāres vadībā.

Autors centās rekonstruēt pētāmās teritorijas ģeoloģisko attīstību un precizēt nogulumu ģenēzi, izmantojot smilšaino nogulumu izpētes rezultātus, pārsvarā koncentrējoties uz granulometriskā sastāva analīzēm rezultātiem.

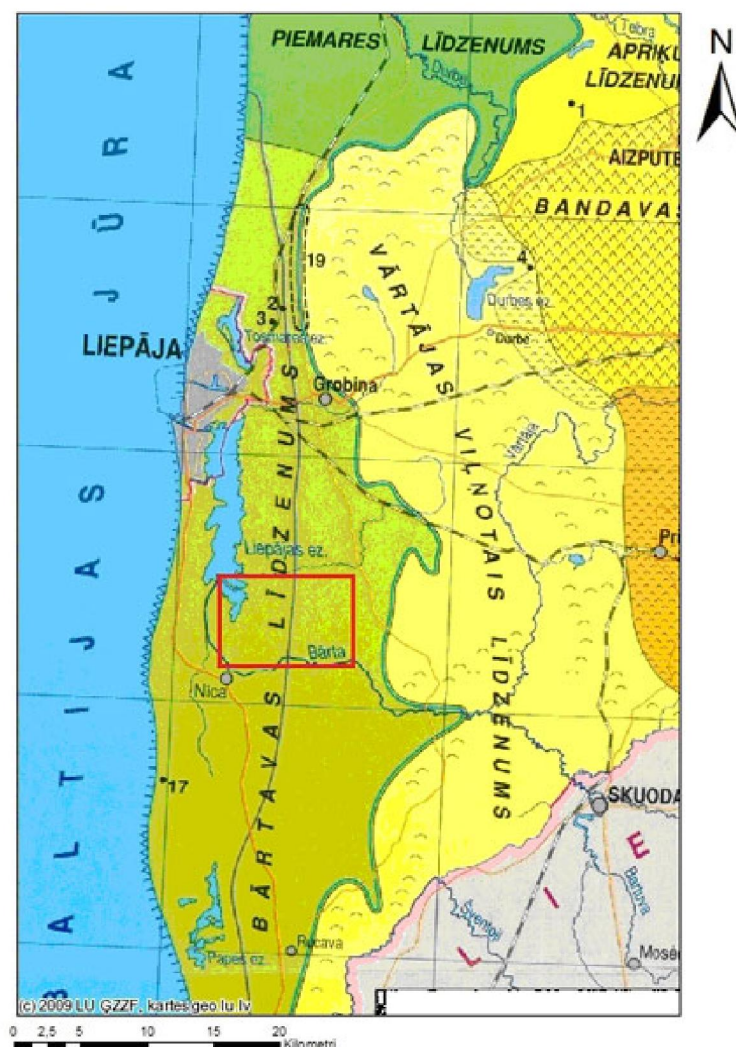
Bakalaura darbā ir veikts mēģinājums, pilnveidojot pētījumu metodes, izšķirt dažādas ģenēzes un arī atšķirīgus laika ziņā akumulētos smilšainos nogulumus, kas var būt nozīmīgi turpmākos pētījumos Baltijas jūras stadiju krasta līniju identificēšanā un korelēšanā.

Bakalaura darba pētījumu sākotnējie rezultāti tika prezentēti LU 69. zinātniskajā konferencē ar ziņojumu „Kūdras un citu kvartāra nogulumu veidošanās apstākļi Bārtavas līdzenuma vidusdaļā”.

# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Pētītās teritorijas vispārīgs ģeoloģisks raksturojums

Bakalaura darbā pētītā teritorija atrodas Bārtavas līdzenumā, tās vidusdaļā (1.1.att.). Bārtavas līdzenums aizņem no 5 līdz 20 km platu joslu gar Baltijas jūras krastu. Tā austrumu robežu ar Vārtājas viļņoto līdzenumu veido Baltijas ledus ezera krasta līnija, kas atrodas no 17 (pie Rucavas) līdz 30 (pie Medzes) augstumā (Juškevičs u.c., 1997).



*1.1.attēls. Izpētes teritorija (laukums ar sarkano kontūru) Bārtavas līdzenumā (LVGD Dabas apvidi).*

Līdzenuma reljefs izveidojies Baltijas baseinu abrāzijas un akumulācijas procesu darbības rezultātā. Teritorijas lielāko daļu aizņem Baltijas ledus ezera līdzenums, kura virsma ir lēzeni viļņota, ar atsevišķām kāpām vai līdz 5-6 m augstiem senajiem krasta veidojumiem -

krasta vaļņiem, kosām vai to sērijām. Gar jūras krastu līdz 7 m augstumam atrodas Litorīnas jūras līdzenums. Tas izveidojies lagūnas apstākļos un tikai vietām šeit novērojamas abrāzijas pēdas. Mūsdienās no Baltijas jūras to norobežo līdz 20 m augsta kāpu josla. Teritorija ir stipri pārpurvota, zemākajās vietās atrodas dažāda lieluma purvi un aizaugoši ezeri (Juškevičs u.c., 1997).

Pirmskvartāra iežu virsmas absolūtais augstums mainās no 22 metriem zem jūras līmeņa izpētes teritorijas rietumos, līdz 9 metriem zem jūras līmeņa teritorijas austrumu daļā (Juškevičs u.c., 1997), tādējādi zemkvartāra virsma, līdzīgi kā Bārtavas līdzenuma virsmas reljefs, pakāpeniski paaugstinās austrumu virzienā. Pirmskvartāra iežu augšējo slāņkopu šajā teritorijā veido karbona Nīcas svītas smalkgraudainie smilšakmeņi un aleirolīti (Juškevičs u.c., 1997), kam, domājams, nav tiešas ietekmes uz baseinu nogulumu akumulāciju leduslaikmeta beigu posmā un holocēnā.

Pirmskvartāra iežus pētītajā teritorijā pārsedz pēdējā – Vislas – apledojuļa glaciģēnie nogulumi, kuriem, savukārt, uzguļ jau minētie dažādu Baltijas jūras attīstības stadiju, purvu, eolie u.c. nogulumi. Holocēna nogulumu uzkrāšanās viens no ietekmējošiem faktoriem, neapšaubāmi, bija glaciģēno nogulumu – morēnas mālsmilts vai smilšmāla vājā ūdenscaurlaidība, kas nosacīja gan gruntsūdens, gan arī seklo lagūnu līmeņa svārstības.

## 1.2. Pētītās teritorijas ģeoloģiskā attīstība Leduslaikmeta beigu posmā un holocēnā

Pētītās teritorijas ģeoloģiskā attīstība leduslaikmeta beigu posmā un Holocēnā ir tieši saistīta ar Baltijas jūras baseina attīstību, jo līdzenuma reljefs izveidojies Baltijas baseinu abrāzijas un akumulācijas procesu darbības rezultātā (Juškevičs u.c., 1997), līdz ar to ir jāapskata Baltijas jūras baseina attīstība šajā laika posmā, kas iesākās ar pēdējā – Vislas apledojuļa atkāpšanos.

Ledājam pakāpeniski atkāpjoties no Latvijas, lokālie kušanas ūdeņu ezeri pakāpeniski notecēja – no augstākiem uz zemākiem, līdz visi lokālo nosprostu ezeri saplūda plašajā Baltijas ieplakā un atkāpjošās ledus malas priekšā radīja lielu kušanas ūdeņu baseinu – Baltijas ledus ezeru ar augstu paceltu ūdens līmeni. Kā jau atzīmējis Verners Zāns (1937), ka lai gan ziemeļos tam nebija dabīga sauszemes krasta, bet tādu veidoja ledāja siena, tas tomēr uzskatāms par Baltijas jūras pirmo attīstības stadiju leduslaikmeta beigās.

## 1.2.1 Baltijas ledus ezers

Baltijas ledus ezers ir pirmā Baltijas jūras attīstības stadija, kas izveidojās pirms 11500 gadiem, kad Dienvidbaltijas pieledāju ezeru ūdenstilpes ar laiku palielinājās un saplūda kopā. (Danilāns, 1994). Autori Houmarks-Nielsens un Kjārs gan norāda, ka pirmā deglaciācijas baseina – Baltijas ledus ezera aizmetņi parādījušies jau pirms 16 tūkstošiem kalendāriem gadiem (Houmark-Nielsen and Kjær, 2003).

Pēc ledāja atkāpšanās, plašas Baltijas teritorijas bija klātas ar ledus aizdambētiem ezeriem un periglaciālie apstākļi dominēja šajās teritorijās. Aukstie ūdeņi un periglaciālie ezeri bija gandrīz bez dzīvās radības, vienīgi uz sauszemes bija sastopama nabadzīga tundras veida veģetācija (Raukas et al., 1995).

Savā sākumstadijā Baltijas ledus ezers bijis vienādā līmenī ar Pasaules okeāna ūdens līmeni, jo bija savienots ar Pasaules okeānu caur Ēresunda (Öresund) šaurumu, kura gultne teritorijā starp Kopenhāģenu un Malmi sastāvēja no glaciģēniem nogulumiem, kuri pārsedza krīta nogulumus. Šajā teritorijā glacioizostatiskā celšanās bija straujāka nekā Pasaules okeāna ūdens līmeņa celšanās un caur šaurumu plūda prom ūdens, erodējot glaciģēnos nogulumus. Kad straumes, kas plūda cauri šaurumam, sasniedza ar kramu bagātos krīta nogulumus, erozijas process nobremzējās. Tas bija ļoti nozīmīgs pavērsiens Baltijas ledus ezera attīstībā, jo baseins turpināja celties glacioizostācijas dēļ, bet tā kā tas nosprostojās, tad izveidojās noslēgts ezers. Pamatojoties uz labi redzamām, straujām piekrastes izvietojuma maiņām apkārtnē pie Blekinges, Zviedrijā, ir konstatēts, ka šis process ir norisinājies pirms 14 tūkstošiem kalendāriem gadiem (Andrén et al., 2011).

Tā kā izostastiskā celšanās Ēresundas apkārtnē bija krietni straujāka nekā Pasaules okeāna līmeņa celšanās, tad augstuma starpība starp Baltijas ledus ezeru un okeāna līmeņiem pakāpeniski cēlās. Ir novērtēts, ka šī atšķirība starp ūdens līmeņiem pirms 13 tūkstošiem kalendāriem gadiem bija 10 m (Björck, 2008), un ir vairākas pazīmes, kas liecina, ka ap šo laiku Baltijas ledus ezeram izveidojās pirmais noteces savienojums ar Pasaules okeānu (Andrén et al., 2011).

Atkarībā no ledus atkāpšanās gaitas un zemes garozas svārstībām, Baltijas ledus ezers pārdzīvoja vismaz 5 dažādas stadijas (B I – B V). Starplaikos reizēm tā līmenis ievērojami pazeminājās un saldūdens stadijas tika pārtrauktas ar sālūdens ieplūšanu. Tā starp B II un B III stadijām uz neilgu laiku Baltijas baseinā pastāvēja marīnā Z-stadija, bet starp B III un B IV pastāvēja vecākā Joldijas jūra. Pēc tam, ledus malai vēlreiz nedaudz pavirzoties uz dienvidiem, sakars ar okeāna ūdeņiem vēlreiz pārtrūka un noslēgtajā Baltijas baseinā ūdens līmenis atkal pacēlās ap 17 – 18 m virs okeāna (B IV un B V) (Zāns, 1937).

Lai gan nav zināmas visas detaļas par Baltijas ledus ezera pēdējo drenāžu, tomēr ir vairāki neatkarīgi pierādījumi tam, ka notika pēkšņa līmeņa pazemināšanās no 25 metriem virs okeāna līmeņa līdz okeāna līmenim, kas norisinājās viena līdz divu gadu īsā periodā tieši pirms holocēna sākuma (1.2.att.) (Björck et al., 1996.; Jakobsson et al., 2007), kas ir datēts ar laiku pirms 11,7 tūkstošiem kalendāro gadu (Walker et al., 2009).



*1.2.attēls.* **Baltijas ledus ezers maksimālās izplatības laikā tieši pirms pēdējās drenāžas, kas notika pirms 11,7 tūkstošiem kalibrētajiem gadiem (Andrén et al., 2011).**

Pirmajās Baltijas Ledus ezera stadijās (Bgl I un Bgl II), kuras bija transgresīva rakstura, gar Latvijas piekrasti eksistēja tādi seklūdēns Usmas, Salienas un Bārtas līči un Usmas līcī pat bija vairākas salas (Veinbergs, 1989).

Bgl III stadija bija regresīva rakstura. Bgl IIIb un Bgl IIIc baseini attīstījās pēc pamatīga baseina ūdens līmeņa pacelšanās (par 4 – 5 m) laikā, kad baseina krastos pamatā norisinājās regresija (Veinbergs, 1980).

Bgl IIIb stadijas krasta līnija visaugstāk ir Kurzemes ziemeļos – Slīterē 39 m v.j.l., Vidālē 35 m v.j.l. Uz dienvidiem šī krasta līnija pakāpeniski samazinās: Alsungā 24 m, Lubē 30 m, Ainažos 25 m, Grobiņā 19 m, Tukumā 19 m, Paurupē 12 m, Zālītē 6 m v.j.l. Bārtas līcī Bgl IIIb krastu veido bāra tipa vaļņi dažus simtus metrus platumā, kas sastāv no smilts-grants materiāla un, kas uzguldīti Bgl III a fāzes Rucavas – Grobiņas pāržmaugas jūras malai (Veinbergs, 1996).

Bgl IIIb fāzes laikā Baltijas jūras piekrastē ievērojami samazinājās krasta abrāzija. Līču krastos pārsvarā notika sanešu akumulācija viļņu darbības rezultātā, un dažos posmos – arī krastu eolā akumulācija. Bāru un akumulatīvo terašu izplatība norāda uz to, ka Bgl III b baseins raksturojās ar sanešu pārvietošanos šķērsvirzienā krasta zonai (Veinbergs, 1996).

Pēc fāzes Bgl IIIb krasta abrāzijas posmi sašaurinājās, samazinājās arī krasta abrāzijas procesi. Baltijas ledus ezera pēdējās fāzes Bgl IIIc krasta līnija ar pārtraukumiem izsekojama tikai piekrastes dienvidu daļā. Šīs krasta līnijas absolūtie augstumi ir sekojoši: 19 m pie Kalnupēm, 17 m pie Grobiņas, 15 m pie Smārdes, 13 m pie Slamstiem un 5-6m pie Zālītes. Starp Paurupi un Rucavu krastu veido akumulatīvā terase dažus simts metru platumā, kuras sastāvā granšaina smilts ar oļiem. Virzienā uz ziemeļiem terase krasi sašaurinās un no Slamstiem līdz Grobiņai ir aprakta ar kāpu valni līdz 5 m augstumam. Spriežot pēc krasta formām, Bgl III c fāzes laikā Baltijas jūras piekrastē izlīdzinātas krasta līnijas apstākļos galvenokārt notika neliela krasta zonas sanešu akumulācija, kuras fāzes beigu posmā nomainījās ar eolajiem procesiem (Veinbergs, 1996).

Baltijas ledus ezera dažādo stadiju krastu līnijas labi novērojamas Igaunijas un Latvijas piekrastēs un krasta līniju dažādie absolūtie augstumi liecina par straujāku izostāziju Z un ZR virzienā pēcleduslaikmetā (Zāns, 1937; Grīnbergs, 1957; Raukas et al., 1995). No šī senkrasta uz jūras pusi izplešas plašs abrāzijas līdzenums, kurā vietām senāki kvartāra nogulumi noskaloti līdz pat devona iežu pamatam, kā, piemēram, pie Kapsēdes. Pārsvarā gan šai līdzenumā vēlāk uzguldi jaunāki smilts un citi nogulumi (Zāns, 1937).

Baltijas ledus ezera nogulumi klāj lielu Piejūras zemienes teritorijas daļu. Baltijas ledus ezera maksimālajam līmenim atbilstošie krasta veidojumi zemes garozas nevienmērīgas pacelšanās rezultātā tagad atrodas no 17 m (Rucava) līdz 30 m (Apriķi) virs jūras līmeņa. Šā baseina krasta vaļņos uzkrājās dažādgraudaina smilts ar granti un oļiem. Tās biezums sasniedz 10 m un vairāk metru. Tālāk uz Baltijas jūras pusi pārsvarā sastop 2 - 6 m biezu smalkgraudainu smilti, kuras pamatnē nereti sastop arī grants un oļu piejaukumu. Baltijas ledus ezera krasta vaļņos atklātas vairākas smilts - grants atradnes (Misāns u.c., 2003).

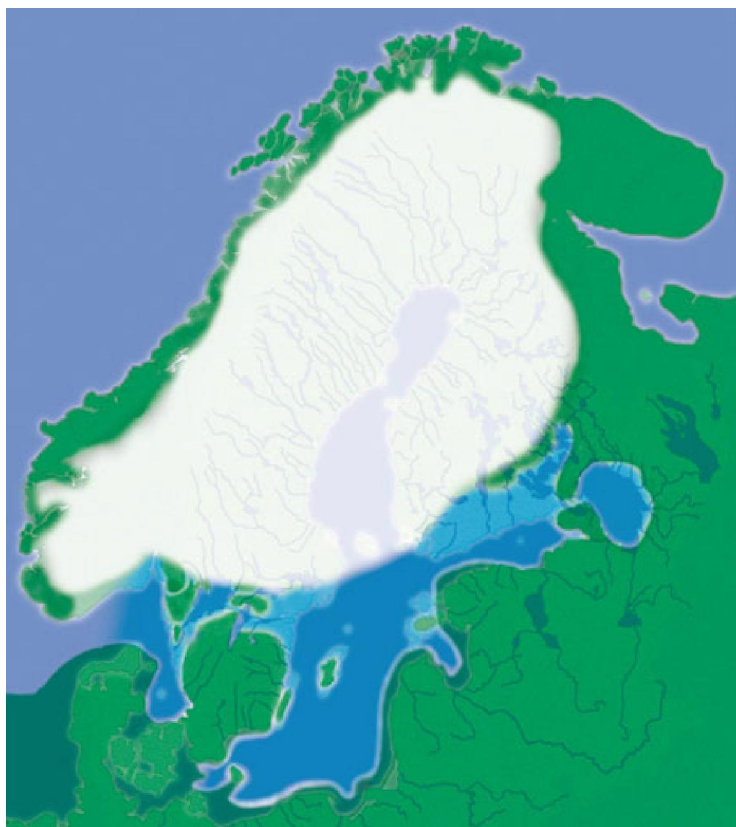
### 1.2.2. Joldijas jūra

Nākošā Baltijas jūras baseina stadija pēc Baltijas ledus ezera ir Joldijas jūra, kas vairāk vai mazāk sakrīt ar Holocēna sākumu un ar šim laika posmam – alerodam raksturīgu strauju klimata pasiltināšanos (Walker et al., 2009; Kabailiene and Raukas, 1987). Tās pastāvēšanas ilgums bija pirms 11,7 līdz 10,7 tūkstošiem kalendāro gadu (Andrén et al., 2011). Joldijas

jūras līmenis bija vienāds ar toreizējo Pasaules okeāna līmeni, bet daudz zemāks par pašreizējo Baltijas jūras līmeni (Donner, 1995).

Ūdens apmaiņa ar okeānu notika ļoti lēni un tikai pēc 200 gadiem sāļie ūdeņi nokļuva līdz Stokholmas apkārtnē, bet vēl pēc 100 gadiem nonāca līdz Somijas krastiem (Гринбергс, 1957). Par šo iesāļā ūdens fāzi liecības sniedz iesāļa ūdens iemītņieku *Portlandia (Yoldia) arctica* (Andrén et al., 2011).

Sakarā ar intensīvo glacioizostāziju Zviedrijas centrālajā dienvidu daļā, šaurums, kas savienoja baseinu ar Pasaules okeānu, strauji izzuda, tādējādi aprīma arī lielā sālsūdens pieplūde baseinam (1.3.att.).



1.3.attēls. Joldijas jūra sāļūdens perioda beigās (Andrén et al., 2011).

Tādējādi Joldijas jūra tika pārvērsta saldūdens baseinā, lai gan kādu laiku tai vēl bija savienojums ar Pasaules okeānu caur Vēnera ezeru un caur ieleju sistēmām tālāk rietumos. Izostatiskā celšanās teritorijās ap Vēnera ezeru likvidēja izeju caur to un baseina ūdens vairs nespēja pārplūst uz Pasaules okeānu. Tas iezīmē Joldijas jūras stadijas beigās (Andrén et al., 2011).

### 1.2.3. Ancilus ezers

Tad, kad izzuda savienojumi rietumos no Vēnera ezera un ūdens līmenis baseinā sāka celties, sākās nākošā Baltijas jūras baseina attīstības stadija – Ancilus ezers. Tā pastāvēšanas ilgums bija pirms 10,7 līdz 9,8 tūkstošiem kalendāriem gadiem. Šī ezera nogulumi parasti satur maz organiskā materiāla daļēji tāpēc, ka baseinā ieplūda kušanas ūdeņi no deglaciācijas apgabala Skandināvijā, kā arī tāpēc, ka ledāja atkāpšanās vēl plaši izplatītas bija vāji izveidojušās – pirmatnējas augsnes. Tādējādi ūdenī ieplūda maz barības vielu, ar ko izskaidrojama zemā bioloģiskā produktivitāte Ancilus ezera ūdenī (Andrén et al., 2011).

Teritorija turpināja strauji celties, it sevišķi ziemeļos, kur agrāk bija ūdeņu noplūdes apgabals, tādējādi izveidojās situācija, kad ziemeļos bija novērojama lēna, pakāpeniska regresija, bet tai pašā laikā dienvidos bija dažādas izplatības transgresija, atkarībā no tā, vai teritorija cēlās, vai arī iegrimā (1.4.att.) (Andrén et al., 2011).



**1.4.attēls. Ancilus ezers tā maksimālās transgresijas laikā pirms 10,5 tūkstošiem kalendāriem gadiem (Andrén et al., 2011).**

Tā kā Ēresundas apkārtnē cēlās straujāk, nekā noplūdes apgabali tālāk dienvidos, tad šie apgabali palika zemāki par Ēresundas šaurumu. Teritorija starp Darsu un Monu bija appludināta ar Ancilus ezera ūdeņiem un caur Meklenburgas līci un Femarnas Beltu, kā arī caur Lielo Beltu izveidojās milzīga upe, pa kuru palēnām noplūda Ancilus ezera ūdeņi,

pazeminot tā līmeni par 5 metriem. Turpmāk Dānijas teritorijā izveidojās plaša upju sistēma, caur kuru turpināja noplūst ūdeņi. Laikā, kad Pasaules okeāna līmenis Kategata līcī sasniedza Ancilus ezera līmeni, ir bijusi iespējama sāļūdens iekļūšana Ancilus ezerā caur plašo upju sistēmu. Kā Ancilus ezera pastāvēšanas beigas tiek norādīts laika brīdis, kad ezera ūdens līmenis bija vienāds ar okeāna līmeni un ir manāmas pirmās marīnās ietekmes kopš Joldijas jūras pastāvēšanas laika (Andrén et al., 2011).

Latvijas rietumu daļā, netālu no Baltijas jūras, ir izsekojamas Ancilus ezera krasta līnijas. Kurzemes ziemeļos pie maksimālā ūdens līmeņa ezera krasta līnija atradās 14 – 17m v.j.l. Ancilus ezera līdzenums šauras joslas veidā (platums 2 – 8 km) novērojams Baltijas jūras piekrastes ziemeļu daļā – starp Užavu un Slīteri (Гринбергс, 1957).

Visā Dienvidbaltijā, tai skaitā arī pētītajā teritorijā Ancilus ezera krasta līnija atrodas zem tagadējā Baltijas jūras līmeņa, tāpēc šeit nav sastopami Ancilus ezera nogulumi.

