

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

LIELAUCES MĀLU BASEINA VEIDOŠANĀS UN NOGULUMI
BAKALaura DARBS

Autors: Jurgis Armans

Stud. apl. Ja10050

Darba vadītājs: Andris Karpovičs, Dr. ģeol.

RĪGA 2013

ANOTĀCIJA

Bakalaura darba “Lielaucē mālu baseina veidošanās un nogulumu” ietvaros tika veiktas granulometriskā sastāva analīzes glaciolimniskajiem nogulumiem un trīsdimensionāla datormodeļa izstrāde pēc agrākos pētījumos veikto urbumu aprakstiem, kas papildināti ar lauka darbos veikto urbumu datiem. Darbs tika veikts ar mērķi noskaidrot Lielaucē glaciolimniskā baseina ģeoloģisko uzbūvi un izdarīt secinājumus par tā veidošanās apstākļiem.

Apkopojot granulometriskā sastāva analīžu rezultātus un izvērtējot 3D datormodeli noskaidrojās Lielaucē māla baseina D daļas sarežģītā ģeoloģiskā uzbūve ar mainīgu nogulumu sastāvu, kas norāda uz nogulumu izgulsnēšanos dažādos hidrodinamiskajos apstākļos.

Atslēgas vārdi: glaciolimniskie nogulumu, granulometriskais sastāvs, 3D datormodelis,

ABSTRACT

The framework of Bachelor's paper "Development and sediments of Lielaucis glaciolacustrine basin" was established through performing granulometric analysis for glaciolacustrine deposits and developing 3D computer models according to the description of performed boreholes from previous researches that were supplemented with field-work boreholes and their data. The purpose of work was to clarify the geological structure of Lielaucis glaciolacustrine basin and carry out conclusions about the circumstances of its development.

By summarizing the grain size analysis results and evaluating 3D computer model, the Lielaucis glaciolacustrine basins southern part's complicated geological structure with inconsistent granulometric composition cleared up. It indicates on sedimentation within various hydrodynamic conditions.

Key words: glaciolacustrine deposits, granulometric composition, 3D computer model

SATURS

IEVADS.....	5
1. PĒTĪJUMA TEORĒTISKĀ NOSTĀDNE AR LITERATŪRAS APSKATU	6
1.1 Glaciolimniskie nogulumi	6
1.1.1 Sedimentācijas procesi glaciolimniskajā baseinā.....	6
1.1.2 Slokšņu māli.....	7
1.2. Glaciolimnisko baseinu pētījumi.....	8
1.2.1 Glaciolimnisko baseinu pētījumi Latvijā	8
1.2.2 Glaciolimnisko baseinu pētījumi kaimiņvalstīs	10
1.3 Lielauces glaciolimnisko nogulumu baseins	10
1.3.1 Īss apvidus fiziogēogrāfiskais un ģeoloģiskais raksturojums	10
1.3.2 Glaciolimniskie nogulumi.....	11
2. MATERIĀLI UN METODES	13
4.1 Lauka darbi	13
4.2 Lielauces māla baseina datormodelis	15
4.2 Granulometriskā analīze	16
3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	20
3.1 Lauka darbos veikto urbumu un ievāktu paraugu apraksts	20
3.2 Sedigrāfa un hidrometra metožu salīdzinājums	31
3.3 Lielauces māla baseina uzbūves datormodelis	32
3.4 Rezultātu izvērtējums	36
SECINĀJUMI	38
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	39
PIELIKUMI.....	41

IEVADS

Pleistocēna ledāju un to kušanas ūdeņu nogulumu klāj praktiski visu Latvijas teritoriju. Arī Latvijas teritorijas reljefs galvenokārt veidojies ledāju un to kušanas ūdeņu darbības rezultātā, tāpēc kvartāra nogulumu ģeoloģiskie pētījumi Latvijas teritorijā ir nozīmīgi un allaž aktuāli. Glaciolimnisko baseinu nogulumu pētījumi parāda ledāju un to kušanas ūdeņu dinamiku un mainību pēdējā leduslaikmeta beigu posmā, kas ļauj spriest par tā laika klimatiskajiem apstākļiem un ledāju atkāpšanās gaitu. Šādiem pētījumiem ir arī lietišķa nozīme - gan inženierģeoloģisko apstākļu novērtēšanai, gan derīgo izrakteņu racionālas ieguves plānošanai.