#### 1.2.4. Litorīnas jūra

Pētījumi Blekinges arhipelāgā (Berglund et al. 2005) un Bornholmas baseinā (Andrén et al., 2000) sniedz pirmās liecības par iesāļa ūdens iekļūšanu Baltijas baseinā pēc Ancilus ezera un tās ir datētas ar laiku pirms 9,8 tūkstošiem kalendāriem gadiem. Šis periods, kurā ir ļoti neliela sāļūdens ietekme, eksistēja pirms 9,8 līdz 8,5 tūkstošiem kalibrētiem gadiem un daži pētnieki to ir nosaukuši par Agro Litorīnas jūru (Andrén et al., 2000). Autors skaidro, ka šīs stadijas sākumā pilnībā izkusa ledājs Skandināvijā un lai gan lielākajā daļā Baltijas jūras krastu notika regresija, tomēr izostatiskā nulles līnija, uz kuras ir zemes pacelšanās – grimšanas līdzsvars, pavirzījās uz ziemeļiem. Šīs stadijas sākumā izostatiskā nulles līnija, bija teritorijā starp Zviedrijas dienvidaustrumiem un Igauniju, tas nozīmē, ka teritorija uz dienvidiem no šīs līnijas piedzīvoja transgresiju. Autoram nav pilnībā skaidrs, cik ilgs laika periods pagāja, kamēr izbeidzās šis saldūdens – iesāļa ūdens baseina periods, bet ir zināms, ka šis periods ilga vismaz 1000 gadus (Andrén et al., 2011).

Litorīnas jūras perioda iesākums ir noteikts pēc litoloģiskām izmaiņām Baltijas jūras urbumu serdēs, kur ir labi redzams organiskā materiāla un sāļūdens kramalģu skaita pieaugums. Ir bijušas diskusijas par to, vai šī pēkšņā organiskā oglekļa pieaugums ir saistāms tikai ar izmaiņām bioloģiskajā aktivitātē, vai arī tomēr ogleklis labāk saglabājies skābekļa trūkuma dēļ (Sohlenius et al., 1996).

Pētnieki saskaras ar datēšanas problēmām, jo nav iespējams precīzi nodatēt pāreju no saldūdens stadijas uz sāļūdens stadiju. Parasti šai pārejai pieskaita radioaktīvā oglekļa <sup>14</sup>C datējumus ar laiku pirms 8,5 līdz 8 tūkstošiem kalibrētajiem gadiem (Sohlenius et al., 1996),

bet Kroteka (Kortekaas et al., 2007) izstrādātie uz OSL (optiski stimulētās luminiscences) metodes bāzētie dziļuma-vecuma modeļi sniedz 6,5 tūkstošus kalendāro gadu vecumu tai pašai pārejai Arkonas baseinā.

Litorīnas jūras savienojums ar okeānu Ēresundā un Lielajā Beltā paplašinājās un kļuva dziļāks pirms 6 tūkstošiem kalendāro gadu, kas rezultējās ar ūdens sāļuma palielināšanos (Westman and Sohlenius, 1999). Balstoties uz modeļa aprēķiniem, Gustavsons un Vestmans (Gustafsson and Westman, 2002) nonāca pie secinājumiem, ka ūdens apmaiņas apgabalu morfoloģijas un dziļuma izmaiņas tikai daļēji ietekmēja sāļuma izmaiņas baseinā pēdējos 8 tūkstošus kalendāros gadus. Viņi izdarīja secinājumu, ka nozīmīga ietekme sāļuma izmaiņām baseinā bija saldūdens pieplūde. Laikā, kad Litorīnas jūras baseina ūdeņi bija vissāļākie, saldūdens pieplūde baseinam bija par 15 līdz 60% zemāka, nekā mūsdienās un tas bija aptuveni pirms 6 tūkstošiem kalibrētiem gadiem (1.5.att.).



**1.5.attēls. Litorīnas jūra pirms 6,5 tūkstošiem kalibrētiem gadiem, kad tās ūdeņi bija vissāļākie** (Andrén et al., 2011).

Latvijā konstatētas divu Litorīnas jūras transgresiju pēdas – pirmā (Lit<sub>a</sub>) norisinājās atlantiskā laika vidū, bet otrā (Lit<sub>b</sub>) – subboreālajā laikā (Danilāns, 1994). Maksimālā Litorīnas transgresija (Lit<sub>a</sub>) bija apmēram pirms 4000 – 6000 gadiem klimatiskā optimuma laikā pēc Grīnberga datiem (Гринбергс, 1957).

Litorīnas laika pirmajā atlantiskajā periodā klimats kļuva arvien siltāks un arī ievērojami mitrāks. Šajā laikā, iespējams, ezeru līmeņi pacēlās un sāka spēcīgi attīstīties purvi (Zāns, 1937).

Litorīnas jūras Lit<sub>a</sub> stadija bija transgresīva. Šis fakts konstatējams ļoti daudzās vietās, kur sāļūdens nogulumi pārsedz saldūdens vai eolos nogulumus. Šī transgresija aizsākās Atlantiskā laika sākumā un sasniedza savu maksimumu pēcdeduslaikmeta klimatiskajā optimumā (Veinbergs, 1979). Sākotnēji Lit<sub>a</sub> stadija raksturojas ar meandrējošu piekrastes līniju. Vēlāk, regresijas laikā, lieli smilšu bāri izveidojās iepretim līčiem, tādējādi nošķirot līčus no jūras un izveidojot lagūnas (Veinbergs, 1989).

Latvijas teritorijā Litorīnas krastu līnija izsekojama gar visu piekrasti. Litorīnas jūras krasta līnija tāpat kā Ancilus ezera krasta līnija pazeminās dienvidu virzienā no 14 m Ventpils apkārtnē līdz 7 m Pāvilostā un 6,5 m Papes ezera apkārtnē (Гринбергс, 1957).

Par to, ka ziemeļos Litorīnas jūras vecāko stadiju krasti guļ augstāk par jaunākajiem, un dienvidos, sakarā ar straujāku zemes garozas celšanos ziemeļu apgabalos, vēlākās stadijas pārpludināja vecākās, jau atzīmējis V.Zāns (1937). Ar to varētu būt izskaidrojams tas, kāpēc Latvijā Piejūras zemienē jaunāko transgresiju veidojumi pārsedz vecākos.

Otru Litorīnas laikmeta daļu, pēc klimatiskā optimuma laikiem, sauc par subboreālo periodu. Tad klimats kļuva sausāks, kontinentālāks. Ar to varētu būt saistāma ezeru līmeņu krišanās, samazinās arī avotkaļķu rašanās. Pēc V.Zāna priekšstatiem par subboreālā klimata sausumu liecina arī tā laika kūdras augstāka sadalīšanās pakāpe (Zāns, 1937). Šajā laikā piekrastē varēja būt aktīvāka kāpu veidošanās un pārvietošanās.

Maksimālais ūdens līmenis otrajā (Lit<sub>b</sub>) transgresijas laikā bija 4 metrus zemāk nekā pirmās transgresijas laikā, tāpēc mūsdienās šīs transgresijas pēdas ir vāji izteiktas, un tās ir tikai nedaudz virs tagadējā jūras līmeņa (Veinbergs, 1980).

Litorīnas jūras nogulumi izplatīti gar Baltijas jūras piekrasti līdz 7 - 8 m augstumam virs jūras līmeņa. Vietām tos pārklāj ezeru, purvu un eolie nogulumi. Litorīnas jūras bijušajā krasta joslā sastop dažādgraudainu smilti ar granti, oļiem. Gandrīz gar visu jūras krastu dienvidos no Liepājas Litorīnas jūras laikā pastāvējusi lagūna, kurā uzkrājies 2 — 4 m biezs smilts un aleirītu slānis ar ievērojamu organisko vielu piejaukumu, arī sapropelis. Pašlaik bijušajā lagūnā saglabājušies seklie Papes, Liepājas un Tosmares ezeri. No atklātās jūras lagūnu norobežoja dažāda graudainuma smilts veidota nērija jeb sērēklis. Smilts šeit vietām satur nelielu grants piejaukumu, atsevišķus oļus un dzintara gabaliņus. Litorīnas jūras nogulumu biežums šeit sasniedz 6-8 m (Misāns u.c., 2003).

### 1.2.5. Pēclitorīnas jūra jeb Limnea jūra

Baltijas jūras sāļums kopš agrās Litorīnas pakāpeniski ir samazinājies, tādēļ virkne zinātnieku (Kabailiene and Raukas, 1987; Gudelis, 1976) izdala vēl vienu attīstības stadiju ar nosaukumu Limnejas jūra, norādot, ka tā ir mazāk sāļa Baltijas jūras stadija holocēnā. Sāļuma izmaiņas notika ļoti lēni un pakāpeniski, tādēļ ir ļoti grūti novilkt robežu starp Litorīnas un Limnea jūras stadijām. Pēc dažu zinātnieku domām tās apakšējā robeža jāliek holocēna siltā perioda beigās (Гуделис, 1976).

Marīnā Litorīnas fauna sāka atkāpties uz baseina DR daļu, kur vēl bija sāļāks ūdens. Tur tā daļēji saglabājusies līdz mūsdienām, bet dažas formas, kā, piemēram, *Litorina litorea*, izzuda. To vietā Baltijas jūras baseinā ieviesās citas, mazāk sāļam ūdenim raksturīgas formas, kā *Limnaea ovata f. Baltica*, pēc kuras arī nākošā Baltijas jūras sāļūdens stadija tika nosaukta par Limnejas jūru (Zāns, 1937).

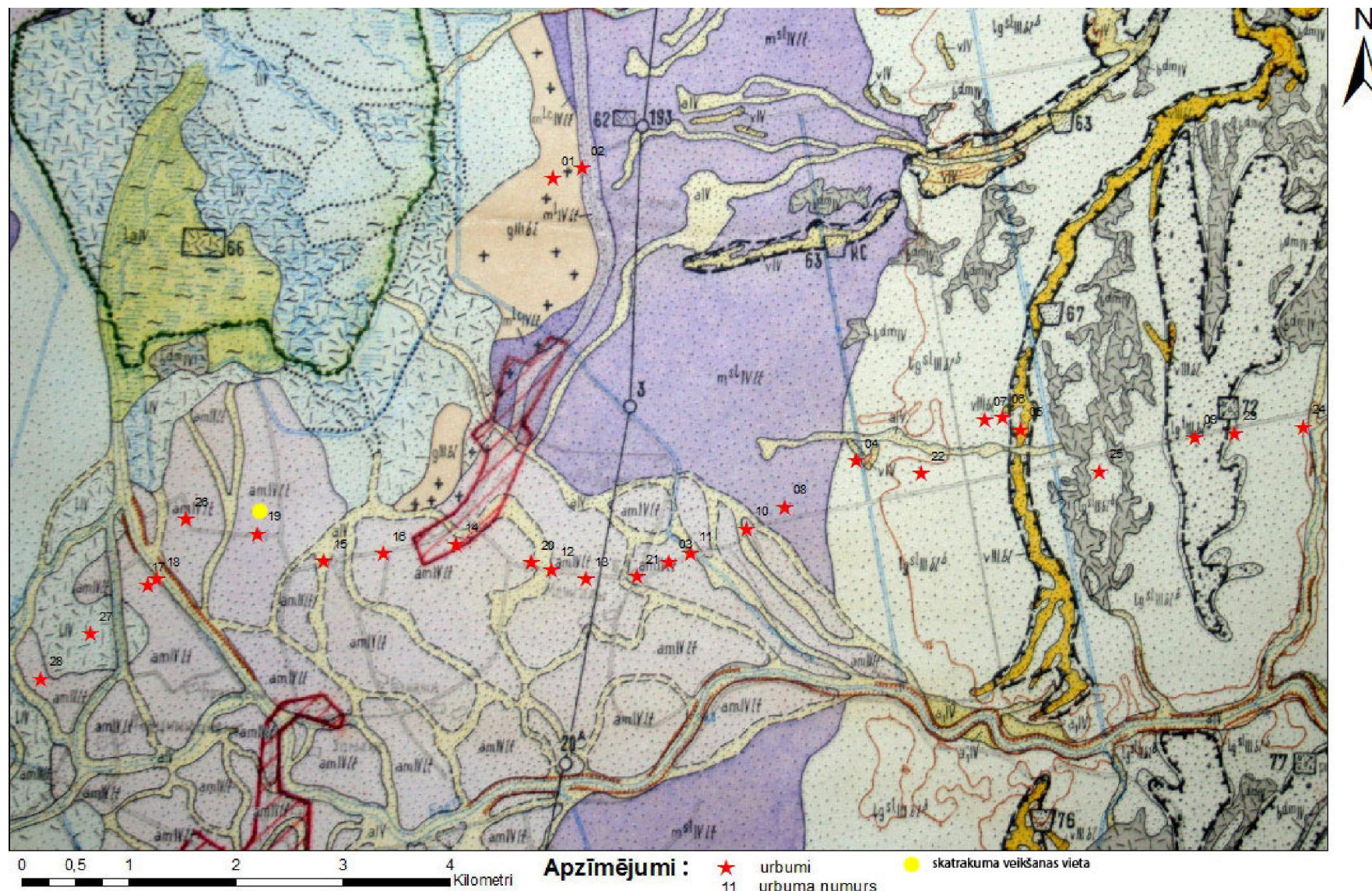
### 1.3. Leduslaikmeta beigu posma un holocēna smilšaino nogulumu raksturojums pētītajā teritorijā

Pētītajā teritorijā ir sastopami dažādi leduslaikmeta beigu posma un holocēna nogulumi, tai skaitā ļoti plaši pārstāvēti smilšaini nogulumi. Šie nogulumi veidojušies dažādos Baltijas jūras attīstības stadiju baseinos, dažādās baseina fāciju zonās, kā arī šo baseinu piekrastē, to tuvumā, kā arī ir sastopami glacigēnie nogulumi, kurus ir ietekmējuši – skalojuši teritorijā pastāvējušie baseini (1.6.att.).

Pētītajā teritorijā plašus apgabalus aizņem Baltijas ledus ezera piekrastes nogulumi  $lg^{sl}Q_3 bl^b$  ( $lg^{sl}IIIbl^b$ ), kuri izvietoti teritorijas austrumos un tie pārstāv teritorijas hipsometriski augstāko daļu. Tie ir veidojušies baseina gultnē (zemūdens daļā) un ir smalkgraudaina smilts dzeltenā, brūnā vai pelēki dzeltenā krāsā, ar retiem, smilšaina vai mālaina aleirīta starpslāņiem (Tracevskis u.c., 1984).

Griezuma apakšējā daļā parasti tiek novērots daudz rupjāks materiāls – dažādgraudaina smilts ar granti un oļiem, augšējā daļā to pakāpeniski nomaina horizontāli slāņota smilts ar retiem smilšaina aleirīta starpslāņiem. Slāņojumu iezīmē nogulumu krāsas un granulometriskā sastāva maiņa. Atsegumu augšējā daļā smalkgraudainajā materiālā slāņojums nav saskatāms. Zemūdens nogāžu nogulumos ir novērojams ritmiskums: transgresija, tās maksimums un regresija (Tracevskis u.c., 1984).

Teritorijas austrumos sastopamas divas vairāk vai mazāk lineāras un savā starpā un arī jūras krasta līnijai paralēlas formas, kuru absolūtais augstums ir vislielākais pētītajā teritorijā: Baltijas ledus ezera krasta vaļņu nogulumu  $lg^I Q_3 ltv\ bl^b$  ( $lg^I III\ bl^b$ ) un kāpas (Tracevskis u.c., 1984).



1.6.attēls. Bārtavas līdzenuma vidusdaļas nogulumi 1:50'000 kvartārģeoloģiskā kartē (Tracevskis u.c., 1984).

Dažādu Baltijas ledus ezera baseina attīstības stadiju krasta vaļņus veido galvenokārt smilšaini-granšaini – oļaini nogulumi, kuros grants īpatsvars var sasniegt pat 60% un reizēm pat vairāk. Pie tiem pieskaita plaši izplatītus Baltijas ledus ezera krasta vaļņus un strēles, kas veidojušies kā piekrastes formas un tie atdalījuši plašas, seklas lagūnas no baseina. Šķērsgriezumos bāros un kosās skaidri novērojama divdaļīga uzbūve. Apakšējā daļā raksturīgi bieza slīpslāņota grants – oļu slāņkopa. To pārsedz slīpslāņota smilts sērijas ar dažādu rupjdrupu materiāla piejaukumu, kas atspoguļo vismaz vienu transgresīvi – regresīvo ciklu. Strēlēs tiek novērota vairākkārtēja slāņkopu mija, kas norāda uz cikliskumu, tādējādi arī par baseina līmeņa izmaiņām (Tracevskis u.c., 1984).

Otru šādu lineāro joslu veido Baltijas ledus ezera piekrastes eolie nogulumi  $vQ_3^{bl}$  (vIIIbl). Reizēm tie tiek konstatēti virknēs un vaļņos. Dažādu autoru darbos minēts (Tracevskis u.c. 1984; Veinbergs, 1980, 1996; Grīnbergs, 1957), ka minēto eolo nogulumu izplatība un to akumulācijas formas sakrīt ar Baltijas ledus ezera krasta veidojumiem, piemēram, starp Bārtas un Ālandes upēm, kur senās kāpas veido nepārtrauktu joslu 100 – 250 m platumā. Tās ir tipiskas arī tā paša vecuma deltām, to augstākajā daļā, piemēram, Liepienos un Ālandē. Eolo nogulumu biezums ir no 1,5 līdz 5 – 8 m un tie ir līdzvērtīgi kāpu augstumam. Tie ir labi šķirotas smalkgraudainas smiltis. Salīdzinot ar mūsdienu eolajiem nogulumiem, pirmkārt atšķiras ar augstāku dzelzs savienojumu saturu un ar palielinātu smalko frakciju ( $< 0,005$  mm) daudzumu (Tracevskis u.c., 1984), kas ir būtiski veicot to identificēšanu.

Litorīnas jūras piekrastes nogulumi  $m^{sl}Q_4lt$  ( $m^{sl}IVlt$ ) ir izplatīti pētītās teritorijas centrālajā daļā un arī šī josla ieņem paralēlu novietojumu, attiecībā pret jūras krastu. Pēc ģeologu (Tracevskis u.c., 1984) pētījumiem, šie nogulumi veido zemūdens nogāzes fāciju un izplatīti no Baltijas jūras puses kā plaša (2,5 – 3 km) josla no Baltijas jūras līdz maksimālai Litorīnas jūras transgresijas atzīmei. Zonā starp Baltijas jūru un lagūnezeru (Papes, Liepājas, Tosmares) austrumu krastiem – tie ir pārklāti ar citu fāciju nogulumiem, kas ir tāda paša vecuma. Tajos izsekojamas paralēlas, šauras smalkgraudainas smilts sērijas, ievērojami retāk – vidējgraudainas smiltis, tomēr dažādo fāciju mija sarežģītā nogulumu ģenēzes apstākļu noskaidrošanu. Šajos nogulumos ir vairāki starpslāņi, kas ir bagāti ar augu atliekām, kuros ir sastopamas lēcas ar augstu tumšo minerālu saturu. Vietām sastopami dzintara fragmenti, ieskalots sapropelis un gliemežvāku atlūzas (Tracevskis u.c., 1984).

Pētītās teritorijas dienvidrietumu apgabalā sastopami nogulumi, kas ģeoloģiskās izpētes materiālos (Tracevskis u.c., 1984) klasificēti kā aluviālie-jūras nogulumi  $amQ_4lt$  ( $amIVlt$ ). Tie tiek attiecināti uz Bārtas upes deltas apgabalu, un veido saliktas ģenēzes Litorīnas laika reljefa formu. Tomēr, pēc autora domām, upes saneši, kas akumulējušies marīnos apstākļos pie

grīvas, būtu klasificējami kā marīnie nogulumi un upes deltas nogulumi kā aluviālie. Tomēr acīmredzot mainīgais jūras līmenis un sanešu akumulācijas apstākļu noskaidrošana ir viens no sarežģītākajiem uzdevumiem, kurš, iespējams, nav atrisināms bakalaura darba ietvaros. Nogulumi ir pelēkas un dzeltenbrūnas, smalkgraudainas smiltis, zilganpelēki un pelēcīgi brūni māli un pelēcīgi brūnas, mālainas smiltis. Zem tiem atrodas Baltijas ledus ezera un Litorīnas jūras nogulumi, kuri daļēji pārklājas ar aluviālajiem limno-aluviālajiem un limniskajiem nogulumiem, smalkgraudainiem nogulumiem un organiskajām atliekām. Raksturīgas biezuma izmaiņas robežās no 0,8 – 4,5 m, vairums sastopami 1,0 – 1,5 m biezumā (Tracevskis u.c., 1984).

## 2. MATERIĀLI UN METODEDES

### 2.1. Materiāli

Tika izmantoti jau autora kursa darbā izmantotie materiāli, kā arī dažādi citi materiāli, bet uzsākot bakalaura darbu, autors iepazinās ar vēl jaunāku literatūru par pētāmo teritoriju, lai labāk izprastu teritorijas ģeoloģisko uzbūvi un iespējas teritorijas pētīšanā. Tika iepazīta literatūra par pētāmā apgabala ģeoloģisko attīstību, lai noskaidrotu, kādi rezultāti būtu sagaidāmi. Tika iepazītas pētāmās teritorijas kvartārģeoloģijas, pirmskvartāra kartes, kuras sastādījuši V. Juškevičs u.c., un dažādas topogrāfiskās kartes, pēc kurām tika noteiktas vietas, kur būtu jāveic urbšana, kā arī tās tika izmantotas, lai noteiktu absolūtos augstumus urbumiem. Liels ieguvums tika no iepazīšanās ar 1984. gadā veiktās ģeoloģiskās kartēšanas mērogā 1:50'000 atskaiti, kuru autori ir Tracevskis u.c., kur tika iegūta samērā detaļa informācija par pētīto teritoriju.

### 2.2. Lauka darbi

Kad autors bija iepazinies ar literatūru un kartogrāfiskajiem materiāliem, tika izvēlētas vietas, kurās būtu nepieciešams veikt urbumus un zondējumus. Sākotnējie lauka darbi tika veikti 2010. gada rudenī pēc divu dienu garumā, sadarbībā ar palīgu. Atkārtoti uz pētāmo teritoriju tika braukts 2011. gada pavasarī, pēc zemes virskārtas atkušanas. Bakalaura izstrādes gaitā tika veikti 28 urbumi, no kuriem tika iegūti kopumā 88 dažādi paraugi.

#### 2.2.1. Urbumu izvietojumu izvēle

Urbšana tika veikta trīs piegājienos: sākumā 2010. gada 25. un 26. augustā, kā laikā tika izurbti 19 urbumi, bet 9 urbumi tika izurbti 2011. gada 25. martā. Urbumi tika veikti, cenšoties ieturēt to lineāru savstarpēju izvietojumu rietumu – austrumu (3.19.att.) virzienā ar mērķi vēlākos izstrādes darbos uzzīmēt profilu šādā virzienā, kā arī analizēt pētāmo teritoriju no tāda paša skatu punkta. Urbumi tika veikti gan līdzenā reljefā, gan vietās, kur reljefs mainās. Lai gan mežā reljefs būtu grūti saskatāms, tomēr tā kā caur mežu stiepjas ceļš, kurš sakrīt ar manis izvēlēta profila virzienu un ir taisns (2.1.att.), tad tas palīdzēja noteikt reljefa maiņu un līdz ar to bija vieglāk izvēlēties urbumu vietas.



*2.1.attēls. Ceļš cauri mežam, pēc kura lauka apstākļos tika konstatētas reljefa izmaiņas (autora foto, 2011).*

Tika ņemts vērā arī izurbtais materiāls: kad tika konstatēts māls 3. urbumā, tika nolemts noteikt šī ģeoloģiskā ķermeņa izmērus pēc iespējas precīzāk, tāpēc urbumu izvietojumu biežums tika palielināts šajā apgabalā. Vairākās vietās, kur bija plānots veikt urbumus, tas nebija iespējams, jo šajās vietās izvietotas ēkas, kā, piemēram, starp 14. un 20. urbumu, kur atrodas ciemats Rude. Pats 14. urbums tika veikts Rudes centrā, netālu no Rudes pamatskolas (2.2.att.), nelielā parkā, jo tika izvērtēts, ka tā ir vispiemērotākā vieta netraucētas ģeoloģiskās informācijas iegūšanai šajā apgabalā, kā arī attēla redzamā grāvja rakšanas materiāls ticis izsviests pretējā grāvja pusē, līdz ar to urbuma datiem ir pamats ticēt.



*2.2.attēls. 14. urbuma vieta Rudes centrā, parkā, kur fonā redzama Rudes pamatskola (Madaras Mames foto, 2010).*

Tā kā urbumi biežāk tika izvietoti vietās, kur mainās reljefs un retāk tur, kur ir maz mainīgs reljefs, vai arī tas pēc autora domām nebija tik nepieciešams, tad mazākais attālums starp urbumiem ir 100 metri, bet lielākais ir 940 metri. Ņemot vērā visus urbumus, vidējais attālums starp urbumiem ir apmēram 500 metri.

### 2.2.2. Urbumu veikšana un dokumentēšana

Katrai urbuma vietai tika noteiktas GPS koordinātas ar Magellan Explorist 400 aparātu, koordinātas saglabājot gan aparātā, gan arī pierakstot tās lauka grāmatiņā. Reizēm lauka grāmatiņā tika veikts arī ieraksts par aptuveno urbuma atrašanās vietu, norādot zīmīgas vietas. Visi urbumi tika numurēti, sākot ar BDK01 jeb vienkārši ar 1. urbumu un tā līdz 28. urbumam. Darbā reizēm tiek lietots gan urbuma nosaukums ar „BDK” kodu priekšā, bet reizēm arī bez tā.

Urbšanai tika pielietoti divi dažādi aprīkojumi: 2010. gada rudenī tika pielietots vītņveida urbis ar urbja galvas diametru 8 cm. Lai gan ar šo urbi būtu ērtāk veikt urbšanu arī 2011. gadā, tomēr tajā reizē tas nebija pieejams un šajā urbšanas reizē tika pielietota gan 115 cm gara zonde, kuras diametrs ir 5 cm, gan slēgtas galvas tipa urbis, kura diametrs 8 cm. Šajā gadījumā sākumā vienmēr tika izmantota zonde, bet vajadzības gadījumā urbums tika turpināts ar urbi.

Visi urbumu iznākumi tika pareizā secībā salikti pie lineāla, lai varētu precīzāk aprakstīt urbumu, kā arī labāk izvēlēties uzskatamākos nogulumus, kurus paņemt kā paraugus.

Tā kā teritorijā ir augsts gruntsūdens līmenis, tad tas stipri ierobežoja urbšanas gaitu. Ļoti daudzos urbumos urbšanas dziļums sakrīt ar dziļumu, par kuru dziļāk vienkārši nebija iespējams ieurbt, jo gruntsūdens pieplūde no smilšainajiem nogulumiem padarīja urbuma iznākumu neizceļamu zemes virspusē – tas izkrita no urbja galvas. Šis fakts arī lielā mērā ietekmē bakalaura darba pētītās teritorijas izpētes dziļumu. Augstāks gruntsūdens līmenis bija 2011. gada pavasarī pēc sniega nokušanas, tāpēc šajā laikā veiktie urbumi parasti ir seklāki, ja vien nav veikti mālā, kā 21. urbums, vai arī augstākā vietā, kur sastopama smalka smilts, kā 24. urbumā. No visiem veiktajiem urbumiem visdziļākais urbums sasniedz 2,5 metru dziļumu, bet vidējais urbumu dziļums ir 1,6 metri. Bakalaura darba izstrādes gaitā izurbto urbumu kopgarums sasniedz 45 metrus.

Katrs urbums tika aprakstīts lauka grāmatiņā un darba gaitā šie pieraksti tika apkopoti pielikumā (1.pielikums). Tika izdalīti smilšainie nogulumi gan pēc to granulometriskā

sastāva, kas tika noteikts lauka apstākļos, gan arī pēc to krāsas un/vai arī piejaukumiem, kā arī citi nogulumi tika detāli aprakstīti.

Katram no visiem 28 urbumiem tika paņemts vismaz viens paraugs. Paraugi tika numurēti pēc principa, ka burtu kods norāda uz to, ka tas ir bakalaura darba paraugs (BP), sekojošais skaitlis norāda urbuma numuru, bet skaitlis aiz domuzīmes norāda parauga secīgo numuru katram urbumam, piemēram, paraugs BP22-6 norāda, ka tas ir darba gaitā izurbtā 22. urbuma 6. paraugs. Informācija par paraugu tika ierakstīta lauka grāmatiņā: tā ņemšanas dziļums, noguluma veids, tā vienkāršākās nosakāmās īpašības un visi šie dati par paraugiem ir apkopoti vienotā tabulā (2.pielikums). Noteiktais smilšu lielums, piemēram, smalkgraudaina smiltis, ir relatīvs jēdziens paraugu dokumentēšanas gaitā, tāpēc pēc tā nevar spriest par patieso smilšu graudu izmēru. Katrs paraugs tika ievietots polietilēna plēves maisiņā, kuram virsū tika uzrakstīts parauga numurs un reizēm arī parauga ņemšanas dziļums. Paraugi tādā veidā tika saglabāti turpmākajiem pētījumiem.

Kopumā tika noņemti 88 paraugi, starp kuriem pārsvarā ir smilšainie paraugi, bet ir arī paraugi ar māliem, aleirītiem un citiem nogulumiem. Pārsvarā tika ņemti uzskatāmākie paraugi no katra urbuma, bet no dažiem urbumiem, kā, piemēram, no 22. urbuma, tika ņemti paraugi daudz biežāk, nekā parasti, ar mērķi tos vēlāk sīkāk analizēt, cenšoties iegūt noderīgu informāciju par pētāmo teritoriju.

Papildus urbumu veikšanai, tika veikts arī viens skatrakums blakus 19. urbumam ar mērķi iegūt detalizētāku informāciju par slāņu kontaktzonu.

## 2.3. Laboratorijas darbu metodes

### 2.3.1. Granulometriskā sastāva analīze

Granulometriskā sastāva analīze ir plaši lietota metode nogulumiežiem ar mērķi tos raksturot un iegūt informāciju par nogulumiežu nogulsnešanās apstākļiem un sedimentācijas vidi (Tucker, 2001).

Granulometriskā sastāva analīze var tikt pielietota, lai izdalītu atšķirīgas vides un fācijas nogulumus, kā arī, lai sniegtu informāciju par izgulsnešanās procesiem un straumju ietekmi. Ir veikti daudzi pētījumi ar mērķi izdalīt dažādas sedimentācijas vides mūsdienu nogulumiem, izmantojot granulometriskā sastāva analīzi. Sadalījuma diagrammas prasti tiek veidotas, izmantojot tādus parametrus, kā šķirotību un asimetriju. Pamatā ir iespējams izdalīt pludmales, kāpu un upju smiltis. Vienmēr jāņem vērā apstākļi, ka smiltis var būt tikušas

vairākas reizes pārgulsnētas vai arī ir aizgūtas no kādas blakus formas vai senāk eksistējošas vides, kas tādā gadījumā rada problēmas, jo tiek mantotas iepriekšējās vides īpašības, bet ja smiltis ir māla piejaukums, tad rodas problēmas ar ģenēzes noskaidrošanu (Tucker, 2001).

Nogulumu granulometrisko sastāvu var izpētīt, izmantojot dažādas metodes un tehnisko aprīkojumu, piemēram, sietu analīzi, pipetes analīzi, hidrometru, lāzerdifrakcijas metodi un citas. Katrai no metodei ir savi trūkumi un priekšrocības, bet problēma, kas skar visas šīs metodes ir tas, ka ir sarežģīti noteikt neregulāru daļiņu izmērus, tādēļ ir iespējams tikai aptuveni noteikt granulometrisko sadalījumu (Eshel et al., 2004).

Katrai metodei ir savas īpatnības, tā, piemēram, māla frakcijas masa, kas iegūta ar lāzerdifrakcijas metodi, parasti ir mazāka, nekā tās pašas frakcijas masa, kas iegūta ar pipetes metodi. Pretēja tendence ir novērojama aleirīta izmēra frakcijai (Eshel et al., 2004).

Katrai metodei ir savi pirmsapstrādes paņēmieni, piemēram, pipetes metodei nepieciešams atdalīt smilts frakciju (50-2000  $\mu\text{m}$ ) no māla un aleirīta frakcijas (<50  $\mu\text{m}$ ). Smilts frakcija tiek noteikta paraugu žāvējot un sverot uz sietiem palikušo materiālu. Aleirīta un māla frakcijas tiek noteiktas ar pipetes metodi (Gee and Bauder, 1986; Janitzky, 1986).

Klasiskajām metodēm ir vairāki trūkumi. Piemēram, sijāšanas metode ir pielietojama tikai diapazonā no 2000 līdz 50 mikrometriem (Gee and Bauder, 1986). Nozīmīga kļūda hidrometra metodei rodas no neprecīziem hidrometra nolasījumiem (Gee and Bauder, 1979). Uz nogulsnēšanas bāzētām metodēm ir nepieciešami relatīvi lieli paraugi (10-20 g pipetei un 40 g hidrometram) un to iespējas sīki izdalīt izšķirt daļiņu izmēru apakšgrupas ir ierobežotas. Turpretī lāzerdifrakcijas metode sniedz nepārtrauktu granulometriskā sadalījuma līkni, kas sniedz detālāku datu analīzi un iespēju elastīgi pielāgot sadalījumu dažādām granulometriskajām klasifikācijas sistēmām (Eshel et al., 2004).

Nogulsnēšanās metodes patērē daudz vairāk laika, it sevišķi, lai noteiktu <2 mikrometru izmēru frakcijas, bet daļiņām, kas mazākas par 1  $\mu\text{m}$ , pieaug kļūdas iespējamība, tāpēc, ka tik mazu daļiņu sedimentēšanās ātrumu ietekmē Brauna kustība (Lovel and Whalley, 2001).

Galvenie plusi lāzerdifrakcijas metodei daļiņu izmēru noteikšanā ir nelielais patērētais laiks (5-10 min paraugam), augsta precizitāte, nelielais nepieciešamā parauga daudzums ( $\leq 1$  g), kā arī plašs frakciju intervāls, kurā var tikt sadalīti visu daļiņu izmēri.

Kā mīnuss lāzerdifrakcijas metodei tiek minēts šīs iekārtas augstās izmaksas un nepārlicinātība par rezultātiem, jo šādā veidā ir veikts krietni mazāk analīžu, salīdzinot ar klasiskajām metodēm, ar kurām veiktas ļoti daudz analīžu (Eshel et al., 2004).

## **Nenoapaļotu daļiņu ietekme uz granulometriskās analīzes sadalījumu.**

Neregulāra izmēra daļiņām nepieciešams komplicēts trīs dimensiju apraksts. Lai atvieglotu analīzi, daļiņas tiek uztvertas kā lodveidīgas daļiņas, kas ļauj daļiņu izmēru aprakstīt ar vienu parametru – diametru. Šī vienkāršošana rada rezultātu atkarību no pielietotās granulometriskā sastāva noteikšanas metodes (Mathews, 1991).

Sijāšanas gadījumā, iespējamība, ka neregulāras daļiņas izkritīs cauri konkrētam sietam, vai paliks uz tā, ir atkarīgs no grauda formas un iespējamības visā sijāšanas laikā graudam izdodas orientēties tādā virzienā, kurā tas spētu izkrist cauri šim sietam. Vajadzīgā grauda orientācija ir tāda, kurā tā vismazākais šķērsriezums ir spējīgs izkrist cauri sieta acīm. Vienmēr neregulāras formas graudi sijāšanas analīzes rezultātā parādīsies ar rupjāku frakciju sadalījumu, nekā tie ir patiesībā (Mathews, 1991).

Uz nogulsnešanos balstītajām metodēm graudu formai arī ir ietekme. Visstabilākā pozīcija neregulāras formas graudiem sedimentējoties ir tāda, kad visgarākais šķērsriezums ir pavērsts perpendikulāri kustības virzienam (Krumbein, 1942). Šāds novietojums paldzina prognozēto graudu izsēšanos, tāpēc palēninās sedimentēšanās ātrums (Mathews, 1991). Tādējādi graudu smalkākās frakcijas tiek pārvērtētas.

### **2.3.2. Sietu analīze**

Katrs paraugs pēc to izžāvēšanas līdz gaissausam stāvoklim tika sijāts uz 15 sietiem, izmantojot sijāšanas iekārtu Retch AS200 ar sietiem, kuri izgatavoti pēc ISO 3310-1 standarta, kas stingri nosaka acu izmēru katram metāla sietam. Tā kā sijāšanas iekārtai ir ierobežots augstums un nav iespējams vienlaicīgi sijāt uz visiem 15 sietiem, tad sijāšana tika veikta divās daļās katram paraugam. Sākotnēji paraugu ieber sietu komplektā, kas paredzēts rupjākajām frakcijām un sastāv no sietiem ar acu izmēriem 1.25, 1, 0.8, 0.63, 0.5, 0.4, 0.315 un 0.25 mm, pie tam zem visiem sietiem novietots uztvērēja trauks, lai savāktu parauga daļu, kurai frakciju izmērs mazāks par 0.25 mm (daļa, kas izkrīt cauri minētajiem sietiem). Pirmajā sijāšanas daļā paraugs tiek sijāts 10 minūtes ar amplitūdu aptuveni 60. Pēc pirmās sijāšanas daļas tiek uzlikts otrais sietu komplekts, kas sastāv no sietiem ar acu izmēriem 0.2, 0.16, 0.125, 0.1, 0.08, 0.063 un 0.05 mm un arī zem šiem ir novietots uztvērēja trauks, lai savāktu frakciju, kas ir mazāka par 0.05 mm. Šīs daļas sijāšanas ilgums ir 15 minūtes, amplitūda arī aptuveni 60. Pēc katras sijāšanas tiek svērtas parauga daļas, kas palikušas uz katra no sietiem,

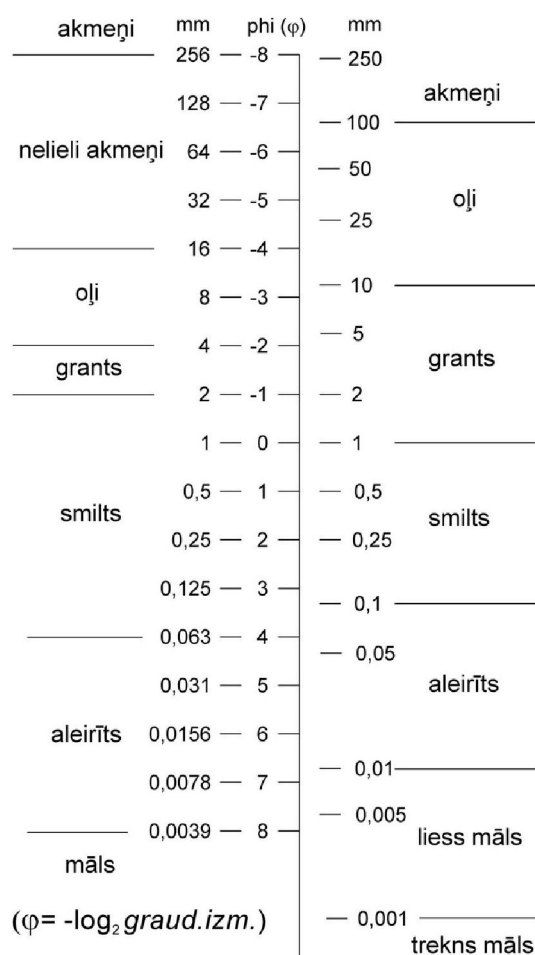
tādējādi iegūstot katras frakcijas masu. Svēršana notiek uz elektroniskiem svāriem Kern EW 600-2M, kuru nolasišanas precizitāte ir 0,01 g.

Iegūtos datus tālāk apstrādā MS Excel vidē, izmantojot Ģ. Stinkuļa izstrādāto palīgformu granulometrisko analīzes datu vizualizēšanai, kas sevī ietver granulometriskā sastāva variāciju līkni un kumulatīvo līkni, kura uzrāda masas daļu, kura ir lielāka par konkrēto graudu izmēru. Pēc kumulatīvās līknes tiek noteikti graudu izmēri, kas atbilst kumulatīvās līknes 5%, 16%, 25%, 50%, 75%, 84% un 95% iedaļām.

No iegūtajiem graudu izmēriem, kas izteikti milimetros, tiek izvilks negatīvais logaritms pie bāzes 2, tādējādi iegūstot  $\phi$  (Fī jeb Phi) vērtības. Starptautiski  $\phi$  vērtības tiek lietotas, lai atvieglotu graudu izmēru nolasišanu no ģeometriskajām skalām, piemēram, Adena Ventvorsa (The Udden-Wentworth) graudu izmēru skalai (2.3.att.), kas atšķiras no Latvijas nogulumiežiem pieņemtās klasifikācijas, jo katra nākošā skalas iedaļa ir divreiz mazāka (vai lielāka, atkarībā kādā virzienā lasa šo skalu), kā iepriekšējā (piemēram, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625 mm utt.). Tādējādi neērti lietojamās vērtības milimetros tiek pārvērstas par daudz vieglāk lietojamām  $\phi$  vērtībā, piemēram, 0.0625 mm ir 4  $\phi$ , bet 4 mm ir -2  $\phi$  (Prothero, 1999).

Iegūtās  $\phi$  vērtības ir iespējams ievietot formulās, lai izrēķinātu dažādus parametrus, kas spēj sniegt vērtīgu informāciju par nogulumiežu transportēšanas un sedimentācijas vidi.

Adena-Ventvorsa (Udden-Wentworth) klasifikācija	Latvijas nogulum- iežiem pieņemtā klasifikācija (1996)
---	--



2.3.attēls. Adena-Ventvorsa (1922.g.) un Latvijas nogulumiežiem pieņemtās decimālās granulometriskās klasifikācijas salīdzinājums (salīdzinājis Stinkulis, 2005).

Darbā tika izmantotas vairākas Folka un Varda (Folk and Ward, 1957) sastādītās formulas, pēc kurām ir iespējams aprēķināt graudu vidējo izmēru, šķirotību, asimetriju un granulometriskā grafika smailumu (2.1.tabula). Plaši pielietots parametrs ir graudu vidējais izmērs. Pēc smilšu graudu izmēru izmaiņām plašākā teritorijā var spriest par virzienu, no kura tikušas nestas smiltis, jo graudu izmērs samazinās virzienā prom no sākotnējā avota. Graudu izmērs samazinās arī no krasta virzienā uz baseina dziļākām vietām, jo tādā virzienā samazinās viļņu un straumju enerģija, kas saistāms ar dziļuma palielināšanos (Tucker, 2001). Reizēm smilšu izmērs kopā ar šķirotību spēj sniegt informāciju par aptuveno smilšu ģenēzi, piemēram, kāpu smiltis parasti izmērā no 0,1 līdz 0,3 mm un parasti tās ir vidēji labi šķirotas (Ahlbrandt, 1979).

2.1.tabula. Granulometriskajā analīzē pielietotās formulas (Folk and Ward, 1957)

Parametrs, tā aprēķina formula:	Parametra rezultātu interpretācija:
Vidējais graudu izmērs, $\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$	(skatīt 2.3.att.)
Šķirotība, $\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$	$\phi$ mazāks par 0,35 – ļoti labi šķirots $\phi$ 0,35-0,50 – labi šķirots $\phi$ 0,50-0,71 – vidēji labi šķirots $\phi$ 0,71-1,00 – vidēji šķirots $\phi$ 1,00-2,00 – slikti šķirots $\phi$ vairāk par 2,00 – ļoti slikti šķirots
Asimetrija = $\frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} + \phi_5 - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$	Vairāk par +0,30 – stingri smalki izliekts +0,30 līdz +0,10 – smalki izliekts +0,10 līdz -0,10 – gandrīz simetrisks -0,10 līdz -0,30 – rupji izliekts Mazāk par -0,30 – stipri rupji izliekts
Smailums = $\frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$	> 1,0 – stipri izliekts 1,0 – normāls izliekums < 1,0 – zemi izliekts

Šķirotība ir standartnovirze jeb granulometriskā sadalījuma izkliede. Tas ir viens no nodēģākajiem parametriem, jo sniedz informāciju par sedimentācijas vides spēju sašķirot graudus dažādās frakcijās. Šķirotība ir atkarīga no graudu izmēra: rupjākās frakcijas, piemēram, grants, un smalkākās frakcijas, piemēram, aleirīts un māls, parasti uzrāda sliktāku šķirotību, nekā smilts izmēra frakcija, kuri ir daudz vieglāk transportējami, tādējādi tie tiek šķiroti vēja un ūdens ietekmē. Šķirotība sniedz liecības arī par sedimentēšanās apstākļiem. Nogulumi, kuri ir nosēdušies strauji, piemēram, vētru slāņi vai arī dubļu straumes, parasti ir slikti šķiroti, bet nogulumi, kuri tikuši pārgulsnēti ūdens vai vēja ietekmē, piemēram, tuksnešu, seklu jūru un pludmales smilšainie nogulumi, ir daudz labāk šķiroti. Parasti šķirotība uzlabojas transportēšanas gaitā. Tā, piemēram, tuksnešu smiltīm transportēšanas gaitā arī samazinās graudu izmēri (Tucker, 2001).

Asimetrija tiek noteikta pēc variāciju līknes simetriskās vai nesimetriskās uzbūves. Ja granulometriskā sadalījumam variāciju līknei ir „aste” rupjāko frakciju galā, respektīvi, rupjākās frakcijas ir relatīvi mazāk un tās pakāpeniski samazinās, palielinoties graudu izmēram, tad granulometriskā līkne ir negatīvi asimetriska, bet ja ir „aste” smalkāko frakciju virzienā, tad ir līkne ir pozitīvi asimetriska. Gadījumā, ja variāciju līkne ir simetriska, tad asimetrijas nav vispār (Tucker, 2001). Paraugi ar negatīvu asimetriju norāda uz to, ka rupjākās frakcijas ir sliktāk šķirotas, nekā smalkākās frakcijas un otrādi (Prothero, 1999). Asimetrija sniedz informāciju par sedimentēšanās apstākļiem, tā, piemēram, pludmales smiltīm raksturīga negatīva asimetrija, jo smalkākās frakcijas tikušas izskalotas pastāvīgās viļņošanās ietekmē. Upju smiltis parasti ir pozitīvi asimetriskas, jo straume nav izskalojusi aleirītus un mālus, bet tie ir tikuši ieslēgti starp lielākiem graudiem. Kāpu smiltīm mēdz būt negatīva

asimetrija, bet ne vienmēr, jo daudz kas atkarīgs no vēja ietekmes uz rupjākām frakcijām. Kāpas veidojas, kad ļoti smalkā līdz vidēji smalkā frakcija tiek izpūsta no smilšu avota. Neliela daļa rupjākas frakcijas arī tiek nogulsnētas kāpās, bet smalkākās frakcijas, kā aleirīts, tiek aizpūstas prom arī no kāpas, tādējādi variāciju līkne iegūst arvien negatīvāku asimetriju, palielinoties transportēšanas attālumam, tai pat laikā smilšu avota variāciju līkne, no kurienes izpūš smiltis, iegūst pozitīvāku asimetriju (Tucker, 2001).