Plašākie glaciolimnisko baseinu pētījumi Latvijas teritorijā veikti 20. gadsimta vidū, kad ģeoloģisko pētījumu galvenais mērķis bija potenciālo derīgo izrakteņu atradņu meklēšana un izpēte. Kā zināms, no Latvijas māliežiem praktiskā ziņā nozīmīgi ir glaciolimniskie māli, kurus, atkarībā no sastāva, var izmantot ķieģeļu, keramzīta, kā arī citu produktu ražošanā.

Mūsdienās glaciolimnisko baseinu pētījumu galvenais mērķis varētu būt paleoģeogrāfisko apstākļu un baseina attīstības stadiju rekonstrukcija. Lai sasniegtu šādu mērķi jāveic kompleksi ģeoloģiskie pētījumi.

Bakalaura darba pētījuma objekts ir **Lielaucē glaciolimnisko nogulumu baseins**. Darba ietvaros tika ievākta un apkopota jau esošā informācija par Lielaucē glaciolimnisko baseinu, kas iegūta agrākos Lielaucē glaciolimniskā baseina pētījumos, un izvērtētas to pielietošanas iespējas turpmākos pētījumos. Lai ievāktu Lielaucē ledājkūšanas ūdeņu baseina nogulumu paraugus, 2012. gada 20.-21. oktobrī tika rīkoti lauka darbi. Lauka darbu ietvaros tika veikti 8 ģeoloģiskie urbumi un ievākti paraugi, kuriem tika veiktas granulometriskā sastāva analīzes, izmantojot sedigrāfu un hidrometru.

Bakalaura darbam izvirzītais **mērķis** ir noskaidrot Lielaucē glaciolimniskā baseina ģeoloģisko uzbūvi un izdarīt secinājumus par tā veidošanās apstākļiem.

Mērķa sasniegšanai tika definēti vairāki **uzdevumi**:

- iepazīties ar pieejamo ģeoloģisko informāciju par Lielaucē glaciolimnisko baseinu;
- veikt lauka darbus un laboratorijas pētījumus;
- apkopot, izvērtēt un analizēt pieejamo ģeoloģisko informāciju;
- veidot datormodeli pēc lauka darbos un agrāk veikto ģeoloģisko urbumu aprakstiem.

Darbs sastāv no 3 nodaļām, kas sadalītas 13 apakšnodaļās, un secinājumiem. Darbā iekļauti 14 attēli un viena tabula, kā arī pievienoti 5 pielikumi.

1. PĒTĪJUMA TEORĒTISKĀ NOSTĀDNE AR LITERATŪRAS APSKATU

1.1 Glaciolimniskie nogulumi

Glaciolimniskie jeb ledāja kušanas ūdeņu nogulumi veidojas stāvoša ledāja kušanas procesā. Ledājam kustot, veidojas spēcīgas ledāja kušanas ūdeņu straumes, kas pārvieto milzīgu daudzumu nogulu uz glaciolimniskajiem baseiniem. Kušanas ūdeņu straumju grīvās tiek izgulsneti smilts, grants, oļu frakciju nogulumu, kamēr sīkdispersais materiāls tiek izgulsnēts galvenokārt glaciolimniskā baseina centrālajā daļā (Ehlers, 1996).

Glaciolimniskos nogulumus pēc to veidošanās apstākļiem, iedala iekšledāja glaciolimniskajos nogulumos, kas veidojušies ledāja caurkusumos, un pieledāja glaciolimniskajos nogulumos, kas izgulsnējušies sprostezeros vai cita veida ledājukušanas ūdeņu baseinos (Danilāns, 1995).

Nozīmīgs nosacījums, pēc kura izšķir dažādus glaciolimniskos baseinus, ir tas, vai ledājukušanas ūdeņu baseins pilnībā pieguļ ledājam, vai arī tam nav tieša kontakta ar ledāju. Ja ledāja kušanas ūdeņu baseins ir tiešā kontaktā ar ledus masīvu, ledus mēles dinamika un mainība, kā arī kušanas ūdens dinamika sedimentācijas apstākļus glaciolimniskajā baseinā padara ļoti mainīgus (Benn, Evans, 2006).