Smailums ir tāds parametrs, kas salīdzina šķirotību centrālajā variācijas līknes daļā ar šķirotību variācijas līknes sānu malās. Stipri izliekts smailums liecina par labāku šķirotību variāciju līknes centrālajā daļā, nekā tās astēs. Lai gan daži sedimentologi apgalvo, ka starp dažādiem nogulsnēšanās apstākļiem ir atšķirība to spējā ietekmēt rupjo un smalko frakciju variācijas līknes asti relatīvi attiecībā pret visvairāk pārstāvēto frakciju, tomēr neviens pētījums, kurā būtu izmantots tikai smailuma parametrs, nedod veiksmīgus rezultātus transportēšanas apstākļu izdalīšanā (Prothero, 1999).

Kopumā ar sietu metodi tika izanalizēti 12 smilšu paraugi (3.1.tabula), kuriem tālāk tika uzzīmēts grafiks ar variācijas un kumulatīvajām smilšu sadalījuma līknēm, pēc kurām tika noteikts un aprēķināts vidējais smilšu izmērs, šķirotība, asimetrija un smailums.

Lai gan iesākumā bija paredzēts sietu granulometrisko analīzi veikt lielai daļai paraugu, tomēr darba gaitas plāns tika mainīts un turpmākie paraugi tika analizēti ar lāzerdifrakcijas metodi.

### 2.3.3. Lāzerdifrakcijas metode

Darba gaitā tika veikta granulometriskā sastāva noteikšana, pielietota lāzerdifrakcijas metodi. Šī metode tika apgūta un analīzes tika veiktas Tallinas Tehnoloģiskās universitātes Ģeoloģijas institūtā vecākās pētnieces Tīu Alikšāres (Tiiu Alliksaar) vadībā. 2011. gada 30. un 31. martā. Metode tika apgūta uz salīdzinoši jaunas iekārtas Partica LA-950V2, kuras izstrādātājs ir Horiba Ltd (2.4.att.). Iekārta analīzes veikšanas gaitā tika vadīta no datora, uz kura ir uzstādīta datorprogramma „LA-950 for Windows”.



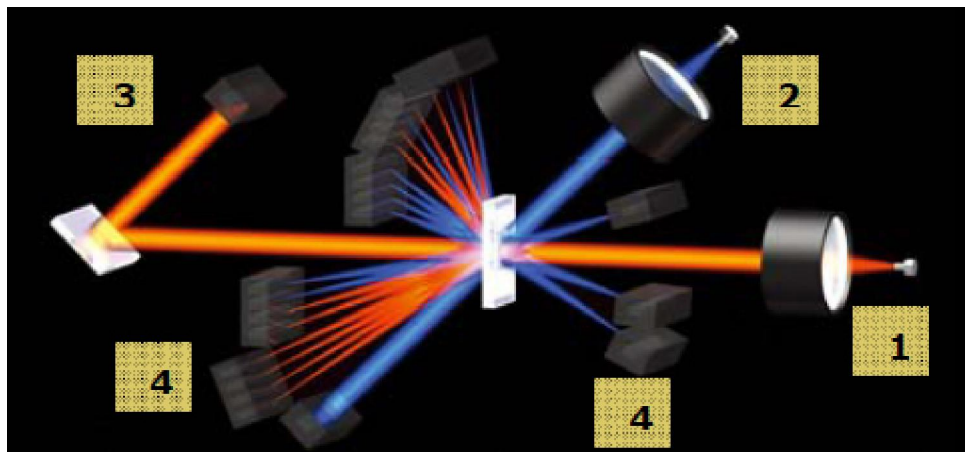
2.4.attēls. Lāzerdifrakcijas iekārta Horiba Partica LA-950V2 (autora foto, 2011)

Lāzerdifrakcijas analīze strādā pēc principa, ka noteikta izmēra daļiņas lauž gaismu noteiktā leņķī, pie tam, samazinoties izmēram, palielinās leņķis. Šaurs vienkrāsains gaismas stars no lāzera tiek virzīts cauri nogulumu suspensijai un laužtais gaismas stars tiek fokusēts uz detektoriem. Konstatētie signāli uz detektoriem tālāk tiek pārvērsti granulometriskajā sadalījumā, izmantojot teorētisku modeli, piemēram, Fraunhofera (Fraunhofer) vai Mī (Mie) teorētiskos modeļus. Vienmēr visas daļiņas tiek uztvertas kā apaļas, tādējādi šķautņainu daļiņu granulometriskā sadalījuma līkne būs atkarīga no tā, kādā orientācijā pret lāzeru būs daļiņa mērīšanas brīdī (Merkus, 2009).

Lāzerdifrakcijas iekārta Partica LA-950V2 spēj precīzi izmērīt daļiņas plašā intervālā 0,01 – 3000  $\mu\text{m}$  (0,00001 – 3 mm), bet tas tādā gadījumā, ja tiek mērītas sausas daļiņas. Procedūrā, kurā paraugs tiek veidots destilēta ūdens suspensijā, lielākais pieļaujamais daļiņu izmērs ir 1 mm, jo lielākas daļiņas var sabojāt iekārtas ūdens cirkulācijas sūkni – iesprūst starp sūkņa lāpstiņām. Iekārta darbojas ar precizitāti 0,6%, izmantojot standarta lateksa kalibrācijas daļiņas. Šāda precizitāte tiek sasniegta pateicoties augstas precizitātes kalibrētajiem detektoriem („Horiba Instruments” Inc, 2010).

Iekārtai Partica LA-950V2 ir divi gaismas avoti: 5 mW 650 nanometru sarkana lāzera diode un 3 mW 405 nanometru zilās gaismas izstarojošās gaismas LED diode. Sarkanās gaismas lāzera diode paredzēta daļiņu mērīšanai, kuru izmērs ir lielāks par 500 nm (0,5  $\mu\text{m}$ , jeb 0,0005 mm), bet zilā LED diode paredzēta daļiņām ar izmēru mazāku par 500 nm (2.5.att.) kopumā izvietoti 87 augstas jutības silikona fotodiožu gaismas uztveršanas detektori:

75 izvietoti pretī virzītajiem gaismas stariem, bet 12 detektori uzvietoti gaismas devēju pusē ar mērķi uztvert liela leņķa un atpakaļ atstaroto gaismu.



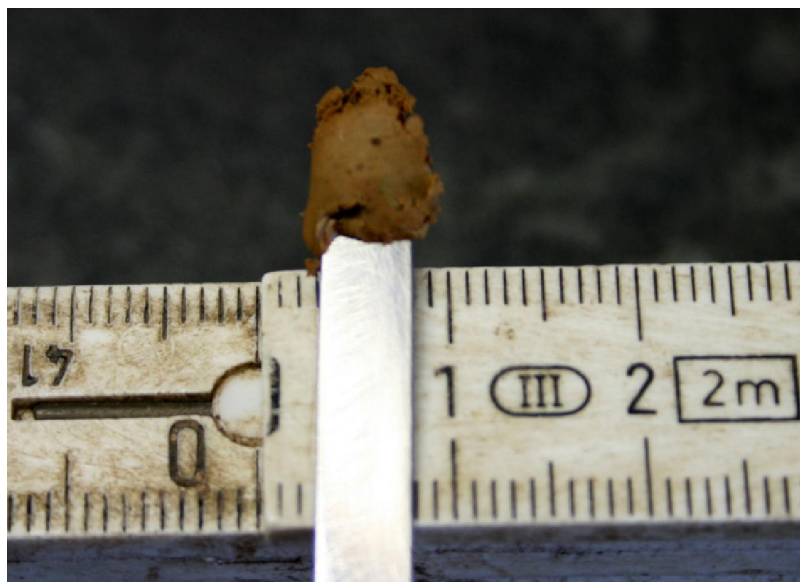
2.5.attēls. Vienkāršota iekārtas Partica LA-950V2 optiskās sistēmas uzbūve, kur (1) sarkanās gaismas diode, (2) zilās gaismas diode, (3) neliela leņķa detektors lielu daļiņu mērīšanai, (4) sānu un aizmugures detektori („Horiba Instruments” Inc, 2010).

Metodē pielietotā iekārta pilnībā izmanto Mī sadalījuma teoriju, tādējādi nodrošinot tik plašu mērīšanas intervālu („Horiba Instruments” Inc, 2010). Mī teorija ir precīzāka, bet arī sarežģītāka par Fraunhofera teoriju, jo ir nepieciešamas ne tikai dati par pašu gaismas laušanu, bet arī ir jāanalizē daļiņu atstarošanās indekss. Fraunhofera teorija ir neprecīza daļiņām, kuru izmērs ir mazāks par  $d = 10\lambda$ , kur  $\lambda$  ir gaismas garums (Eshel, 2004). Tādējādi, ja Partica LA-950V2 iekārta izmantotu Fraunhofera teoriju, tad mazākais precīzi izmērītais daļiņu izmērs būtu tikai  $d = 10 \cdot 405 \text{ nm} = 4050 \text{ nm} = \sim 0,004 \text{ mm}$ , kas daudz neatšķirtos no sietu metodes apakšējās izmēru robežas precizitātes, kas ir 0,005 mm (Gee and Bauder, 1986).

Metodē pielietotā iekārta ir ātra gan sagatavošanas procedūrā, gan mērīšanas procesā. Lai gan mērījumi ir ātri, tomēr iekārtu ir jāieslēdz stundu pirms mērījumu veikšanas, lai iekārta „uzsiltu” un nodrošinātu precīzākus rezultātus. Pirms iekārtas ieslēgšanas ir nepieciešams pārlicināties, ka stikls, caur kuru tiek laista parauga suspensija un cauri kuram tiek laisti gaismas stari, ir tīrs. Nepieciešamības gadījumā to ir ļoti uzmanīgi jātīra ar vati, kas uztīta uz kociņa. Kad iekārta ir iesilusi, tā ir jākalibrē, kuras laikā var konstatēt, vai minētais stikliņš ir tīrs. Pēc kalibrēšanas var sākt mērījumu veikšanu.

Katra parauga mērīšana iesākas ar destilēta ūdens pievadi iekārtai, cirkulācijas ieslēgšanu, atgaisošanas procesu un tukšu mērījumu, kas kopā neaizņem vairāk laika par 15 sekundēm. Katram paraugam nepieciešams aptuveni 180 ml līdz 250 ml destilēta ūdens, atkarībā no parauga veida. Tālākajā gaitā tiek ieslēgts maisīšanas mehānisms, kas paredzēts parauga vienmērīgākai izkliedei iekārtā. Pēc šī soļa seko parauga pievienošana sagatavotajā

sistēmā, ko veic, ieskalojot paraugu sistēmā ar destilētu ūdeni. Nepieciešamais parauga apjoms variē no 10 mg līdz 5 g, atkarībā no parauga veida tā, lai būtu aptuveni 5000 atsevišķas daļiņas, tādējādi smiltīm nepieciešams lielāks parauga apjoms, bet māliem krietni mazāks (2.6.att.). Jāpiebilst, ka attēlā redzamais māla daudzums izrādījās lielāks, nekā bija nepieciešams mērījumu veikšanai, tādēļ suspensija tika atšķaidīta ar destilētu ūdeni, lai izlīdzinātos koncentrācija.



2.6.attēls. Aptuvenš māla daudzums, kas nepieciešams granulometriskā sastāva noteikšanai ar lāzerdifrakcijas metodi (autora foto, 2011)

Pareizai mērīšanas gaitai ir nepieciešama vidēja daļiņu koncentrācija suspensijā. Ja ir pārāk zema koncentrācija, tad izkliedētā gaisma ir pārāk vāja, bet pārāk augsta koncentrācija var izraisīt to, ka gaismas stars atstarosies pret vairākām daļiņām, tādējādi uzrādot nepareizu rezultātu (Merkus, 2009).

Smilšu paraugiem pirmapstrāde nebija nepieciešama, jo daļiņas savā starpā nav cieši saistītas, bet mālu un aleirītu-mālu paraugiem bija nepieciešama papildus pirmapstrāde, lai izšķīdinātu mālu – atdalītu daļiņas vienu no otras. Lai izšķīdinātu mālus, tika lietots 0,1% Nātrija pirofosfāts ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$ ), kurā māli tika šķīdināti apmēram pusstundu. Lai būtu iespējams precīzi izmērīt paraugus, kuros organiskās atliekas, tos vajadzētu attīrīt no tiem. Lai gan lauka darbos tika iegūti arī šādi paraugi, kuri satur organiskas atliekas, tomēr atdalīšana netika veikta, jo Tallinas Tehnoloģiskās Universitātes Ģeoloģijas institūtā bija paredzēts strādāt vienu dienu, bet organisko atlieku atdalīšana prasītu vairāk laika. Par spīti šim apstāklim, tomēr tika mērīti arī daži paraugi ar redzamām organiskām atliekām, pirms tam gan cenšoties lielākās organiskās atliekas izlasīt no parauga.

Nākošais solis pēc parauga ievadīšanas iekārtas sistēmā ir ultraskaņas procedūra, kurā ar ultraskaņas palīdzību daļiņas tiek vienmērīgi izkliedētas suspensijā. Ultraskaņas procedūras ilgumu Partica LA-950V2 iekārtai ir iespējams uzstādīt intervālā 0 – 30 minūtes, bet šoreiz pēc Tīu Alikšāres ieteikuma tika izvēlēts 1 minūtes intervāls. Pēc ultraskaņas procedūras beigām tiek veikts mērījums, kas ilgst tikai dažas sekundes. Mērījums tiek saglabāts datorā, sistēmā esošā suspensija tiek izvadīta no sistēmas un iekārta tiek vēlreiz izskalota ar destilētu ūdeni, lai mērot nākošo paraugu, sistēmā nepaliktu daļiņas no iepriekšējā parauga.

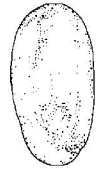





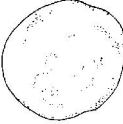





Kopumā lāzerdifrakcijas metode tika pielietota 50 dažādiem paraugiem no trekniem māliem ar vidējo daļiņu izmēru 10 mikrometri līdz pat 230 mikrometri (0,23 mm) lielām smilts frakcijām, kuru sastāvā ir līdz pat 660 mikrometri lielas frakcijas daļas.

Vidējais graudu izmērs tika iegūts jau pašā „LA-950 for Windows” datorprogrammā, bet, lai varētu aprēķināt šķirotību, asimetriju un smailumu, tika izvadītas kumulatīvās līknes vērtības pie 5%, 16%, 25%, 50%, 75%, 84% un 95% iedaļām, tādējādi radot iespēju tālākus aprēķinus veikt pēc jau minētajām Folkla un Varda formulām (2.1.tabula). Iegūtie dati līdz ar to kļūst salīdzināmi ar sietu analīzes rezultātiem.

#### 2.3.4. Graudu noapaļotības analīze

Darba izstrādes gaitā tika veikta graudu noapaļotības analīze ar mērķi, iegūt noderīgu informāciju par nogulumu sedimentēšanās apstākļiem pētītajā teritorijā, jo nogulumu drupu materiāla noapaļotība sniedz informāciju par materiāla transportēšanas apstākļiem un pārvietošanas attālumu.

Lai gan izšķir gan graudu morfoloģiju, formu un noapaļotību, tomēr visnoderīgākā īpašība sedimentācijas vides apstākļu noteikšanā ir grauda noapaļotība. Noapaļotība ir saistīta ar graudu stūru izliekumu un parasti tie tiek iedalīti sešās klasēs (2.7.att.). Grauda virsmas morfoloģija ir atkarīga no daudziem faktoriem: no mineraloģiskā sastāva, no izcelsmes avota vides apstākļiem, no dēdēšanas pakāpes, kā arī no leņķa, kādā grauds ticis berzts transportēšanas gaitā (Tucker, 2001).

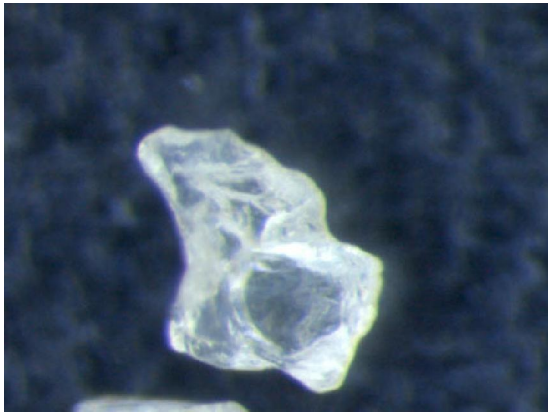
Labi noapaļoti	Noapaļoti	Vidēji noapaļoti	Vidēji šķautņaini	Šķautņaini	Asšķautņaini
					
					

2.7.attēls. Drupu graudu iedalījums pēc noapaļotības (Pettijohn, 1987).

Kvarca graudu forma smilšainajos nogulumos ir lielā mērā atkarīga no to izcelsmes. Ja kvarca graudi nākuši tieši no kristāliska ieža, tad tie parasti ir izteikti neregulāras formas – ļoti vāji noapaļoti vai vispār nenoapaļoti. Ja kvarca graudu avots ir jau iepriekš eksistējuši smilšaini nogulumu un, ja tos ir pārvietojis vējš, tad to noapaļotība ir laba, bet ja kvarca graudi tikuši nesti no nedaudz cementētiem iežiem, tad to noapaļotība parasti ir vidēja. Pamatprincips noapaļotībai ir tāds, ka jo lielāks ir transportēšanas attālums, jo labāk noapaļoti ir smilšu graudi. Pludmales un eolās smiltis parasti ir labāk noapaļotas, nekā upju un fluvioglaciālie smilšu graudi. Pētot graudu noapaļotību ir jāņem vērā tas, ka graudu noapaļotība var būt mantota no iepriekšējiem graudu izgulsnēšanās apstākļiem, kā arī ļoti intensīva abrāzija spēj salauzīt graudus, tādējādi tie uzrādīsies kā vāji noapaļoti graudi (Tucker, 2001).

Darba gaitā noapaļotība tika pētīta bakalaura darba izstrādes gaitā iegūtajiem paraugiem, kā arī tika ņemta informācija par graudu noapaļotības rezultātiem no autora izstrādātā kursa darba pētījumiem, kas bija bakalaura darba pētījumu aizsākums.

Klasifikācijā (2.7.att.) izdalītie graudu noapaļotības iedalījumi ir diezgan detalizēti, tāpēc, lai vienkāršotu graudu noapaļotības analīzi, šī klasifikācija tika reducēta uz trīs iedaļām: vāji noapaļoti graudi (2.8.att.), labi noapaļoti graudi (2.9.att.) un vidēji noapaļoti graudi (2.10.att.). Attēlos redzamās fotogrāfijas ir veiktas ar mikroskopu Leica MZ16, kas ir savienots ar fotokameru un datoru.



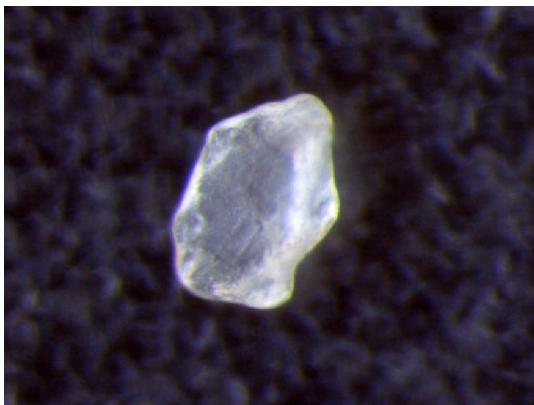
2.8.attēls. **Vāji noapaļots smilšu grauds, attēla platums 0,5 mm** (autora foto, 2011).

Graudi tika iedalīti diezgan brīvā veidā, jo krasas robežas novilkt ir problemātiski. Tādā veidā pie vāji noapaļotiem graudiem (2.8.att.) tika pieskaitīti visi tie graudi, kuru malas bija izteikti asas, šautnainas un vai nu nav konstatētas, vai arī ir minimāli konstatējamas noapaļošanās pazīmes.



2.9.attēls. **Labi noapaļots smilšu grauds, attēla platums 0,5 mm** (autora foto, 2011).

Otrā galējā robeža bija graudi, kuru virsma ir labi noapaļota (2.9.att.): pie šīs iedaļas tika pieskaitīti visi tie graudi, kuri ir gan apaļas formas, vai iegarenas, vai tuvu tai, pie tam, visas malas ir vairāk vai mazāk labi noapaļotas tā, ka grauds iegūst plūdenu, vienmērīgu formu.



2.10.attēls. **Vidēji noapaļots smilšu grauds, attēla platums 0,5 mm** (autora foto, 2011).

Pie vidēji noapaļotajiem graudiem (2.10.att.) tika pieskaitīti visi tie graudi, kuri atrodas starpā starp minētājām graudu noapaļošanās galējībām: starp labi noapaļotajiem un vāji

noapaļotajiem graudiem. Šajā kategorijā ietilpa samērā daudz graudu, jo izteikti labi un izteikti vāji noapaļotu graudu bija mazāk un daudzi šaubīgi smilšu graudi, ar kuru pieskaitīšanu kādai galējai grupai radās problēmas, tika pieskaitīts pie vidēji noapaļotajiem graudiem.

Paraugi pirms pētīšanas bija jau sadalīti pa frakcijām pēc granulometriskās analīzes veikšanas, tādējādi bija iespējams detālāk izpētīt katru paraugu pa frakcijām. Katra parauga katras frakcijas smilšu graudu noapaļotība tika pētīta atsevišķi. Vidēji tika skaitīti 300 līdz 400 smilšu graudi uz katru frakciju, izņemot rupjās frakcijas, kur tika skaitīts mazāks skaits smilšu graudu. Katra parauga katras frakcijas graudu noapaļotības sadalījums tika izteikts procentos un attēlots tabulās, pie tam, tabulā apvienojot katra parauga visu frakciju smilšu noapaļotības sadalījumu. Tādējādi tika iegūts pārskatāms materiāls, pēc kura var spriest par katra parauga pārstāvēto nogulumu sedimentēšanās apstākļiem.

### 2.3.5. Šķērsprofila izveide pētītajai teritorijai

Lai gūtu labāku priekšstatu par pētīto teritoriju un lai spētu labāk interpretēt nogulumu, tai skaitā arī smilšaino nogulumu sedimentēšanās apstākļus, tika izveidots ģeoloģiskais griezumus rietumu – austrumu virzienā, Bārtavas līdzenuma vidusdaļā (1.6.att.).

Profils tika veidots, izmantojot bakalaura darbā veikto urbumu datus no urbumiem, kuri jau sākotnēji tika izvietoti vairāk vai mazāk vienā līnijā, kas perpendikulāra Baltijas jūras krastam, tādējādi iegūstot seno krastu šķērsgrīzumu. Urbumu absolūtā augstuma un reljefa noteikšanai tika izmantota Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba topogrāfiskā karte mērogā 1:10000.

Iesākumā profila galvenie elementi tika uzzīmēti uz milimetra papīra, kas tika ieskenēts datorā. Turpmākā profila zīmēšana norisinājās uz datorprogrammas CorelDraw v12. Profila kopējais garums sasniedz 11 km, tas sākas pie 26. urbuma teritorijas rietumu daļā un beidzas pie 23. urbuma austrumos. Lai profilā būtu iespējams uzskatāmi attēlot gan teritorijas reljefu, gan urbumos konstatētos nogulumus, tika izvēlēts tāds mērogs, kad absolūtais augstums pret horizontālo attālumu ir attiecībā 1:200.

Profila veidošanas gaitā tika domāts par nogulumu veidošanās apstākļu interpretāciju, ņemot vērā studēto literatūru un lauka novērojumus. Tā, piemēram, tika konstatēti laukakmeņu krāvumi (2.11.att.), zem kuriem bija sastopams grants materiāls, kas palīdzēja precīzāk uzzīmēt nogulumu saguluma apstākļus ap 12. urbumu.