Ledus kušanas ūdeņu baseina un ledāja masīva krasta zonas var būt atšķirīgas. Ledus mēles mala var būt gandrīz nekustīga, uz gultnes balstīta, vai arī beigties glaciolimniskajā baseinā, kā šelfa ledājs. Ledus šelfs ir strauji plūstošs, un tas iestiepjas glaciolimniskajā baseinā virs ūdens. Ledus šelfa pamatnē, tā kontaktā ar ūdeni, notiek ledus kušana, kas ļauj ledū iesalušajam nogulu materiālam nonākt sedimentācijas baseinā (Benn, Evans, 2006).

1.1.1 Sedimentācijas procesi glaciolimniskajā baseinā

Ja glaciolimniskais baseins ir tiešā kontaktā ar ledāja malu, nogulu materiāls baseinā var tikt nogādāts ar kušanas ūdeņu straumēm pa virsledāja kanāliem vai arī pa iekšledāja un zemledāja portāliem. Glaciofluviālo straumju un nogulu materiāla izplatību glaciolimniskajā baseinā lielā mērā ietekmē baseina un ledājukušanas ūdeņu straumes blīvuma atšķirības. Jo krasāka blīvumu atšķirība, jo lēnāk norit ūdens sajaukšanās. Ūdens blīvumu atšķirības ietekmē arī to, kādā veidā pieplūstošās straumes un to nestās nogulas izplatīsies baseinā. Ja pieplūstošā ūdens blīvums ir mazāks par baseina ūdens blīvumu, pieplūstošā ūdens straume celsies uz augšu un turpinās plūsmu baseina ūdens augšējās slāņos (virsmas plūsma). Attiecīgi, ja pieplūstošās straumes ūdens blīvums ir lielāks par baseina ūdens blīvumu, baseinā ieplūdušā materiāla izplatība notiks tuvāk tā gultnei. Ja starp baseina ūdeni un

glaciolfluviālo straumju ūdeni nav ievērojamas blīvuma atšķirības, var veidoties vidusplūsmas, kas baseinā izplatās gar termoklīna robežu (Benn, Evans, 2006).

Nogulas, kas suspendētā veidā tiek ienestas glaciolimniskajā baseinā, izplatās laterāli un pakāpeniski tiek izgulsnētas ar ātrumu, kas proporcionāls daļiņu izmēriem - rupjākais nogulu materiāls izgulsnējas tuvāk baseina krastam, kamēr vissmalkākās daļiņas tiek transportētas tālāk ledājkūšanas ūdeņu baseinā. Atkarībā no tā, cik konkrētajā vietā ir dziļš glaciolimniskais baseins, kā arī atkarībā no tā vai baseinam pieplūstošās straumes izplatās kā virsplūsmas, piegultnes plūsmas vai vidusplūsmas, glaciolimniskie nogulumu veidos dažādas tekstūras. Relatīvi seklā ūdens baseinā virsplūsmas un vidusplūsmas veidos masīvus mālaini aleirītiskos nogulumus. Masīvas tekstūras nogulumu veidojas viļņu, vēja izraisītu ūdens straumju un bentiskās faunas aktivitāšu ietekmē, nogulu materiālam tiekot atkārtoti paceltam no baseina gultnes. Dziļāka glaciolimniskā baseina apstākļos, kurā hidrodinamiskie apstākļi ir mierīgāki un viļņu darbība nevar ietekmēt gultni, izgulsnēšanās notiks pakāpeniski un veidosies slokšņu māli (Benn, Evans, 2006).

Ja glaciolimniskajā baseinā ieplūstošās ledāja kūšanas ūdeņu straumes ir ļoti piesātinātas ar nogulu materiālu, to blīvums ir relatīvi liels, tās baseinā izplatīsies kā piegultnes plūsmas. Piegultnes plūsmu ieplūšana glaciolimniskajā baseinā veicina turbidītu plūsmu veidošanos. Turbidītu plūsmas raksturīgas deltu vidējās un zemākajās zonās, kā arī citās baseina vietās, kur tā gultne ir slīpa. Turbidītu plūsmu veidotajiem nogulumiem raksturīgs gradācijas slāņojums. Glaciolimniskā baseina zonās, kas atrodas netālu no nogulu materiāla ieplūdes vietas, dominē piegultnes plūsmu un turbidītu plūsmu veidotie nogulumu, kuri mijas ar ziemā izgulsnēta māla slānīšiem. Turpretī, baseina centrālajā daļā dominē vidusplūsmu un virsplūsmu pienestā mālaini-aleirītiskā materiāla slāņotie vai masīvie nogulumu, bet turbidītu plūsmu pienestais materiāls veido atsevišķus starpslāņus (Benn, Evans, 2006).

1.1.2 Slokšņu māli

Raksturīgākais glaciolimnisko nogulumu veids ir slokšņu māli, kurus veido smilts un aleirīta slānīšu mija ar māla slānīšiem. Smilts un aleirīta slānīši izgulsnējas vasaras periodā, savukārt ziemā izgulsnējas māls. Vienas gadskārtas slāņu miju dēvē par varvi. Šo glaciolimniskajiem māliem raksturīgo slāņojumu izmanto, lai noteiktu sedimentācijas ilgumu ledājkūšanas ūdeņu baseinā, kā arī paleoģeogrāfisko apstākļu raksturošanā un dažkārt absolūtās ģeohronoloģijas pētījumos (Danilāns, 1995).

Gada siltajā sezonā, kad glaciolimniskajos baseinos ir vislielākā ūdens un nogulu

pieplūde, izgulsnētie aleirīta vai smilts slāņi satur maz organiskā materiāla, savukārt māla slāņiem, kas izgulsnēti ziemas periodā raksturīgs augstāks organiskā materiāla saturs. Atšķirīgas ir arī slāņīšu savstarpējās robežas, proti, pārejas no vasaras uz ziemas slāņīšiem parasti ir pakāpeniskas, kamēr pāreja no ziemas uz vasaras slāņīšiem iezīmējas ar strauju, konkrētu robežu. Gadskārtu varvju biezums, kā arī atsevišķo slāņīšu biezums un nogulumu granulometriskais sastāvs raksturo konkrētās sezonas glaciolimniskā baseina drenāžas apstākļus (Ehlers, 1996).

Lai slokšņu mālu varves varētu izmantot baseina nogulumu sedimentācijas ilguma noteikšanā, tām jābūt labi izsekojamām un ritmiskām. Sezonālā stratifikācija ir novērojama nogulumu baseinos, kuru sagulums nav izjaukts bentiskās faunas aktivitāšu dēļ. Šādi apstākļi veidojas ledājkūšanas ūdeņu baseinos, kuru ūdens temperatūra ir tuva ūdens sasalšanas temperatūrai. Labāk izsekojamas varves veidojas saldūdenī. Sālsūdenī sezonālās slāņmijas izveidi traucē māla daļiņu flokulācija. Precīzu gadskārtu izsekošanu traucē arī atsevišķu diennakts slāņu veidošanās (Ehlers, 1996).

1.2. Glaciolimnisko baseinu pētījumi

1.2.1 Glaciolimnisko baseinu pētījumi Latvijā

Kopumā Latvijas teritorijā glaciolimnisko nogulumu veidoto reljefa formu daudzveidība nav ļoti plaša. Latvijas teritorijā raksturīgākie ledāju kūšanas ūdeņu baseinu veidojumi ir glaciolimniskie līdzenumi, kas aizņem plašas Latvijas zemieņu teritorijas, kā arī plaši sastopami Rietumlatvijas augstienēs (1. attēls). Tāpat Latvijā sastopamas tādas reljefa formas kā glaciolimniskie kēmi un plakanvirsmas mālpauguri, kā arī uvāli (Āboltiņš, 1995). Dažviet Latvijas teritorijā sastopami arī glaciolimniskie nogulumi, kurus veido tikai smilts. Šādi smilšainie nogulumi raksturīgi teritorijām, kurām pieplūda ļoti spēcīgas ledāju kūšanas ūdeņu straumes (Даниланс, 1973).



1.attēls. Lielākie glaciolimnisko mālu izplatības areāli Latvijā (Māli Latvijā, 2010)

Vēsturiski glaciolimnisko nogulumu baseinu pētījumu galvenais mērķis ir bijis to praktiskā nozīme. Glaciolimnisko mālu fizikālās un ķīmiskās īpašības, nodrošina to pielietojanas iespējas ķieģeļu ražošanā, cementa ražošanā, kā arī augstākas kvalitātes mālus izmantot porainās keramikas ražošanā. Plašākie pētījumi veikti 20. gadsimta vidū. Atskaite par šiem pētījumiem glabājas Valsts Ģeoloģijas fondā, tā, piemēram, 1966. gadā izdota atskaite, kurā apkopota informācija par visā Latvijas teritorijā sastopamajām glaciolimnisko mālu atradnēm, un to novērtējumu vieglo betona pildvielu un būvkeramikas ražošanai (Kuršs u.c., 1966).