*2.11.attēls. Laukakmeņu krāvumi pie 12. urbuma (klades augstums 20 cm) (autora foto, 2011)*

Lai gan ir skaidrs, ka šādi laukakmeņu krāvumu veidošanās ir cilvēka ietekmēta, tomēr pētītajā teritorijā ir vairāki šādi krāvumi, kas vairāk vai mazāk atrodas uz vienas līnijas, kas sakrīt ar Baltijas jūras baseina krastu.

Profilā ir attēlots gan katrs nogulumiežu veids, piemēram, smalkgraudaina smilts, kā arī ar norādēm ir attēlota informācija par nogulumu vecumu un izcelsmi, kas izriet no autora interpretācijas par šo teritoriju.

### 3. PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN TO INTERPRETĀCIJA

Izstrādājot bakalaura darbu „Leduslaikmeta beigu posma un holocēna smilšainie nogulumi Bārtavas līdzenuma vidusdaļā”, autors izmantoja vairākas lauka darbu un laboratorijas darbu metodes: teritorijas apsekošanu, ģeoloģisko urbšanu, paraugu noņemšanu, skatrakuma veikšanu, granulometriskā sastāva noteikšanu, graudu noapaļotības pētīšanu un profila sastādīšanu. Pielietojot minētās metodes, tika iegūta dažāda veida informācija, ar kuras palīdzību autors centās raksturot teritorijā sastopamo smilšaino nogulumu izplatību, to īpašības, kā arī smilšaino ģeoloģisko ķermeņu veidošanās apstākļus.

#### 3.1. Lauka darbu pētījumi

Bakalaura darba izstrādes gaitā tika veikti 28 urbumi, kā arī 3 urbumi tika veikti kursa darba ietvaros. Urbumu izvietojums teritorijā apskatāms uz kvartārģeoloģijas kartes pamatnes, kuras oriģinālais mērogs ir 1:50'000 (1.6.att.). Pašu urbumu iznākumu apraksti apkopoti pielikumā (1.pielikums). No bakalaura darbā veiktajiem urbumiem tika kopumā noņemti 88 dažāda sastāva paraugi, kuru apraksts un to ņemšanas dziļums apkopots pielikumā (2.pielikums), kā arī tika noņemti paraugi no Liepājas pilsētas pludmales smilšainajiem nogulumiem (paraugs BP-LM) un no turpat netālu esošas kāpas (paraugs BP-LE), kā arī līdzīgi paraugi no kāpas un pludmales tika ievākti Ventspils pilsētas teritorijā (paraugi BP-VM un BP-VE), ar mērķi veikt šiem paraugiem granulometrisko analīzi, tādējādi cenšoties iegūt noderīgu informāciju, interpretējot senākos smilšainos nogulumus.

Urbumos tika atsegtas ļoti dažādi smilšaino nogulumi, kuru sastāvā reizēm bija arī augu atliekas, kā arī māli, mālsmilts un aleirītiski nogulumi. Autors vairāk pievērsa uzmanību smilšaino nogulumu aprakstīšanai un to paraugu ievākšanai, tādējādi no visiem 88 urbumu gaitā ievāktajiem paraugiem 74 paraugi tik klasificēti kā smilts nogulumi.

Urbumiem, kuri veikti pētītās teritorijas rietumu daļā, ir raksturīgas kopīgas īpašības. Urbumos ar numuriem 26., 19., 15., 16., un 14. tika novērotas divu veidu smilts nogulumi: virsējā kārtā līdz aptuveni 1 m dziļumam novērojamas smalkgraudaini smilts nogulumi, kuri virsējā daļā ir baltā krāsā, bet uz leju paliek dzeltenā krāsā. Zem šīm smiltīm iegul smalkgraudaini smilts nogulumi pelēkā krāsā ar organisko vielu atliekām. Blakus 19. urbumam izveidotajā skatrakumā minētajos pelēkas smilts nogulmos tika vizuāli konstatētas koku atliekas, zālaugu atliekas un pat lazdu rieksts. Skatrakumā tika konstatēta slāņaina pāreja starp pelēkajām, augu atlieku saturošajām smiltīm un tām uzguļošajām dzeltenām smalkgraudainām smiltīm (3.1.att.).



**3.1.attēls. Monolīts, kas izņemts no skatrakuma, kur redzama kontaktzona starp pelēkām, augu atlieku saturošām smiltīm un uzguļošām dzeltenām smalkgraudainām smiltīm (autora foto, 2010)**

Lai gan 17. un 18. urbumā arī tika konstatēts līdzīgs materiāls, kā minētajā skatrakumā, tomēr tas vietām radīja šaubas par tā dabisko sagulumu un tā kā šie urbumi veikti ļoti tuvu Bārtas upei, kuras gultne ir mehāniski rakta, tad tika uzskatīts, ka izurbtais materiālis ir bijis tehnogēni ietekmēts.

Pētītās teritorijas galējā rietumu daļā tika veikti vēl divi urbumi (Nr.27. un 28.), kuros tika konstatēti raibi, aleirītiski māli ar smilts piejaukumiem un augu atliekām, kas atšķīrās no citur veikto urbumu iznākumiem.

Granšains materiāls tika konstatēts 20. urbumā, kas tika veikts izraktā bedrē. Gar bedres malu atsedzās rupja grants ar oļiem un laukakmeņiem. Turpat blakus, pļavas malā tika konstatēti cilvēku sastumti lieli laukakmeņi (2.11.att.).

Netālu no kontaktētajiem laukakmeņiem un granšainā materiāla, austrumu virzienā, tika veikti vairāki urbumi, kuru iznākumos tika konstatēti raibi, organisko atlieku saturoši māli, zem kuriem iegūļ vidējgraudaina rupjuma smilšaini nogulumi. Tika veikti vairāki urbumi (Nr. 3., 12., 13. un 21.) ar mērķi noteikt smilšainā materiāla un māla kontaktzonas raksturu.



**3.2.attēls. Raibs māls no 3. urbuma (BP03-1), kas satur organiskas izcelsmes atliekas (augšpusē redzams lineāls ar lielajām iedaļām – 1 cm) (autora foto, 2011)**

Augu atliekas tika konstatētas arī 25. urbumā smalkgraudainas, dzeltenas smilts nogulumos, reljefa pazeminājumā starp divām pozitīvām reljefa formām (3.19.att.). Konstatētās augu atliekas bija retas un tās pārstāvēja koku zariņi (3.3.att.).



3.3.attēls. Smalkgraudaina smilts ar koku zaru atliekām no 25. urbuma (paraugs BP25-5) (autora foto, 2011).

Lielākajā daļā pārējo urbumu tika konstatēti dažāda granulometriskā sastāva smilšaini nogulumi, kurus lauka apstākļos autors iedalīja kā smalkgraudainas smilts vai vidējgraudainas smilts nogulumus un tādā pašā veidā arī ir aprakstīti urbumu iznākumi (2.pielikums). Atšķirīgi nogulumi bija novērojami 9. un 23. urbumā, kur tika konstatēti smalkgraudaini līdz vidējgraudaini smilšaini nogulumi, kuros sastopams grants piejaukums un atsevišķi oļi līdz pat 4 cm diametrā. Daži nelieli oļi un rupjāka materiāla piejaukums tika konstatēts arī 8. urbuma augšējā daļā sastopamajos smilšainajos nogulumos.

### 3.2. Graudu noapaļotības analīzes rezultāti

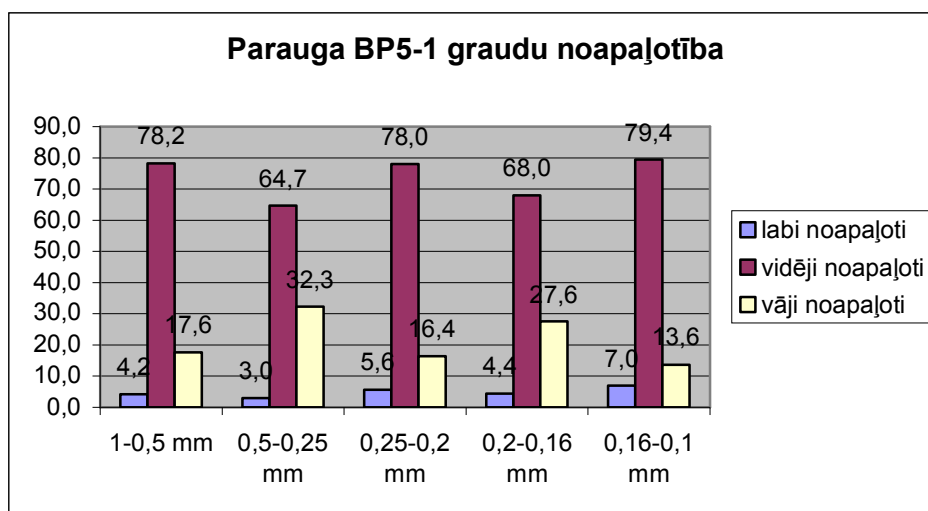
Autors, jau kursa darba laikā, bija pielietojis graudu noapaļotības analīzi ar mērķi raksturot smilšainos nogulumus, bet rezultāti nedeļa gaidīto rezultātu, jo paraugi tika ņemti no 3 urbumiem, kuri atradās relatīvi tuvu viens otram, vienādos nogulumos.

Bakalaura izstrādes gaitā autors vēlējās pielietot šo metodi, lai iegūtu noderīgu informāciju, kas ļautu vieglāk izdalīt dažādas ģenēzes smilts nogulumus. Tā kā bakalaura darba pētītā teritorija aptvēra daudz plašāku apgabalu, nekā kursa daba izstrādes laikā, tad bija pamats domāt, ka iegūstamie rezultāti sniegtu labākas interpretēšanas iespējas.

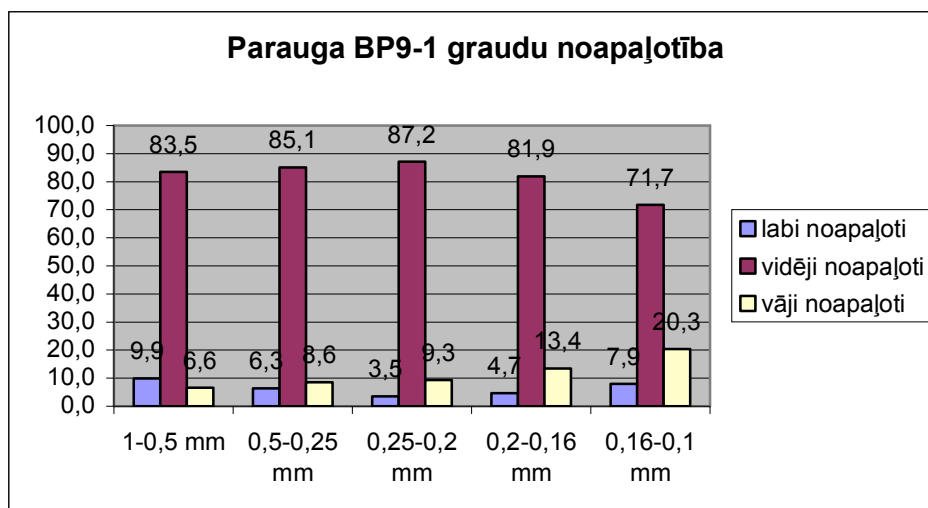
Tā kā kursa darba izstrādes laikā veiktā graudu noapaļotības analīze balstījās uz frakciju lielumiem, kas iegūti no granulometriskā sastāva noteikšanas procesa, kas veikts ar rokas

sijāšanas metodi, tad tika nolemts atsevišķus paraugus izsijāt līdzīgās frakcijās, kā kursa darbā.

Bakalaura darba gaitā tika izpētīti paraugi no 5. (3.4.att.) un 9. (3.5.att.) urbuma, kas attiecīgi ir no kāpas (vQ<sub>3</sub>ltv) un Baltijas ledus ezera krasta vaļņa (Tracevskis u.c., 1984).



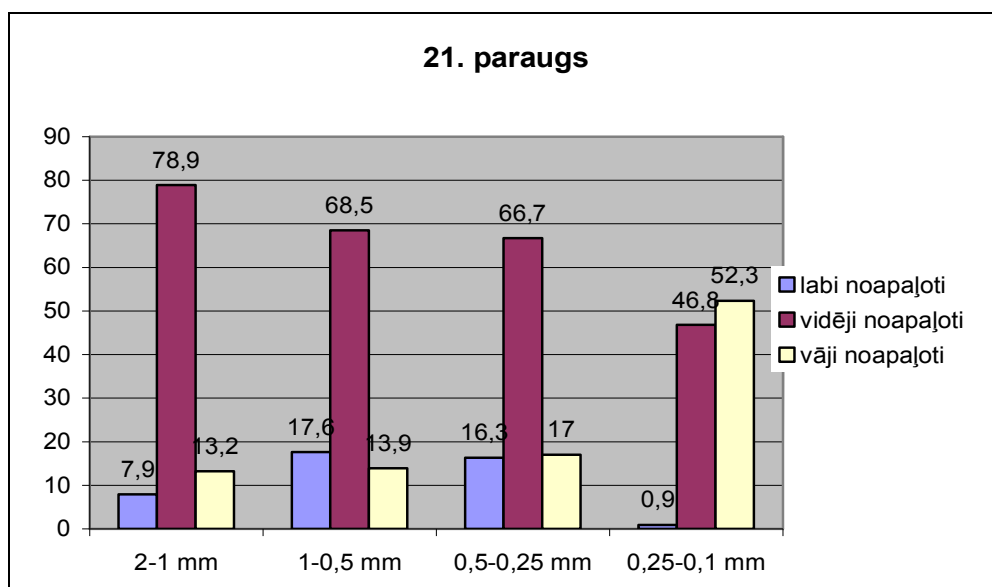
3.4.attēls. Graudu noapaļotības rezultāti (procentos) paraugam no 5. urbuma (izstrādājis autors, 2011)



3.5.attēls. Graudu noapaļotības rezultāti (procentos) paraugam no 9. urbuma (izstrādājis autors, 2011)

Rezultātos redzams, ka eolās kāpas smilšu graudu noapaļotība (3.4.att.) ir mainīga dažādās frakcijās un nav redzama viennozīmīga kopsakarība starp graudu noapaļotību un frakcijas izmēru mainību, bet ir konstatējams, ka vāji noapaļoti smilts graudi ir daudz vairāk, kā labi noapaļotie graudi, bet vidēji noapaļoto graudu kategorijai pieder vislielākā daļa – aptuveni 73% no visiem smilts graudiem.

Arī Baltijas ledus ezera krasta vaļņu smilts nogulumu graudu noapaļotība uzrāda līdzīgus rezultātus: vidēji noapaļoto graudu kategorijai pieder vidēji 81 % no visiem graudiem, toties ir nedaudz vairāk labi noapaļotu graudu un mazāk vāji noapaļotu graudu.



3.6.attēls. Kurša darba gaitā pētītā smilts parauga noapaļotības analīzes rezultāti (procentos) (izstrādājis autors, 2010)

Kurša darbā tika pētīta graudu noapaļotība Litorīnas jūras smilšaino nogulumu paraugiem, kas ievākti urbumos, kas atrodas netālu no bakalaura darba gaitā izurbtā 19. urbuma. Tika izvēlēts paraugs (3.6.att.) no autora kursa darbā izurbtā urbuma, kas atrodas vistuvāk minētajam 19. urbumam – aptuveni 50 m attālumā no tā. Tā rezultātos redzams, ka ir salīdzinoši mazāk vidēji noapaļoto graudu īpatsvars un vairāk pārstāvēti labi noapaļotie smilšu graudi, bet mazāko frakciju virzienā krietni palielinās vāji noapaļoto graudu īpatsvars.

Vispārīgi salīdzinot šo trīs paraugu noapaļotības analīzes rezultātus, var secināt, ka lielāka noapaļotības mainība ir Litorīnas laika nogulumu smilts graudiem, kuriem vidēji noapaļoto smilšu graudu īpatsvars ir mazāks, nekā Baltijas ledus ezera krasta vaļņu smilts nogulumiem un Baltijas ledus ezera pastāvēšanas laika eolajiem smilšainajiem nogulumiem.

Kā norādīts literatūrā (Veinbergs, 1996), tad Baltijas ledus ezera krasta veidojumi ir tikuši gan akumulēti, gan erodēti, kā arī pārpūsti līdz ar to smilšainie materiāli ir sajaukušies un pēc graudu noapaļotības izdalīt krasta formas ir principā neiespējami, par ko norāda arī šī darba autora rezultāti. Arī kursa darbā tika iegūti līdzīgi rezultāti nedeļa pietiekami labi interpretējamus rezultātus, tāpēc autors nolēma neturpināt smilts nogulumu pētīšanu ar graudu noapaļotības metodi.

### 3.3. Granulometrisko analīžu rezultāti un to interpretācija

Bakalaura izstrādes gaitā tika veiktas divu veidu granulometriskās analīzes. Sākotnēji pielietotā sietu granulometriskā analīze ar iekārtu Retch AS200 tika veikta 12 smilts paraugiem (3.1.tabula).

3.1.tabula

#### Sietu analīzes rezultāti (izstrādājis autors, 2011).

Paraugšs	Vidējais graudu			
	izmērs, mm	šķirotība, $\phi$	Asimetrija	Smailums
09-1	0,199	0,579	-0,350	1,318
08-1	0,154	0,683	-0,360	1,189
08-2	0,209	1,036	-0,304	1,089
08-3	0,149	0,772	-0,602	1,088
08-4	0,114	0,289	-0,265	2,059
08-5	0,107	0,271	-0,008	1,458
13-1	0,212	0,509	0,079	1,161
13-2	0,272	0,781	-0,134	1,370
15-1	0,166	0,941	-0,214	1,037
15-2	0,135	0,481	-0,004	1,408
19-1	0,175	0,508	0,082	0,975
19-3	0,166	0,583	0,109	0,865

50 smilšainie paraugi tika pētīti ar lāzerdifrakcijas granulometriskās analīzes metodi un rezultāti apkopoti 3.2. tabulā.

Tabulās apkopoti granulometrisko analīžu gala rezultāti ar katra parauga vidējo smilšu graudu izmēru, šķirotību, asimetriju un arī smailumu, tādējādi iegūstot pārskatāmu un vieglāk salīdzināmu informācijas kopu. Lāzerdifrakcijas analīžu rezultātu tabulā (3.2.tabula) ir apkopoti ne tikai smilšaino nogulumu rezultāti, bet arī aleirītu un mālu rezultāti.

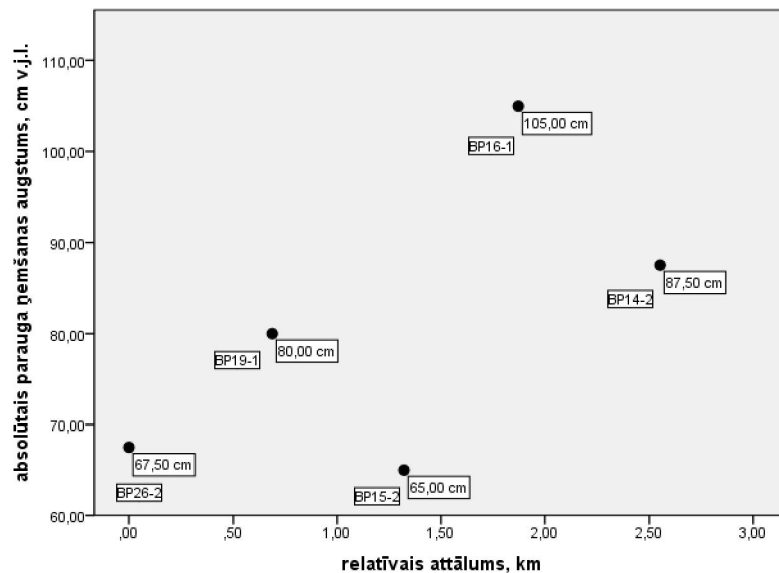
Paraugi no mūsdienu piekrastes Liepājā un Ventspilī tika paņemti, lai to sniegtā informācija palīdzētu analizēt pētītajā teritorijā sastopamos smilšainos nogulumus. Lāzerdifrakcijas analīzes rezultāti liecina par to, ka vienā apgabalā ņemtie paraugi no kāpas un no jūras piekrastes atšķiras ļoti minimāli: šķirotība un asimetrija ir ļoti līdzīga, tāpat arī graudu izmēri, lai gan vērojams, ka eolajos (kāpu) nogulumos vidējais smilšu graudu izmērs ir nedaudz mazāks. Iemesls tam visdrīzāk ir jūras un kāpas nelielais attālums to starpā, kas neļauj pēc granulometrijas rezultātiem tos labi atšķirt.

Lāzerdifrakcijas granulometriskās analīzes rezultāti (izstrādājis autors, 2011).

Paraugs	Vidējais graudu				Paraugs	Vidējais graudu			
	izmērs, mm	Šķirotība	Asimetrija	Smailums		izmērs, mm	Šķirotība	Asimetrija	Smailums
VM	0,279	0,377	-0,015	1,056	15-5	0,128	0,822	0,326	1,730
VE	0,236	0,382	-0,016	1,085	16-1	0,142	0,424	0,137	1,194
LE	0,184	0,364	0,017	1,113	16-2	0,093	0,666	0,279	1,764
LM	0,190	0,359	0,011	1,098	18-1	0,122	0,890	0,369	1,952
03-1	0,017	2,912	0,397	0,535	19-1	0,195	0,574	0,209	1,286
03-3	0,007	2,762	0,243	0,562	19-3	0,199	0,765	0,212	1,213
03-4	0,194	0,666	0,193	1,439	21-1	0,057	2,258	0,430	1,141
04-1	0,147	0,364	0,006	1,091	21-3	0,044	3,729	0,235	0,529
04-2	0,146	0,379	-0,010	1,073	21-4	0,202	1,303	0,509	1,993
05-1	0,209	0,447	0,004	1,061	21-5	0,048	2,540	0,234	1,000
06-1	0,208	0,487	0,037	1,135	21-6	0,011	2,577	0,484	0,550
06-2	0,223	0,426	-0,036	1,082	21-7	0,133	1,694	0,469	1,189
07-1	0,207	0,666	0,244	1,663	22-1	0,185	0,763	0,359	2,230
08-3	0,147	0,473	-0,116	1,090	22-2	0,193	0,677	0,250	1,758
08-4	0,146	0,478	-0,111	1,060	22-3	0,200	0,694	0,297	1,939
08-5	0,123	0,368	-0,030	1,065	22-4	0,217	0,461	0,092	1,207
10-1	0,151	0,525	-0,028	1,120	22-5	0,230	0,447	-0,043	1,112
11-3	0,221	0,773	-0,091	0,953	22-6	0,210	0,394	0,002	1,075
12-2	0,127	0,421	0,084	1,184	22-7	0,229	0,515	0,063	1,176
13-1	0,244	0,627	0,194	1,346	25-1	0,199	0,649	0,163	1,315
14-1	0,194	0,753	-0,059	1,007	25-2	0,200	0,503	0,049	1,041
14-2	0,089	0,443	0,065	1,264	25-3	0,182	0,481	0,083	1,132
15-1	0,173	0,923	0,076	1,126	25-4	0,175	0,445	-0,005	1,119
15-2	0,156	0,612	0,185	1,244	25-5	0,192	0,543	0,043	1,196
15-4	0,010	2,656	0,335	0,589	26-2	0,225	0,711	0,070	1,169

Autors centās rekonstruēt sedimentēšanās apstākļus Litorīnas jūras līdzenumā. Tam par pamatu tika izmantoti secīgi 26., 19., 15., 16. un 14. urbuma (1.6.att.) paraugu granulometriskās analīzes rezultāti. Lai varētu konstatēt līdzenuma smilšaino nogulumu mainību horizontālā plaknē, bija nepieciešams atlasīt paraugus, kuru absolūtais augstums ir vislīdzīgākais viens otram, bet ne visi paraugi izrādījās no līdzīgiem augstumiem. Izvēlēto paraugu augstumi atkarībā no relatīvā attāluma (pieņemot kā sākumpunktu 26. urbumu) ir attēloti vizuāli (3.7.att.).