Pēdējo 65 gadu laikā Latvijas teritorijā pēc vienotas metodikas ir detalizēti pētītas kvartāra mālu atradnes, kuru kopskaits pārsniedz 80. To izpētes materiāli satur daudz informācijas ne tikai par atradņu ģeoloģisko uzbūvi, bet arī ķīmisko sastāvu un tehnoloģiskajām īpašībām (Kuršs, Stinkule, 1997). "Kopā aplēsts aptuveni 60 milj. m³ kvartāra mālu krājumu, taču lielākā daļa izpētīto atradņu netiek izmantotas. Praktiski visu atradņu māli izmantojami celtniecības ķieģeļu ražošanai" (Segliņš, Brangulis, 1996, 11. lpp.).

Mūsdienās glaciolimniskie nogulumi Latvijas teritorijā tiek maz pētīti, sevišķi ar mērķi rekonstruēt sedimentācijas baseina veidošanās gaitu. Turpinās atsevišķi pētījumi par māla fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām un to pielietojanas iespējām.

1.2.2 Glaciolimnisko baseinu pētījumi kaimiņvalstīs

Lai noskaidrotu glaciolimniskā baseina uzbūvi un tā attīstības gaitu jāveic kompleksi pētījumi, izmantojot dažādas pētījumu metodes. Uz šādu pētījumu aktualitāti netieši norāda tas, ka pēdējo 10 gadu laikā gan Igaunijā, gan Lietuvā un Polijā ir veikti kompleksi glaciolimnisko baseinu pētījumi.

Dubičiai glaciolimniskais baseins, kas atrodas Lietuvas D daļā ievērojams tā lielo izmēru dēļ. Lai veiktu šī baseina attīstības gaitas rekonstrukciju tika izmantots pētījumu metožu komplekss, kurā ietilpa ģeomorfoloģiskie, litoloģiskie un kartogrāfiskie pētījumi, ko papildināja agrāko pētījumu rezultāti (Česnulevičius, Švedas, 2010).

Cits glaciolimnisko nogulumu baseins, kurā veikta izpēte, atrodas Polijas ziemeļos, starp Vježicas un Vislas upēm. Konkrētā nogulumu baseina platība ir 35km². Šajā baseinā var izdalīt 4 dažādus nogulumu slāņus, kas kopā veido vidēji 7-8m, vietām pat 20m biezu glaciolimnisko nogulumu slāņkopu. Liela nozīme šī baseina izpētē bija darbam atsegumos, jo konkrētajā apkārtnē atrodas vairāki plaši karjeri. Tāpat tika pētīts atsegums Vježicas upes ielejas nogāzē un veikti ģeoloģiskie urbumi (Blaszkiewicz, Gruszka, 2005).

Arumetsa glaciolimniskais baseins no iepriekšminētajiem atšķiras ar to, ka tajā sedimentācija sākusies pirms aptuveni 151 tūkst. gadu. Tas izveidojies 2km garā, 300m platā un 80m dziļā pamatiežu ielejā. Lai rekonstruētu baseina attīstību, tika veiktas detālas nogulumu analīzes- mikrofosīliju (kramaļģes, ostrakodi) pētījumi, kā arī putekšņu analīzes. Nogulumu absolūtais vecums tika noteikts, veicot dažādas ģeohronoloģiskās datēšanas metodes: oglekļa 14, AMS un OSL metodes (Rattas et al.,2010).

1.3 Lielaucē glaciolimnisko nogulumu baseins

1.3.1 Īss apvidus fiziogeogrāfiskais un ģeoloģiskais raksturojums

Lielaucē ledājkūšanas ūdeņu baseins atrodas Lielaucē paugurainē. Šis dabas apvidus atrodas Astrumkursas augstienes DA daļā un veido tās pauguraināko apvidu. Lielaucē paugurainei ir labi izsekojamas robežas ar Zemgales līdzenumu dienvidaustrumos, un Vadakstes līdzenumu dienvidrietumos. ZR, Z un ZA mazāk izteikta robeža ar pārējiem Austrumkursas augstienes apvidiem- Saldus pauguraini un Spārnenes viļņoto līdzenumu (Strautnieks, 1995). Teritorijas vislielāko saposmījumu rada leduslaikmeta beigu posmā, pirms 15-17 tūkst. gadu, ledāja veidotais paugurgrēdu, morēnpauguru un ieplaku reljefs (Lielaucē pagasts, 2007).

Vidējais absolūtais augstums Lielaucē paugurainē 100-130 m v.j.l., ko nosaka pamatiežu virsmas pacēlums Austrumkursas augstienes pamatā un tam uzgulošie kvartāra nogulumu. Kvartārsegas vidējais biezums ir 30m, taču tas ir mainīgs un svārstās no 20-50m. Kvartāra nogulumu veidošanās apstākļus un to biezumu ietekmēja zemkvartāra virsmu veidojošie ieži, kuru litoloģiskās īpatnības un virsmas augstums ietekmēja lokālo ledus plūsmu raksturu. Zemkvartāra iežu virsma konkrētajā teritorijā nav līdzena un svārstās no 75-90m virs jūras līmeņa. To veido augšdevona Ketleru svītas, pārsvarā, terigēnie nogulumieži, kā arī pagasta dienvidu un rietumu daļā, Ketleru svītu pārsedzošie, Perma kaļķakmeņi (Lielaucē pagasts, 2007).

Lielaucē pauguraines galvenā raksturiezīme ir morfoloģiski izteiktu, hipsometriski augstāku paugurgrēdu mija ar zemākām paugurotajām teritorijām. Vietām paugurgrēdas savstarpēji atdalītas šaurām, dziļām ieplakām. Apvidū novērojama nelielu paugurgrēdu mija ar ģenētiski saistītām ieplakām. Nelielās paugurgrēdas parasti izliektas pakavveida formā ar atvērumu, visbiežāk, Z vai ZA virzienā. Reljefa formu veidošanās notikusi galvenokārt zem ledāja aktīva ledus apstākļos, uz ko norāda tas, ka pauguri ir konusveida vai kupolveida krokas ar daudzām sekundārām plastiskajām un pārrāvumu deformācijām (Strautnieks, 1995).

1.3.2 Glaciolimniskie nogulumu

Pirmie Lielaucē glaciolimnisko mālu pētījumi veikti 20. gadsimta vidū, ar mērķi noskaidrot Lielaucē māla atradnes mālu krājumus (Driķis, 1953). Tomēr ķieģeļu ceplis šeit atradies jau krietni senāk, un Lielaucē glaciolimnisko mālu atradnē iegūtie māli tika izmantoti ķieģeļu ražošanā jau no 1902. gada līdz 1971. gadam. No 1989. gada šajā atradnē ir atsākta māla ieguve ķieģeļu ražošanai, un to ražošana turpinās arī mūsdienās. Atradnē tiek iegūti glaciolimniskie slokšņu māli ar derīgās slāņkopas vidējo biezumu- 5,7m (Stinkule, 1995).

Apjomīgāki izpētes darbi veikti sākot no 1960. gada. Šie izpētes darbi saistīti ar māla, ko varētu izmantot cementa ražošanā, meklēšanu un izpēti. Izpētes darbi notika visā Dobeles rajonā, un aptuveni iezīmēja Lielaucē ledāja kušanas ūdeņu baseina robežas. Izpētes darbu rezultātā atklātas 6 kvartāra bezakmens mālu atradnes un prognazējamie iegulu laukumi: Ciņi, Gubeņi, Lielaucē (Ķieģeļceplis), Stūraiši, Peles, Smiltnieki (Kurša, 1973). Lielākajai daļai māla atradņu platība sasniedz vairākus desmitus hektāru un to kopplatība ir 236,9 ha. Visās izpētītajās atradnēs kopā ir 7,62 milj.m³ māla krājumu, no kuriem A kategorijai atbilst 0,3 milj.m³ (detāli izpētītie krājumi), savukārt N kategorijai – 7,32 milj.m³ (novērtētie, kur

detālizpēte nav veikta) (Lielaucē pagasts, 2007).

Glaciolimniskie nogulumi pārsvarā uzguļ Latvijas morēnas nogulumu nelīdzenajai virsmai. Vietām zem glaciolimniskajiem nogulumiem sastopami arī glaciofluviālie nogulumi (Kurša, 1973). Lielākā daļa māla iegulu Lielaucē paugurainē aizņem reljefa pazeminājumus vai atrodas uz lēzeniem plakanvirsas pacēlumiem. "Raksturīgi, ka ledājkūšanas ūdeņu baseinu māls nav novērojams reljefa pazeminājumu zemākajā daļā, jo tajā atradās aprimušā, kūstošā ledus blāķi" (Lielaucē pagasts, 2007, 15. lpp.).