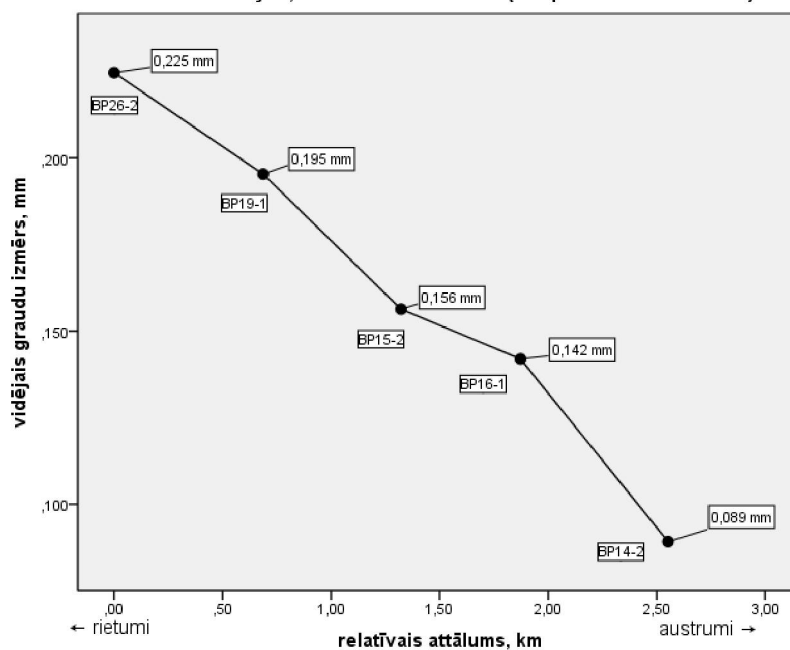
**Paraugu ņemšanas absolūtie augstumi profilā no 26. urbumu līdz 14. urbumam**



3.7.attēls. Absolūtie augstumi paraugiem no 26., 19., 15., 16. un 14. urbuma (izstrādājis autors, 2011).

Tika veikta vizualizācija ar smilšu graudu vidējā izmēra mainību horizontālā plaknē minētajos urbumos (3.8.att.).

**Graudu izmēru izmaiņas, atkarībā no attāluma (starp 26. un 14. urbumu)**

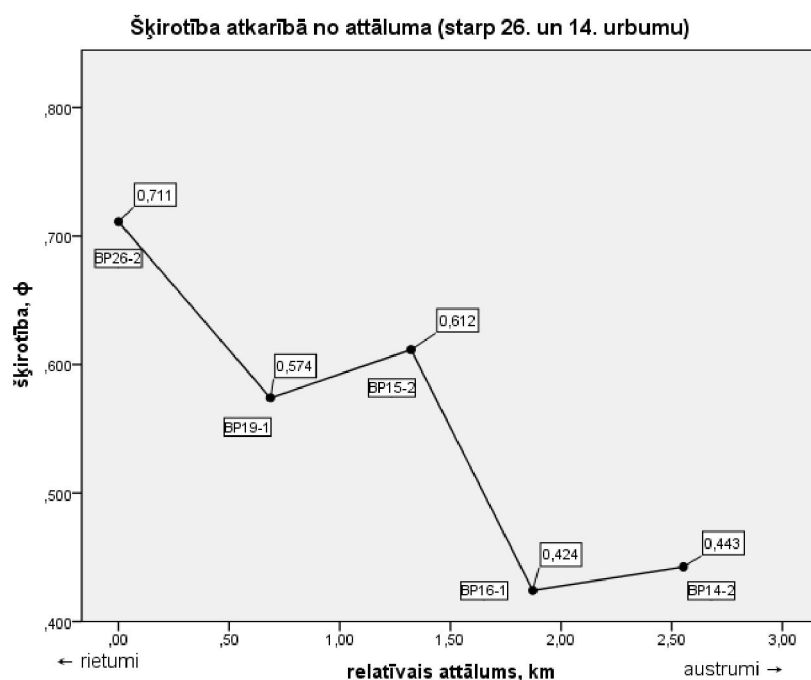


3.8.attēls. Smilšu graudu vidējā izmēra mainība starp 26. un 14. urbumu (izstrādājis autors, 2011).

Kā redzams attēlā (3.8.att.), tad novērojama sakarība, ka smilšu graudu vidējais izmērs samērā lineāri un strauji samazinās virzienā uz iekšzemi, kas norāda uz vienmērīgu sedimentācijas apstākļu maiņu līdzīgā sedimentēšanās vidē. Tā kā absolūtais reljefa augstums paraugu ņemšanas vietās ir līdz 2,5 m v.j.l., tad visticamāk, ka šie nogulumu veidojušies

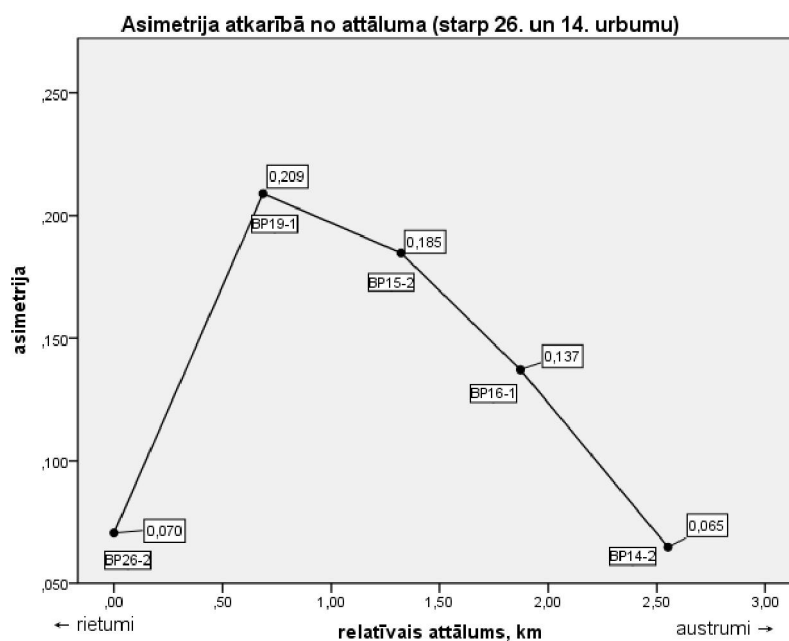
Litorīnas jūras Lit<sub>b</sub> stadijā, kad jau uz rietumiem no šīs teritorijas jau bija izveidojusies smilšu nērija, kas nošķīra lagūnu no atklātās jūras (Veinbergs, 1989). Tas var izskaidrot, kāpēc smilšu graudu vidējais izmērs samazinās virzienā uz austrumiem: smilšu nērija pilnīgi vai daļēji apslāpēja atklātās jūras viļņošanos, tādējādi lagūnā virzienā uz austrumiem pastāvēja arvien mierīgāki sedimentēšanās apstākļi.

Šķirotība atkarībā no relatīvā attāluma šiem pašiem paraugiem (3.9.att.) norāda uz šķirotības samērā pakāpenisku maiņu no vidēji šķirotām smiltīm rietumu daļā līdz pat labi šķirotām smiltīm austrumos. Šis fakts norāda uz to, ka, iespējams, smilšu strēles tuvumā mierīgi sedimentēšanās apstākļi mijās ar periodisku vai patstāvīgu viļņu darbību, kas rada sliktāk šķirotas smilts nogulumus.



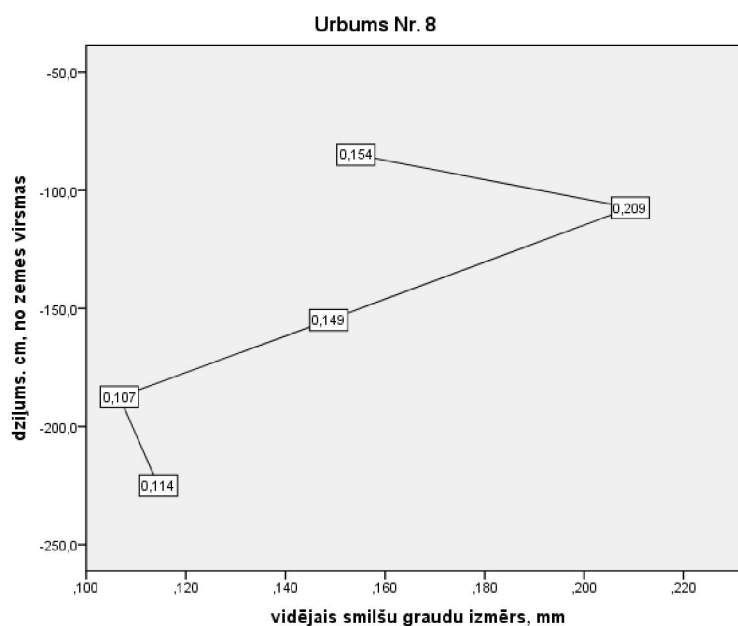
3.9.attēls. Šķirotība atkarībā no attāluma starp 26. un 14. urbumu (izstrādājis autors, 2011).

Par aktīvākiem hidrodinamiskajiem apstākļiem smilšu strēles tuvumā liecina arī smilšaino paraugu asimetrijas atkarība no relatīvā attāluma (3.10.att.), kur redzams, ka 26. urbumā, kas atrodas vistuvāk smilšu strēlei, ir vienāds smalkā materiāla īpatsvars ar rupjā materiāla īpatsvaru (asimetrija tuvojas nullei), bet tālāk hidrodinamiskie apstākļi bijuši mierīgāki un paraugos vairāk dominē smalkais materiāls (asimetrija pozitīva). Asimetrijas samazinājums austrumu virzienā saistāms ar graudu izmēru krasu samazinājumu.



**3.10.attēls. Smilšaino paraugu asimetrija atkarībā no relatīvā attāluma starp 26. un 14. urbumu** (izstrādājis autors, 2011).

Autors darba gaitā vēlējās noskaidrot Litorīnas jūras transgresijas stadijas Lit<sub>a</sub> krasta zonu, kurai pēc literatūras informācijas pētītajā teritorijā vajadzētu atrasties 6,5 līdz 7 m augstumā v.j.l. (Гринбергс, 1957). Urbums Nr. 8 tika veikts, pēc darba autora uzskatiem, ļoti tuvu Lit<sub>a</sub> krastam, par ko liecina veiktā urbuma absolūtais augstums (6 m v.j.l.), kā arī teritorijas reljefa maiņa šajā vietā (3.19.att.).

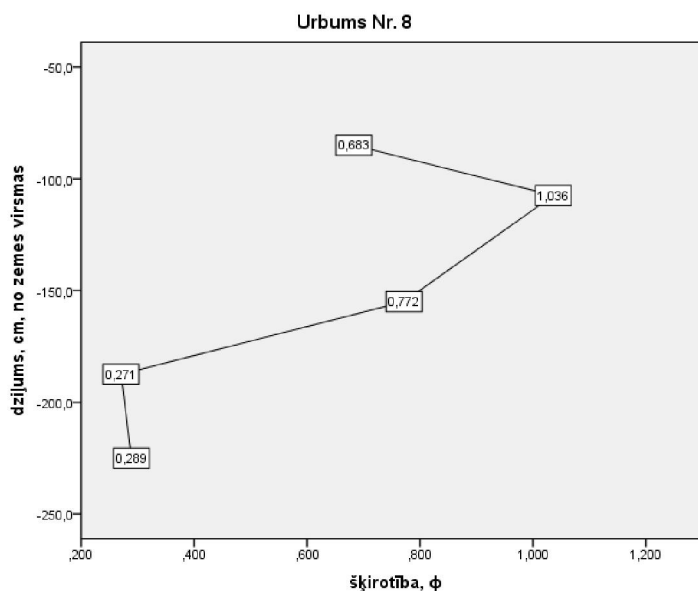


**3.11.attēls. Smilšu graudu izmēra maiņa atkarībā no dziļuma 8. urbumā** (izstrādājis autors, 2011).

Attēlā (3.11.att.) redzams, ka smilšu graudu vidējais izmērs 1,9 līdz 2,3 metru dziļumā ir samērā līdzīgs un tas palielinās virzienā uz augšu no 0,1 mm līdz 0,2 mm diametrā, bet vēl augstāk tas atkal strauji samazinās līdz 0,15 mm. Ar smilšu graudu vidējiem izmēriem ir par maz, lai rekonstruētu sedimentēšanās apstākļus 8. urbuma nogulumiem, tāpēc jāaplūko smilšu šķirotība šiem pašiem paraugiem (3.12.att.).

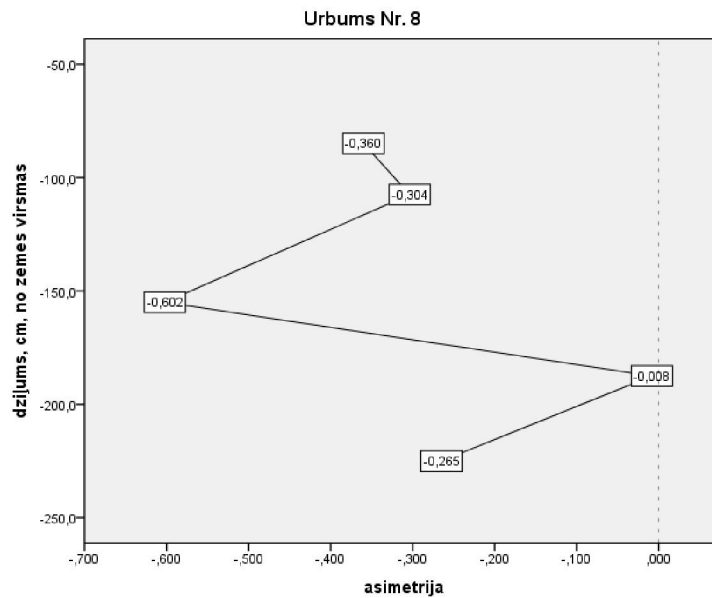
Smilšu šķirotība 8. urbuma paraugiem ir iedalāma divās grupās: urbuma apakšējā daļā, no 1,9 m dziļuma uz leju, novērojami ļoti labi šķiroti smilšainie nogulumi, toties urbuma augšējā daļā ņemto paraugi vidēji līdz pat slikti šķiroti (3.12.att.), ko apstiprina urbšanas gaitā izurbtais smilšainais materiāls, kas saturēja par oļu izmēra drupu materiālu (1.pielikums).

8. urbuma augšējā daļā novērotie smilšainie visdrīzāk ir veidojušies Litorīnas jūras Lit<sub>a</sub> stadijas laikā, kad šeit visdrīzāk atradies jūras krasts, kura nogulumi tikuši viļņu ietekmēti. Tie, savukārt, pārsedz smalkāku un daudz labāk šķirotu materiālu, kas ieguļ dziļāk. Autors tos interpretēja kā Baltijas ledus ezera pēdējās stadijas Bgl IIIc nogulumus, kura krasts atrodas aptuveni 14 metrus v.j.l. (Veinbergs, 1996), 2,5 km attālumā uz austrumiem no urbuma vietas (3.19.att.). Tādējādi tiek izskaidrots smilšu materiāla mazais graudu izmērs, jo ūdens dziļums šai vietā ir bijis vismaz 8 metri, kas kopā ar samērā lielo attālumu no krasta (2,5 km) spētu radīt sedimentēšanās apstākļus tik smalkam smilšainam materiālam ar labu šķirotību.



3.12.attēls. Smilšu šķirotība atkarībā no dziļuma 8. urbumā (izstrādājis autors, 2011).

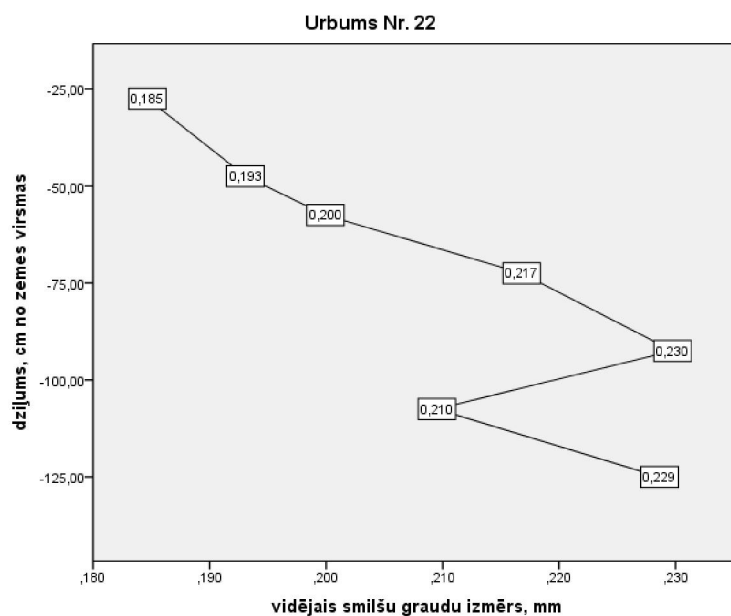
Šo autora interpretāciju samērā labi atbalsta arī asimetrijas atkarība no dziļuma 8. urbuma paraugiem (3.13.att.), jo urbuma augšdaļā esošo paraugu asimetrija ir rupji līdz stipri rupji negatīvi izliekta, kas var liecināt par aktīvu viļņu darbību (Tucker, 2001).



3.13.attēls. Asimetrijas atkarība no dziļuma 8. urbuma paraugiem (izstrādājis autors, 2011).

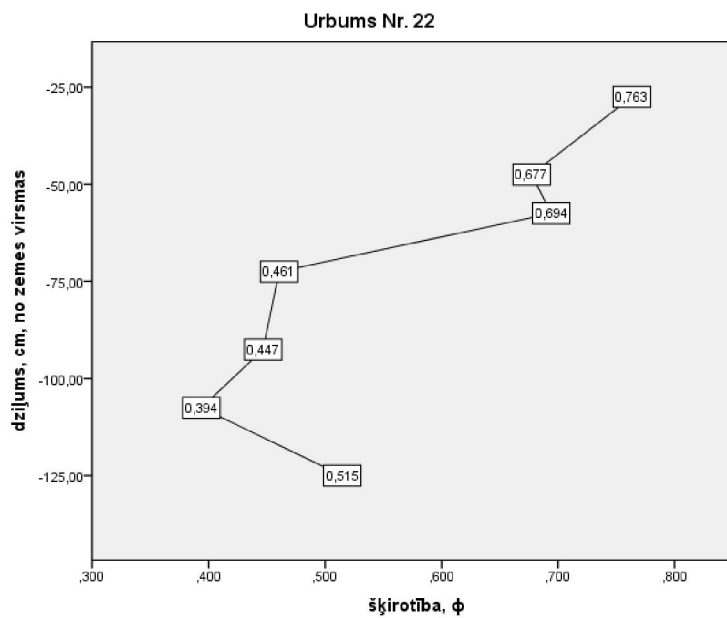
Paraugiem, kas ņemti dziļāk par 1,9 m 8. urbumā un kurus autors interpretēja kā Baltijas ledus ezera nogulumus, asimetrija atšķiras (3.13.att.). Paraugs, kam asimetrija ir tuvu nullei, labi atbilst to interpretācijai kā Baltijas ledus ezera laikā veidojies smilšainais materiāls, bet dziļāk esošajam paraugam novērojama rupji izliekta asimetrija, ko ir sarežģītāk izskaidrot.

Autors izlēma noskaidrot un interpretēt nogulumus, kurus Tracevskis u.c. (1984) nodēvējis par Baltijas ledus ezera piekrastes nogulumiem, un kuri atrodas reljefa vienmērīgā kāpumā starp 8. un 5. urbumu (3.19.att.). Rezultātu interpretēšanai tika izvēlēti 22. urbuma paraugi, kuri tika ievākti lielākā skaitā, līdz ar to iegūtie rezultāti gaidāmi detalizētāki.



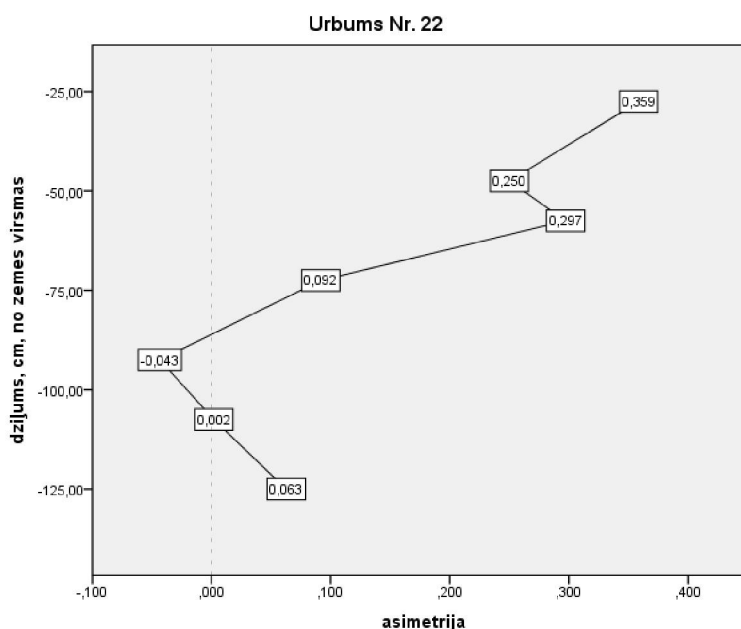
3.14.attēls. 22. urbuma smilšu graudu vidējo izmēru atkarība no dziļuma (autors, 2011).

Kā redzams rezultātu apkopojumā (3.14.att.), tad 22. urbumā vērojams smilšu graudu izmēru samazinājums virzienā uz augšu. Pēc iepazīšanās ar tā paša urbuma paraugiem veiktās šķirotības vizualizāciju 3.15. attēlā, autors izšķir divus atšķirīgu īpašību smilšainos nogulumus: urbuma dziļākajā daļā no 70 līdz 130 cm dziļumā esošās smiltis tiek raksturotas kā labi šķirotas, ar graudu izmēriem 0,21 līdz 0,23 mm, bet urbuma augšējā daļā sastopamās smiltis ir vidēji šķirotas ar graudu izmēriem no 0,185 līdz 0,2 mm.



3.15.attēls. Šķirotība atkarībā no dziļuma 22. urbumā (autors, 2011).

Papildus informācija par minēto smilšaino nogulumu raksturu tiek iegūta 3.16. attēlā, kur ir attēlota smilšu paraugu asimetrija atkarībā no dziļuma.

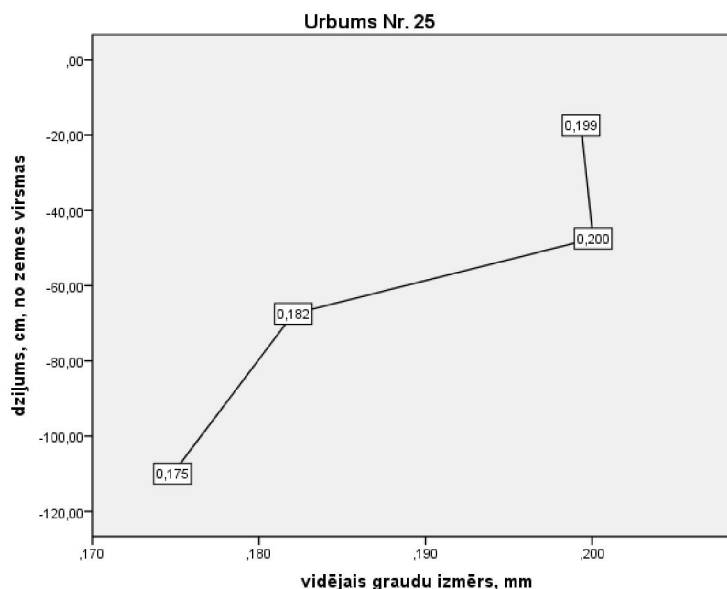


3.16.attēls. Asimetrija atkarībā no dziļuma 22. urbumā (autors, 2011).

Pēc asimetrijas, kas veikta 22. urbumam un attēlota attiecībā pret dziļumu (3.16.att.), arī var izdalīt divu veidu smilšainos nogulumus. Dziļāk esošās smiltis ir ar asimetriju, kas tiecas uz nulli, bet augstāk iegulošās smiltis ir ar pozitīvu asimetriju. Iegūtie dati ļauj autoram secināt, ka dziļāk esošās smiltis nogulsņējušās aktīvākos hidrodinamiskajos apstākļos, iespējams, tuvāk krastam. Urbuma augšējā daļā konstatētās smiltis ir veidojušās mierīgākos apstākļos, ļaujot nogulsnēties arī smalkākam materiālam, par ko liecina pozitīvā asimetrija, kā arī vidējā šķirotības pakāpe liecina par smalkāka (vairāk aleirītiska) materiāla piejaukumu smalkgraudainajām smiltīm, līdz ar to ir secināms tas, ka šīs smiltis izgulsņējušās dziļāka ūdens apstākļos, nekā pagulošās smiltis.

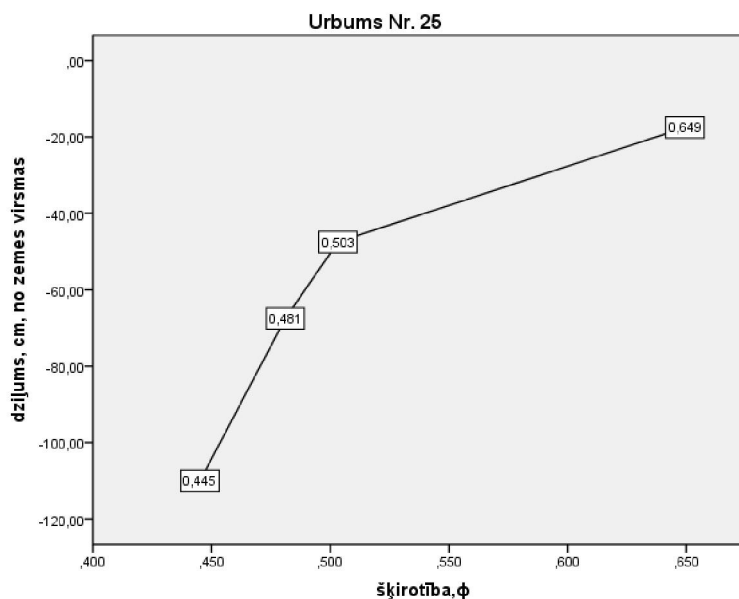
Vairāk vai mazāk šie rezultāti atbilst transgresijas apstākļiem. Kā norāda Veinbergs (1980.), tad Bgl IIIc baseins attīstījies pēc pamatīga ūdens līmeņa pacelšanās (4 – 5 m) laikā, kad baseina krastos pamatā norisinājusies regresija. Tā kā urbums novietots 11,1 m augstumā v.j.l. un Bgl IIIc krasts šajā teritorijā atrodas 14 m v.j.l. (Veinbergs, 1996), tad pirms Veinberga (1980.) norādītās līmeņa pacelšanās, krastam vajadzēja atrasties pat nedaudz zem 22. urbuma veikšanas vietas. Līdz ar to secināms, ka minētajā ūdens pacelšanās gaitā varēja norisināties transgresijas veida apstākļi, kas sakrīt ar autora pētījumiem. Skaidrojums tam, kāpēc nav novērojamas regresijas pazīmes, ko ir minējis Veinbergs (1980), varētu būt apstākļi, ko publicējuši autori Bjorks un Jākobsons (Björck et al., 1996.; Jakobsson et al., 2007), ka Baltijas ledus ezera pastāvēšanas beigās tā līmenis krities ļoti strauji, tādējādi ievērojama nogulumu sega nepaspēja izveidoties.

Tika pētīti arī 25. urbumā iegūtie paraugi. Urbums pēc Tracevska u.c. (1984.) veidotajiem kartogrāfiskajiem materiāliem atrodas starp Baltijas ledus ezera laika veidoto kāpu rietumos un Baltijas ledus ezera krasta valni austrumos, ieplakā (3.19.att.).



3.17.attēls. 25. urbuma smilšu vidējais izmērs atkarībā no dziļuma (autors, 2011).

Iegūtie rezultāti 25. urbūmam (3.17.att.) uzrāda smilšu vidējā graudu izmēra palielināšanos virzienā uz augšu no 0,175 mm līdz 0,2 mm, pie tam 0,2 mm liels smilšu izmērs raksturīgs jau no 45 cm dziļuma virzienā uz augšu. Lai spētu interpretēt nogulumus, ir jāaplūko šķirotība atkarībā no dziļuma 25. urbūmam (3.18.att.).



3.18.attēls. Šķirotība atkarībā no dziļuma 25. urbūmā (izstrādājis autors, 2011).

Šķirotības rezultāti (3.18.att.) parāda, ka smilts nogulumu šķirotība samazinās virzienā uz augšu no labi šķirotām smiltīm līdz vidēji labi šķirotām smiltīm. Asimetrija šī urbūma apakšējam paraugam ir tuvu nullei, sekojošajiem diviem paraugiem uz augšu ir 0,08 un 0,05, bet visaugstāk esošajam paraugam 0,16, kas norāda, ka tikai augšējam paraugam ir daudz maz atšķirīga asimetrija, nekā pārējiem paraugiem.

25. urbūma virsmas absolūtais augstums ir 14,5 m v.j.l., kas aptuveni atbilst Bgl IIIc krasta līnijas augstumam, bet reljefā redzams, ka tomēr šis urbūms atrodas virs šīs krasta līnijas (3.19.att.). Jāpiezīmē, ka šī urbūma paraugos tika konstatētas koku atliekas (3.3.att.), no kā var secināt, ka smilšainajos nogulumos 25. urbūmā ir auguši augi (koki), kuri vēlāk tikuši aprakti ar smiltīm. Autors interpretē, ka šīs smiltis veidojušās vairāk vai mazāk kā eolie nogulumi Bgl IIIc krasta priekšā un tā atkāpšanās gaitā, jo, kā norāda Veinbergs (1996.), tad Bgl IIIc fāzes beigās krasta zonā norisinājās aktīvi eolie procesi, iespējams, kuri izveidoja profilā redzamo kāpu (profils, pie 5. urbūma) un tālāk pārpūšot smiltis pāri kāpai tie varēja aprakt pludmalē augošos kokus, kas konstatēti 25. urbūmā. Apstākļi, kas nesakrīt ar šo interpretāciju, ir šķirotība, jo tai eolajos procesos vajadzētu būt labākai (Tucker, 2001). Bet, kā novēroja autors un aprakstīja šīs nodaļas sākumā Liepājā un Ventspilī iegūto paraugu salīdzinājumu, kas rezultējās ar secinājumu, ka šķirotība mainās ļoti minimāli starp marīnajiem un eolajiem nogulumiem, ja pārvietošanas attālums ir neliels, tad šo pašu apstākļi

var piemērot 25. urbuma smilšaino nogulumu šķirotības interpretācijai, jo paraugiem, kuri tika ņemti no Bgl IIIc iespējamās krasta zonas, ir līdzīga šķirotība (3.2.tabula), kā 25. urbuma paraugiem. Bet arī šis skaidrojums nav pilnībā pārliecinošs. Nogulumu sedimentēšanās apstākļus varētu arī rekonstruēt savādāk: konstatējot koku atlieku vecumu un sakorlēt to ar Baltijas ledus ezera krasta veidojumu vecumu.

### 3.4. Ģeoloģiskais griezumš

Bakalaura darba izstrādes gaitā tika izveidots Bārtavas līdzenuma ģeoloģiskais griezumš (3.19.att.) no autora lauka darbos un laboratorijas darbos iegūtās informācijas, bet to precīzākai interpretācijai tika izmantota informācija no ievāktās literatūras.

Ģeoloģiskais griezumš izvietots Bārtavas līdzenuma vidusdaļā, perpendikulāri Baltijas jūras krasta līnijai rietumu – austrumu virzienā. Ģeoloģiskais griezumš sevī ietver 21 urbuma iznākumu informāciju, kuri izvietoti vairāk vai mazāk vienā līnijā (1.6.att.).

Griezumā ir attēloti izdalīti sekojoši smilšaino nogulumu veidi: smalkgraudaina smilts, vidējgraudaina smilts, smalkgraudaina smilts ar granti un oļiem, smalkgraudaina pelēka smilts ar augu atliekām, smalkgraudaina dzeltena smilts ar retām augu atliekām, kā arī tika izdalīta rupjgraudaina grants un māla nogulumi.

Atsevišķi nogulumu veidi raksturīgi noteiktas ģenēzes nogulumiem. Tā, piemēram, smalkgraudaina pelēka smilts ar augu atliekām griezumā pārstāv Litorīnas laika lagūnas nogulumus, kurus autors pieskaita marīnajiem nogulumiem, lai gan Tracevskis u.c. (1984.) tos izdala kā aluviālos-jūras nogulumus. Tos pārklāj dzeltenas un gaiši baltas smiltis, kuru veidošanās apstākļus autors interpretējis 3.3. nodaļā, izmantojot informāciju par 26., 19., 15., 16. un 14. urbuma paraugu granulometriskās analīzes rezultātiem.

Smalkgraudaina dzeltena smilts ar retām augu atliekām griezumā parādās ap 25. urbumu, kuru ģenēzi saistībā ar granulometrisko analīzi un konstatētajām augu atliekām (3.3.att.) autors centies noskaidrot 3.3. nodaļā.

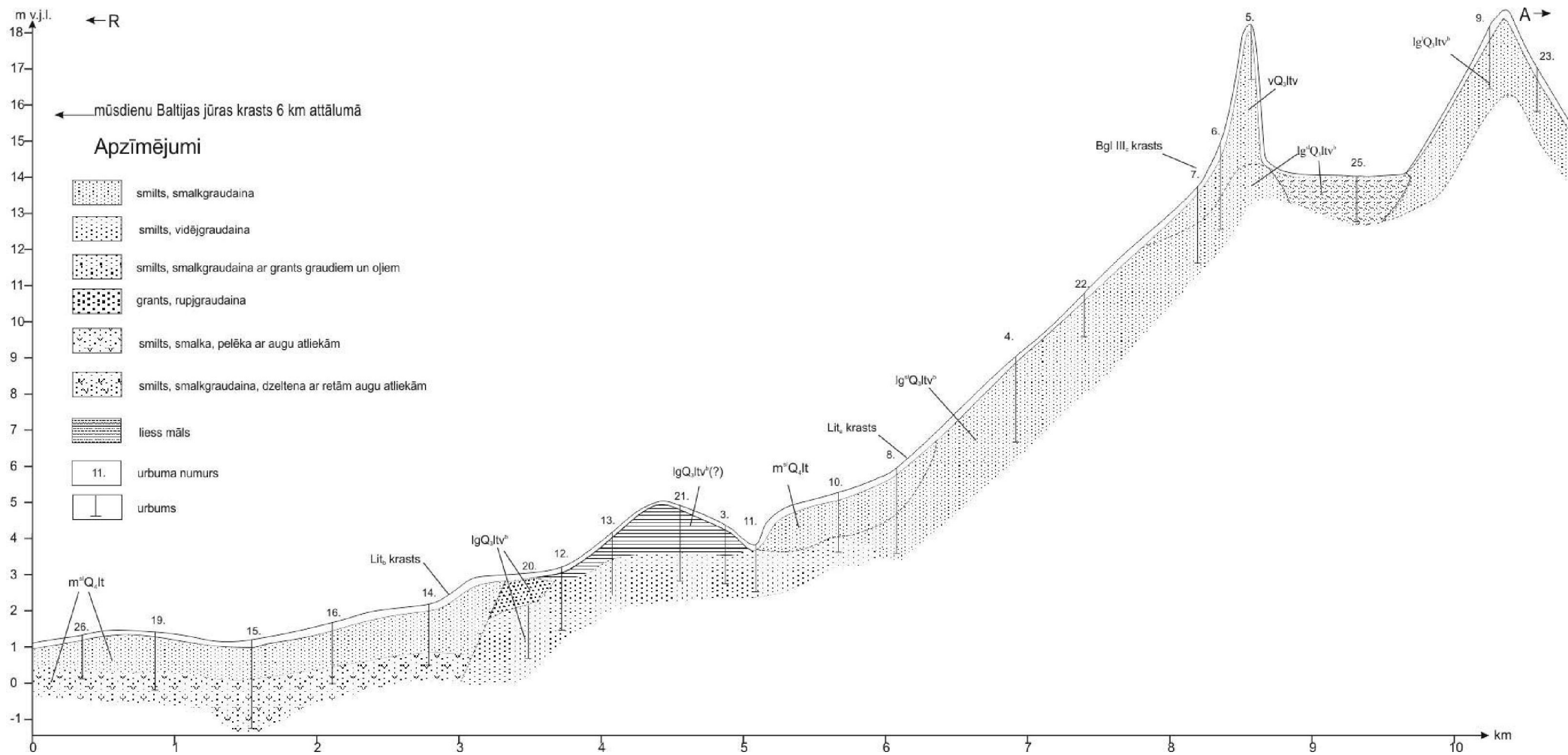
Māla nogulumi sastopami vienā ģeoloģiskā ķermenī griezuma vidusdaļā. Māli ir raibi, iespējams, ar organiskām atliekām (3.2.att.). To ģenēze ir neskaidra un grūti interpretējama. Zem tiem iegūļ vidējgraudainas smilts nogulumu, kura izsekojama starp 20. un 11 urbumu (3.19.att.) un kura pakāpeniski pāriet rupjākā materiālā, līdz pat rupjai grantij pie 20. urbuma. 14. urbumā, kas atrodas uz rietumiem no 20. urbuma, ir sastopami pilnīgi savādāki nogulumu – smalkgraudainas smiltis, arī ar augu atliekām, kas pieskaitāmas Litorīnas jūras pastāvēšanas laikam. Pēc autora uzskatiem, šīs vidējgraudainas smilts un grants nogulumu pieskaitāmi Baltijas ledus ezera nogulumiem, kad dinamiska ūdens ietekmē tika izskalota morēna, kas ir ļoti iespējams, jo kvartārģeoloģijas kartē (1.6.att.) netālu no veiktā ģeoloģiskā griezuma ir konstatējami šādi glacigēnie nogulumu, par kuru eksistenci autors pārliecinājās, veicot 1. un 2. urbumu. Par glacigēno nogulumu klātbūtni liecina arī lieli laukakmeņi, kuri tika konstatēti 20. urbuma tiešā tuvumā (2.11.att.). Bet šādi aktīvi hidrodinamiski apstākļi neizskaidro mālu veidošanos pētītajā teritorijā.

Autors mālu ģenēzi cenšas skaidrot ar Baltijas ledus ezera laiku. Tā, piemēram, Bgl IIIb ezera krasts pētītajā teritorijā atrodas aptuveni 18 m v.j.l.(Veinbergs, 1996), bet mālu virsmas augstums sasniedz vien 5 m v.j.l. augstumu, kas nozīmē, ka Bgl IIIb pastāvēšanas laikā šajā vietā bija vismaz 13 metrus dziļš ūdens, turklāt māliem tuvākā tā laika piekrastes forma – smilšu bārs, atrodas vismaz 5 km attālumā, kas ļauj spriest, ka šajā vietā, iespējams, varēja uzkrāties māli un aleirīti. Tā kā tādā gadījumā māliem būtu jābūt arī apkārtējā teritorijā, tad ir skaidrojums varētu būt, ka citur esošie māli izskaloti vēlāko Baltijas jūras baseinu attīstību stadiju gaitā.

Litorīnas transgresiju krasta Lit<sub>a</sub> zona tika noteikta 3.3. nodaļā, pētot 8. urbuma paraugu parametru maiņu atkarībā no dziļuma un un Lit<sub>b</sub> krasta zona tika konstatēta, izpētot 26. līdz 14. urbuma smilšaino paraugu horizontālo granulometrisko parametru maiņu atkarībā no attāluma.

Baltijas ledus ezera Bgl IIIc krasta zona tika izdalīta, pamatojoties uz Veinberga (1996) sniegtajiem datiem, kā arī pēc reljefa izmaiņām. Granulometrisko analīžu rezultāti šajā teritorijā (6.,7. un 5. urbums) norāda uz to līdzīgu – eolo izcelsmi, kas izriet no Veinberga (1996) sniegtās informācijas, ka Bgl IIIc stadijas beigu fāzē ievērojami aktivizējās eolie procesi. Pats 5. urbums nepārprotami veikts eolas izcelsmes kāpā, ko var atpazīt reljefā (3.19.att.).

Ģeoloģiskā griezumā austrumu daļā ir attēlots krasta bārs, kurš veidojies Bgl IIIb stadijā un kuru aprakstījis Veinbergs (1996), kā arī autora urbšanas gaitā iegūtie rezultāti no bāra (9. un 23. urbums) sakrīt ar Veinberga aprakstīto krasta bāra sastāvu – smilšains materiāls ar grants piejaukumu, oļiem.



3.19.attēls. Bārtavas līdzenuma vidusdaļas ģeoloģiskais šķērsgriezums (izstrādājis autors, 2011).

## SECINĀJUMI

Bakalaura darbā izvirzītie uzdevumi tika izpildīti un darba mērķis izpētīt Leduslaikmeta beigu posma un holocēna smilšainos nogulumus Bārtavas līdzenuma vidusdaļā, galvenokārt, izmantojot nogulumu granulometrisko analīzi tika sasniegts.

Pētījumā iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka:

1. Nogulumu granulometriskā sastāva analīzes rezultāti, kas iegūti izmantojot dažādas granulometriskā sastāva noteikšanas metodes, ne vienmēr ir salīdzināmas, jo katrai metodei ir savas īpatnības, kas ietekmē gala rezultātu.
2. Granulometrisko analīžu rezultāti pārsvarā sniedz pietiekami vērtīgu informāciju, lai būtu iespējams detalizēti raksturot smilšainos nogulumus un rekonstruēt nogulumu sedimentēšanās apstākļus, kā arī noteikt to ģenēzi, kā, piemēram, bakalaura darbā tika novilkta robeža starp Litorīnas jūras Lit<sub>a</sub> stadijas un Baltijas ledus ezera Bgl IIIc stadijas nogulumiem.
3. Lai būtu iespējams precīzi interpretēt nogulumus ar granulometriskās analīzes rezultātu palīdzību, ir nepieciešama papildus informācija par nogulumu izvietojumu un izplatību reljefā, kā arī citi dati, piemēram, nogulumu tekstūra atsegumos.
4. Sastādītajā pētījuma teritorijas ģeoloģiskajā šķērsgriezumā atspoguļojas Baltijas jūras baseina dažādu attīstības stadiju nogulumi un krasta līnijas, kuras iezīmē atšķirīgi nogulumu raksturlielumi (granulometriskais sastāvs, šķirotība, asimetrija).
5. Pētījumā salīdzinoši tuvu izvietotie ģeoloģiskie urbumi, ņemot vērā reljefa morfoloģiju, ļauj secināt, ka teritorijas ģeoloģiskā uzbūve ir sarežģīta un nogulumu granulometriskais sastāvs mainās nelielā attālumā, kas skaidrojams ar dažādu nogulumu veidošanās apstākļu dinamiku.
6. Nogulumu ģenēzes interpretācija ne vienmēr ir viennozīmīga un reizēm pat ļoti sarežģīta, kas saistāms ar dažādu nogulumu veidu un to dažādu granulometrisko sastāvu.
7. Lai būtu iespējams precīzāk izpētīt teritorijas ģeoloģisko uzbūvi un izsekot tās attīstību, pētījumus būtu lietderīgi turpināt, izmantojot vēl plašāku metožu klāstu, tai skaitā nogulumu absolūto datēšanu ar <sup>14</sup>C un OSL metodēm.

## PATEICĪBAS

Darba autors izsaka lielu pateicību bakalaura darba vadītājam Ivaram Strautniekam par palīdzību darba tapšanā, kā arī Laimdotai Kalniņai par lielisko atbalstu un palīdzīgas rokas sniegšanu darba izstrādes gaitā.

Pateikties vēlos arī Aijai Ceriņai un Ģirtam Stinkulim par noderīgiem padomiem darba tapšanā, kā arī Normundam Stivriņam par lielu palīdzību laboratorijā un naktsmītņi Tallinā, arī Madarai Mamei, Jānim Saulītim un Jānim Piķelim par palīdzību lauka darbos.

## LITERATŪRAS SARAKSTS

- Ahlbrandt, T.S. 1979. Textural parameters of eolian deposits. In: Laity J. *Deserts and Desert Environments*. Oxford, Wiley-Blackwell, 191–192.;
- Andrén, E., Andrén, T., Sohlenius, G. 2000. The Holocene history of the southwestern Baltic Sea as reflected in a sediment core from the Bornholm Basin. *Boreas*. 29, 233–250.;
- Andrén, T., Björck, S., Andrén, E., Conley, D., Zillén, L., Anjar, J. 2011. The Development of the Baltic Sea Basin During the Last 130 ka. In: Harff, J. et al. (eds.) *The Baltic Sea Basin*. Rostock [etc], Springer Verlag.;
- Berglund, B.E., Sandgren, P., Barnekow, L., Hannon, G., Jiang, H., Skog, G., Yu, S. 2005. Early Holocene history of the Baltic Sea, as reflected in coastal sediments in Blekinge, southeastern Sweden. *Quaternary International*. 130, 111–139.;
- Björck, S., Kromer, B., Jonsen, S., Bennike, O., Hammarlund, D., Lemdahl, G., Possnert, G., Ramussen, T.L., Wohlfarth, B. 1996. Synchronized terrestrial-atmospheric deglacial records around the North Atlantic. *Science*. 274, 1155–1160.;
- Björck, S. 2008. The late Quaternary development of the Baltic Sea basin. In: The BACC Author Team (eds.) *Assessment of climate change for the Baltic Sea Basin*. Berlin, Heidelberg. Springer.;
- Danilāns, I. 1994. *Baltijas ledus ezers, Latvijas daba: enciklopēdija*. Rīga. Latvijas enciklopēdija.;
- Donner, J. 1995. *The Quaternary History of Scandinavia*. Cambridge University Press.;
- Eshel, G., Levy, G. J., Mingelgrin, U., Singer, M. J. 2004. Critical Evaluation of the Use of Laser Diffraction for Particle-Size Distribution Analysis. *Soil Science Society of America*. 68, 736–743.;
- Folk, R., Ward, W. C. 1957. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*. 27(1), 3-26.;
- Gee, G.W., Bauder, J.W. 1979. Particle-size analysis by hydrometer: A simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measurement parameters. *Soil Science Society of America*. 43, 1004–1007.;
- Gee, G.W., Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis.. In: Klute A. *Methods of soil analysis. Part 1*. 2nd edn. Madison. Agron. Monogr. 9.;
- Gustafsson, B. G., Westman, P. 2002. On the causes for salinity variations in the Baltic Sea for the last 8500 years. *Paleoceanography*. 17, 1–14.;
- Houmark-Nielsen, M., Kjær K.H. 2003. Southwest Scandinavia, 40–15 ka BP: palaeogeography and environmental change. *Journal of Quaternary Science*. 18, 769–786.;

Janitzky, P. 1986. Particle-size analysis.. In: Singer M. J., Janitzky P. *Field and laboratory procedures used in a soil chronosequence study*. Washington. U. S. Gov. Print. Office.;

Jakobsson, M., Björck, S., Alm, G., Andrén, T., Lindeberg, G., 2007. Reconstructing the Younger Dryas ice dammed lake in the Baltic Basin: Bathymetry, area and volume. *Global and Planetary Change*. 57, 355–370.;

Juškevičs, V., Kondratjeva, S., Mūrnieks, A., Mūrniece S., 1997. Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200000, 31. lapa – Liepāja. Paskaidrojuma teksts un kartes. VARAM VĢD. Rīga. 1-49.;

Kabailiene, M., Raukas, A. 1987. Stratigraphy of lake and bog deposits and climatic changes in the late-glacial and Holocene in the Soviet Baltic Republics. *Boreas*. 16, 125-131.;

Kortekaas, M., Murray, A. S., Sandgren, P., Björck, S. 2007. OSL chronology for a sediment core from the southern Baltic Sea: a continuous sedimentation record since deglaciation. *Quaternary Geochronology*. 2, 95–101.;

Krumbein, W.C. 1942. Settling velocity and flume behavior of nonspherical particles. *Trans. Am. Geophysical Union*. 41, 621–633.;

Loveland, P.J., Whalley, W.R. 2001. *Particle size analysis*. In: Smith K.A., et al (eds). Soil and environmental analysis, physical methods. New York. Marcel Dekker Inc.;

Matthews, M.D. 1991. *The effect of grain shape and density on the size measurement*. In: Principles, methods, and applications of particle size analysis. Syvitski J.P.M. (ed.). Cambridge. Cambridge University Press.;

Merkus, H. G. 2009. *Particle Size Measurements*. Pijnacker. Springer Science+Business Media B.V.;

Misāns, J., Rutka, D., Birgere, T., Meirons, Z., Lācis, A. 2003. *Pārskats par Liepājas rajona zemes dzīļu resursiem, pazemes ūdeņiem un mūsdienu ģeoloģiskajiem procesiem*. Rīga. Valsts Ģeoloģijas dienests.;

Pettijohn F. J., 1987. Roundness and sphericity estimate comparison chart. New York. Springer –Verlag.;

Prothero, D. R., Schwab, F. 1999. *Sedimentary Geology: An Introduction to Sedimentary Rocks and Stratigraphy*. W. H. Freeman and Company.;

Raukas, A., Āboltiņš, O., Gaigalas, A. 1995. Deglaciation of the territory. The Baltic States. *Quaternary field trips in Central Europe*. 1, 148–151.;

Sohlenius, G., Sternbeck, J., Andrén, E., Westman, P. 1996. Holocene history of the Baltic Sea as recorded in a sediment core from the Gotland Deep. *Marine Geology*. 134, 183–201.;

Tucker, M. E. 2001. *Sedimentary Petrology*. 3rd edn. Malden, Oxford, [etc], Blackwell Science;

Veinbergs, I. 1980. The Quaternary History of the Baltic. *Symposia Universitatis Upsaliensis annum quingentesimum celebrantis*. 1, 1-11.;

Veinbergs, I. 1989. Development of Baltic Sea shoreline within Latvian coast during Late Glacial and Postglacial time. In: *Protection and evolution of seacoasts*. Tallinn. Estonian Academy of Science Institute of Geology.;

Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S., Popp, T., Steffensen, J. P., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D., Nakagawa, T., Newnham, R., Schwander, J. 2009. Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science*. 24, 3–17.;

Zāns V. 1937. Ledus laikmets un pēcleodus laikmets Latvijā. Grām.: *Latvijas Zeme, daba un tauta*. 2. iesp. Rīga. Valtera un Rapas apgāds. 74-159.;

Гринбергс, Э.Ф. 1957. *Позднеледниковая и послеледниковая история побережья Латвийской ССР*. Рига.;

Гуделис В.К. 1976. *Геология Балтийского моря*. Вильнюс. Издательство „Мокслас”.;

### **Kartogrāfiskie materiāli**

LVGD Dabas apvidi. *Valsts Ģeoloģijas Dienesta Dabas apvidu karšu mozaīka mērogā 1:500 000*. LU ĢZZF WMS. Sk. 22.03.2011. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

Atsauce tekstā (LVGD Dabas apvidi).

Трацевский, Г.Д., Анিকেва, Р.Ф., Мурниекс, А. Э., и др., 1984. Карта мощностей четвертичных отложений масштаба 1:50000 на территории Лиепая. Rīga, Valsts Ģeoloģijas Fonds.;

### **Nepublicētie avoti**

Stinkulis, Ģ. 2005. Lekciju konспекти kursā "Sedimentācijas procesi un nogulumu (Geol2006)". Rīga.;

Трацевский, Г.Д., Анিকেва, Р.Ф., Мурниекс, А. Э., и др., 1984. Отчет о результатах групповой геологической съемке масштаба 1:50000 на территории листов О-34-127-А, Б, В, Г и О-34-139-А, Б (Лиепая) Rīga, Valsts Ģeoloģijas Fonds.;

Veinbergs, I. 1996. *Baltijas baseina attīstības vēsture leduslaikmeta beigū posmā un pēcleoduslaikmetā pēc Latvijas piekrastes un tai pieguļošās akvatorijas pētījumu materiāliem*, Latvijas Universitāte, Ģeoloģijas institūts, Rīga, 123 lpp.;

### **Elektroniskie resursi**

Horiba Instruments Inc. 2010. *A Guidebook for particle size analysis*. Sk. 20.04.2011.

<http://www.horiba.com/fileadmin/uploads/Scientific/eMag/PSA/Guidebook/index.htm>

Atsauce tekstā („Horiba Instruments” Inc, 2010).

## PIELIKUMI

*1.pielikums.* Bakalaura darbā veikto urbumu apraksti

*2.pielikums.* Paraugu apraksti un to ņemšanas dziļums

1. pielikums. Bakalaura darbā veikto urbumu apraksti

Urbums Nr.1		56° 24,25 N	
Koordinātas:		21° 06,225 E	
Virsmas augstums, m v.j.l.		Dziļums, cm:	70
Dziļums, cm:		Apraksts:	
0 – 20		Augsne	
20 – 70		Mālsmilts ar oļiem līdz 2 cm diametrā	
Urbums Nr.2			
Koordinātas:			
Virsmas augstums, m v.j.l.		Dziļums, cm:	125
Dziļums, cm:		Apraksts:	
0 – 50		Augsne un tehnogēnais materiāls	
50 – 125		Mālsmilts, kurā dominē Smilts, vidējgraudaina ar retiem oļiem	
Urbums Nr.3		56° 22,341 N	
Koordinātas:		21° 07,429 E	
Virsmas augstums, m v.j.l.	4,5	Dziļums, cm:	155
Dziļums, cm:		Apraksts	
0 – 25		Augsne	
25 – 65		Mālais aleirīts	
65 – 110		Māls, liess, pelēks ar brūniem plankumiem – iespējams, sadalījis organiskais materiāls	
110 – 130		Smilts, smalkgraudaina ar retiem grants graudiem, uz leju palielinās frakcijas rupjums	
130 – 155		Smilts, vidējgraudaina, dzeltenpelēka	
Urbums Nr.4		56° 22,892 N	
Koordinātas:		21° 09,084 E	
Virsmas augstums, m v.j.l.	9,2	Dziļums, cm:	250
Dziļums, cm:		Apraksts	
0 – 50		Meža augsne, kas pāriet smalkā smiltī	
50 – 150		Smilts, smalkgraudaina ar aleirītu gaiši brūnā krāsā	
150 – 230		Smilts, aleirītiska, smalkgraudaina, gaiši dzeltena	
Urbums Nr.5		56° 23,084 N	
Koordinātas:		21° 10,563 E	
Virsmas augstums, m v.j.l.	18	Dziļums, cm:	150
Dziļums, cm:		Apraksts	
0 – 20		Augsne	
20 – 150		Smilts, smalkgraudaina	
Urbums Nr.6		56° 23,142 N	
Koordinātas:		21° 10,395 E	
Virsmas augstums, m v.j.l.	14,7	Dziļums, cm:	230
Dziļums, cm:		Apraksts	
0 – 50		Meža augsne, kas pāriet smalkā smiltī	
50 – 105		Smilts, smalkgraudaina, dzeltena	
105 – 170		Smilts, smalkgraudaina, balta	
170 – 230		Smilts, smalkgraudaina, iedzeltena	
Urbums Nr.7		56° 23,127 N	
Koordinātas:		21° 10,231 E	
Virsmas augstums, m v.j.l.	13,6	Dziļums, cm:	210

Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 15	Augsne		
15 – 110	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena		
110 – 210	Smilts, smalkgraudaina, tumši brūna		
Urbums Nr.8	56° 22,640 N		
Koordinātas:	21° 08,452 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	6	Dziļums, cm:	235
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 40	Augsne		
40 – 75	Smilts, smalkgraudaina ar retiem grants graudiem, brūna		
75 – 95	Smilts, smalkgraudaina, gaiši brūna, ar retu granti, oļi līdz 1,5 cm		
95 – 125	Smilts, smalkgraudaina, tumši brūna ar oļiem līdz 3 cm		
125 – 190	Smilts, smalkgraudaina, gaiši pelēka		
190 – 235	Smilts, smalkgraudaina, gaiši balta		
Urbums Nr.9	56° 23,077 N		
Koordinātas:	21° 12,145 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	17,9	Dziļums, cm:	205
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 10	Augsne		
10 – 70	Smilts, vidējgraudaina, gaiši brūna, ar retu granti un oļiem.		
70 – 115	Smilts, vidējgraudaina, pelēkbrūna, ar granti un oļiem līdz 4,5 cm diametrā		
115 – 205	Smilts, smalkgraudaina balta, ar retiem oļiem līdz 4 cm.		
Urbums Nr.10	56° 22,526 N		
Koordinātas:	21° 08,113 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	5,3	Dziļums, cm:	155
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 20	Augsne		
20 – 55	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena ar retiem grants graudiem		
55 – 105	Smilts, smalkgraudaina, gaiši dzeltena		
105 – 155	Smilts, vidējgraudaina līdz rupja, dzeltenoranža		
Urbums Nr.11	56° 22,389 N		
Koordinātas:	21° 07,623 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	3,9	Dziļums, cm:	125
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 15	Augsne		
15 – 70	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena		
7 – 125	Smilts, smalkgraudaina līdz vidējgraudaina, gaiši pelēka		
Urbums Nr.12	56° 22,279 N		
Koordinātas:	21° 06,359 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	3,2	Dziļums, cm:	165
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 15	Augsne		
15 – 38	Aleirītisks māls, pelēks, raibs		
38 – 115	Smilts, smalkgraudaina, gaiši dzeltena		
115 – 125	Smalka līdz vidējgraudaina brūna smilts ar oļiem un organiskajām atliekām		

125 – 165	Smilts, vidējgraudaina ar grants graudiem un oļiem		
Urbums Nr.13	56° 22,239 N		
Koordinātas:	21° 06,680 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	4,2	Dziļums, cm:	175
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 20	Augsne		
20 – 70	Liess māls ar organiskām atliekām, pelēks ar brūniem plankumiem		
70 – 125	Smilts, smalkgraudaina, balta		
125 – 175	Smilts, smalkgraudaina līdz vidējgraudaina, ar retu granti un organiskajām atliekām		
Urbums Nr.14	56° 22,388 N		
Koordinātas:	21° 05,482 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	2,2	Dziļums, cm:	165
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 20	Augsne		
20 – 130	Smilts, smalkgraudaina, gaiši baltas, pāriet dzeltenā krāsā		
130 – 140	Smiltis, smalkgraudainas, pelēkas, ar organiskām atliekām		
140 – 150	Smiltis, rupjgraudaina, dzeltenas		
150 – 165	Smalkgraudainas līdz vidējgraudainas smiltis ar organiskajām atliekām, tai skaitā koku		
Urbums Nr.15	56° 22,271 N		
Koordinātas:	21° 04,300 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	1,2	Dziļums, cm:	240
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 30	Augsne		
30 – 60	Smilts, smalkgraudaina, gaiši balta		
60 – 110	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena, uz leju pelēkas		
110 – 190	Smilts, smalkgraudaina, pelēkas, uz leju tumši pelēkas		
190 – 215	Māls, liess, pelēks līdz melns, ar organiskajām atliekām		
215 - 240	Smilts, smalkgraudaina pelēka ar organiskajām atliekām		
Urbums Nr.16	56° 22,323 N		
Koordinātas:	21° 04,029 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	1,7	Dziļums, cm:	170
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 20	Augsne		
20 – 90	Smilts, smalkgraudaina, gaiši balta		
90 – 120	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena		
120 – 170	Smilts, smalkgraudaina, pelēka ar organiskajām atliekām		
Urbums Nr.17	56° 22,115 N		
Koordinātas:	21° 02,717 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	2,5	Dziļums, cm:	165
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 20	Augsne		
20 – 50	Pārrakta augsne		
50 – 130	Smilts, vidējgraudaina, dzeltena		
130 – 165	Smilts, smalkgraudaina līdz vidējgraudaina, dzeltena		
Urbums Nr.18	56° 22,146 N		
Koordinātas:	21° 02,795 E		

Virsmas augstums, m v.j.l.	0,4	Dziļums, cm:	150
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 20	Augsne		
20 – 75	Smilts, smalkgraudaina līdz vidējgraudaina, dzeltena		
75 – 100	Smilts, vidējgraudaina, pelēka ar organiskajām atliekām		
100 – 150	Smilts, smalkgraudaina, pelēka ar organiskajām atliekām		
Urbums Nr.19	56° 22,397 N		
Koordinātas:	21° 03,686 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	1,5	Dziļums, cm:	155
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 25	Augsne		
25 – 50	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena		
50 – 75	Smilts, smalkgraudaina, gaiši baltas		
75 – 125	Smilts, smalkgraudaina, dzeltenbrūna		
125 – 155	Smilts, smalkgraudaina, pelēka ar organiskajām atliekām		
Urbums Nr.20	56° 22,231 N		
Koordinātas:	21° 06,133 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	2,8	Dziļums, cm:	140
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 15	Augsne		
15 – 75	Grants, rupjgraudaina, laukakmeņi		
75 – 140	Grants, vidējgraudaina		
Urbums Nr.21	56° 22,264 N		
Koordinātas:	21° 07,136 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	4,9	Dziļums, cm:	200
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 25	Augsne		
25 – 75	Māls, aleirītisks balts		
75 – 110	Māls, trekns, sarkanbrūns		
110 – 120	Smilts, smalkgraudaina sarkanbrūna		
120 – 150	Smilts, smalkgraudaina līdz vidējgraudaina, sarkanbrūna		
150 – 165	Māls, trekns, sarkanbrūns		
165 – 180	Smilts, aleirītiska, sarkanbrūna		
180 – 200	Smilts, smalkgraudaina ar retiem lielākiem smilts graudiem, gaiši balta		
Urbums Nr.22	56° 22,896 N		
Koordinātas:	21° 09,072 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	11,1	Dziļums, cm:	115
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 10	Augsne		
10 – 70	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena		
70 – 115	Smilts, smalkgraudaina, brūni dzeltena, vietām organiskās atliekas		
Urbums Nr.23	56° 23,108 N		
Koordinātas:	21° 12,501 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	16,5	Dziļums, cm:	115
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 20	Augsne		
20 – 50	Smilts, vidējgraudaina, dzeltenbrūna ar granti un oļiem		
50 – 70	Smilts, vidējgraudaina ar retu granti, dzeltenbrūna		

70 – 115	Smilts, vidējgraudaina, dzeltenbrūna		
Urbums Nr.24	56° 23,152 N		
Koordinātas:	21° 13,132 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	12	Dziļums, cm:	200
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 10	Meža nobiras, augsne		
10 – 25	Augsne		
25 – 55	Smilts, smalkgraudaina, balta, samaisīta ar augsni (iespējams, tehnogēnas izcelsmes)		
55 – 85	Smilts, smalkgraudaina, tumši pelēka		
85 – 200	Smilts, smalkgraudaina, tumši brūna		
Urbums Nr.25	56° 22,882 N		
Koordinātas:	21° 11,296 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	14,5	Dziļums, cm:	115
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 10	Augsne		
10 – 20	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena		
20 – 115	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena ar augu atliekām		
Urbums Nr.26	56° 22,543 N		
Koordinātas:	21° 02,879 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	1,4	Dziļums, cm:	115
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 30	Augsne		
30 – 90	Smilts, vidējgraudaina, dzeltenbrūna		
90 – 115	Smilts, smalkgraudaina, pelēka, ar organiskām atliekām		
Urbums Nr.27	56° 21,858 N		
Koordinātas:	21° 02,207 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	0,5	Dziļums, cm:	115
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 40	Augsne		
40 – 115	Smilts, dūņaina, aleirītiska ar oranžiem ieslēgumiem un augu atliekām		
Urbums Nr.28	56° 21,618 N		
Koordinātas:	21° 01,771 E		
Virsmas augstums, m v.j.l.	1,2	Dziļums, cm:	115
Dziļums, cm:	Apraksts		
0 – 30	Augsne		
30 – 60	Aleirīts, sarkanbrūns ar organiskām atliekām		
60 – 90	Māls, aleirītisks dzeltenbrūns		
90 – 115	Māls, aleirītisks, pelēks ar sarkanbrūniem plankumiem		

## 2.pielikums. Paraugu apraksti un to ņemšanas dziļums

Parauga nosaukums	Parauga ņemšanas dziļums, cm	Apraksts
BP02-1	90-100	Mālsmilts
BP02-2	120-125	Mālsmilts, pelēka
BP03-1	55-65	Mālais aleirīts
BP03-2	75-85	Māls, raibs, pelēks un sarkanbrūns ar melnām organiskām „granulām”
BP03-3	90-95	Māls, liess, pelēks, raibs ar sarkanbrūniem plankumiem un organiskajām atliekām
BP03-4	145-155	Smilts, smalkgraudaina, dzeltenpelēka
BP04-1	225-235	Smalka, dzeltena smilts
BP04-2	240-250	Smilts, smalkgraudaina, tumšāka
BP05-1	135-145	Smilts, smalkgraudaina
BP06-1	145-155	Smilts, smalkgraudaina, balta
BP06-2	210-220	Smilts, smalkgraudaina, iedzeltena
BP07-1	65-75	Smilts, smalkgraudaina dzeltena
BP07-2	120-140	Smilts, smalka līdz vidējgraudaina
BP08-1	80-90	Smilts, smalkgraudaina dzeltena
BP08-2	100-115	Smilts, smalkgr. ar oļiem līdz 3 cm
BP08-3	150-160	Smilts, smalkgraudaina gaiši dzeltena
BP08-4	220-230	Smilts, smalkgraudaina pelēka
BP08-5	185-190	Smilts, smalkgraudaina brūni-dzeltena
BP09-1	180-190	Smilts, smalkgraudaina ar reti oļiem līdz 4 cm
BP10-1	55-65	Smilts, smalkgraudaina iedzelteni balta
BP10-2	120-130	Smilts, vidējgraudaina līdz rupja, ar reti oļiem līdz 2cm
BP11-1	30-40	Smilts, smalka dzeltena
BP11-2	70-80	Smilts, vidējgraudaina, pelēka
BP11-3	110-120	Smilts, smalkgraudaina ar retu granti, pelēka
BP12-1	35-45	Māls, aleirītisks, pelēks
BP12-2	70-80	Smilts, smalka ar nelielu organiskās vielas piejaukumu
BP12-3	120-125	Smilts, smalka ar granti, oļiem un organiskām atliekām
BP12-4	135-145	Grants, smalkgraudaina ar oļiem
BP13-1	90-95	Smilts, smalka, gaiša
BP13-2	135-140	Smilts, vidējgraudaina ar retu granti
BP14-1	65-75	Smilts, smalka, balta
BP14-2	130-135	Smilts, smalka, pelēka ar organiskajām atliekām
BP14-3	140-150	Smilts, vidējgraudaina
BP15-1	25-35	Smalka, balta smilts
BP15-2	50-60	Smilts, brūngani oranžas, sm.gr.
BP15-3	125-135	Smilts, smalka, pelēka ar organiskajām atliekām
BP15-4	195-200	Māls, zilganpelēks līdz melns
BP15-5	230-240	Smilts, smalka, pelēka ar organiskām atliekām
BP16-1	60-70	Smilts, smalka, iedzeltena
BP16-2	150-160	Smilts, smalka, pelēka ar organiskām atliekām
BP17-1	65-75	Smilts, vidējgraudaina, dzeltena
BP17-2	140-150	Smilts, smalka-vidējgraudaina, gaiši dzeltena
BP18-1	130-145	Smilts, smalka, pelēka ar organiskām atliekām

BP19-1	65-75	Smilts, smalka, dzeltena
BP19-2	145-155	Smilts, smalka, pelēka ar organiskajām atliekām
BP19-3	90-100	Smilts, smalka, dzeltenbrūna
BP20-1	130-140	Grants, vidēji rupja
BP21-1	40-50	Māls, balts
BP21-2	75-80	Māls, sarkanbrūns
BP21-3	85-90	Māls, sarkanbrūns ar retām organiskām atliekām
BP21-4	135-140	Smilts, smalkgraudaina, brūngana
BP21-5	170-175	Aleirīts
BP21-6	150-160	Māls, sarkanbrūns
BP21-7	185-190	Smilts, smalkgraudaina, balta
BP22-1	25-30	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena
BP22-2	45-50	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena
BP22-3	55-60	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena
BP22-4	70-75	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena
BP22-5	90-95	Smilts, smalkgraudaina, brūngani dzeltena
BP22-6	105-110	Smilts, smalkgraudaina, brūngani dzeltena
BP22-7	120-130	Smilts, smalkgraudaina, brūngani dzeltena
BP23-1	30-35	Smilts, vidējgraudaina ar granti un oļiem, dzeltenbrūna
BP23-2	45-50	Smilts, vidējgraudaina ar granti un oļiem, dzeltenbrūna
BP23-3	65-70	Smilts, vidējgraudaina ar retiem grants graudiem
BP23-4	70-75	Smilts, vidējgraudaina, dzeltenīga
BP23-5	95-105	Smilts, vidējgraudaina, dzeltenīga
BP23-6	110-115	Smilts, vidējgraudaina, dzeltenīga
BP24-1	45-50	Smilts, smalka ar augsni
BP24-2	80-85	Smilts, smalka tumša
BP24-3	105-110	Smilts, smalkgraudaina tumši brūna
BP24-4	125-130	Smilts, smalkgraudaina tumši brūna
BP24-5	145-150	Smilts, smalka, tumša
BP24-6	165-170	Smilts, smalka tumši brūna
BP24-7	185-195	Smilts, smalka tumši brūna
BP25-1	15-20	Smilts, smalkgraudaina, dzeltena
BP25-2	45-50	Smilts, smalka, dzeltena, ar retām augu atliekām
BP25-3	65-70	Smilts, smalkgraudaina ar retām augu atliekām
BP25-4	105-115	Smilts, smalkgraudaina ar retām augu atliekām
BP26-1	35-40	Smilts, vidējgraudaina, dzeltena
BP26-2	70-75	Smilts, smalka līdz vidējgraudaina, dzeltena
BP26-3	95-100	Smilts, smalkgraudaina, pelēka ar organiskām atliekām
BP26-4	110-115	Smilts, smalkgraudaina, pelēka ar organiskām atliekām
BP27-1	90-95	Smilts, aleirītiska, brūna, ar organiskām atliekām
BP27-2	110-115	Smilts, aleirītiska, smalka, brūna ar organiskām atliekām
BP28-1	35-40	Smilts, aleirītiska, dzeltenbrūnas
BP28-2	75-80	Smilts, aleirītiska, brūna
BP28-3	100-105	Māls, aleirītisks, pelēks
BP28-4	110-115	Māls, aleirītisks, pelēks
BP-VM	0-5	Smilts, no mūsdienu Ventpils pludmales
BP-VE	0-5	Smilts, no mūsdienu Ventpils piekrastes kāpas
BP-LE	0-5	Smilts, no mūsdienu Liepājas piekrastes kāpas
BP-LM	0-5	Smilts, no mūsdienu Liepājas pludmales