Lielaucē glaciolimniskā baseina nogulumus veido galvenokārt bezakmens māli, smalkgraudaina smilts, kā arī aleirīta, smilts- aleirīta un glaciolimniskās mālsmilts starpslāņi. Lielākajā glaciolimnisko nogulumu izplatības areālā to biezums svārstās no 2-4m, taču vietām tas sasniedz pat 11 m biezumu. Pārsvarā glaciolimniskie nogulumi atsedzas zemes virspusē, tos pārsedzot tikai dažus desmitus centimetru biezai augsnes kārtai, taču vietām tos pārsedz holocēnā veidojušies aluviālie, limniskie un purvu nogulumi, kuru biezums var pārsniegt 3 metrus (Kurša, 1973). Lielākā daļa māla iegulu izvietojušās gar Bēzē upes ieleju uz ZR no Lielaucē ezera. Tās veidojušās, mālainajai duļķei uzkrājoties Lielaucē un Zabrenē iekšledāja baseinos (Lielaucē pagasts, 2007).

Lielākajā daļā minēto mālu atradņu iegūstamais māls novērtēts kā piemērots cementa ražošanā, tomēr, tas izskaidrojams nevis ar specifiskām, īpašībām, kas atšķiras no netālu esošu atradņu mālu īpašībām, bet ar to, ka izpētes darbu mērķis bija mālu iespējamā pielietošana cementa ražošanā. "Pēc analogijas ar blakus esošajām atradnēm, kurās māls atbilst ķieģeļu, drenu un flīžu ražošanai, līdzīgas derīgā izrakteņa izmantošanas iespējas ir arī citās atradnēs, jo materiāls veidojās vienota ūdensbaseina dažādās daļās, kurās varēja būt nelielas lokālas atšķirības" (Lielaucē pagasts, 2007, 16.lpp.).

2. MATERIĀLI UN METODES

Uzsākot pētījumus par konkrētu ģeoloģisko objektu, vispirms jāiepazīstas ar pieejamo informāciju, kas iegūta agrākos pētījumos. Tā kā Lielauces glaciolimniskajā baseinā ir veikta ģeoloģiskā izpēte 20. gadsimta piecdesmitajos un septiņdesmitajos gados, darba autors ir apzinājis atskaites par agrākajiem pētījumiem, kas pieejamas Valsts Ģeoloģijas fondā, un atlasījis šim pētījumam piemērotākos.

Ir digitalizēta Valsts Ģeoloģijas fondā atrodamā Lielauces glaciolimniskā baseina kvartāra nogulumu karte mērogā 1:50000 (Kurša 1973), kurā atzīmētas agrākajos pētījumos veikto urbumu atrašanās vietas (1. pielikums). Karte tika ieskenēta, kā vairākas atsevišķas lapas un, izmantojot datorprogrammu *CorelDRAW Graphics Suite X5*, tās tika savienotas, veidojot vienu failu. Padomju laikos nozīmīgu ģeoloģisko resursu kartes netika zīmētas uz koordinātu tīkla pamatnes, tādēļ bija jāveic digitalizētās kartes piesaisti koordinātu tīklam. Lai to paveiktu tika izmantota datorprogramma *ArcMap 10.1*. Datorprogrammā pieejami ģeoreferencēšanas rīki, kas ļauj *savilkt* divas kartes pēc konkrētiem orientieriem. Digitalizētajā kvartāra nogulumu kartoshēmā vienīgi nemainīgie dabas objekti, pēc kuriem orientēties ir Lielauces un Zebrus ezeri, līdz ar to kartoshēmas piesaiste koordinātām tika veikta balstoties uz šo ezeru krastu līnijām.

Bakalaura darba ietvaros tika veikta 37 minēto urbumu aprakstu tulkošana no krievu valodas un ievadīšana *Microsoft Excel* datorprogrammā. Darbs tika veikts ar mērķi veidot Lielauces ledājkūšanas ūdeņu baseina nogulumu datu bāzi un datormodeli, pēc lauka darbos un agrāk veikto urbumu aprakstiem.

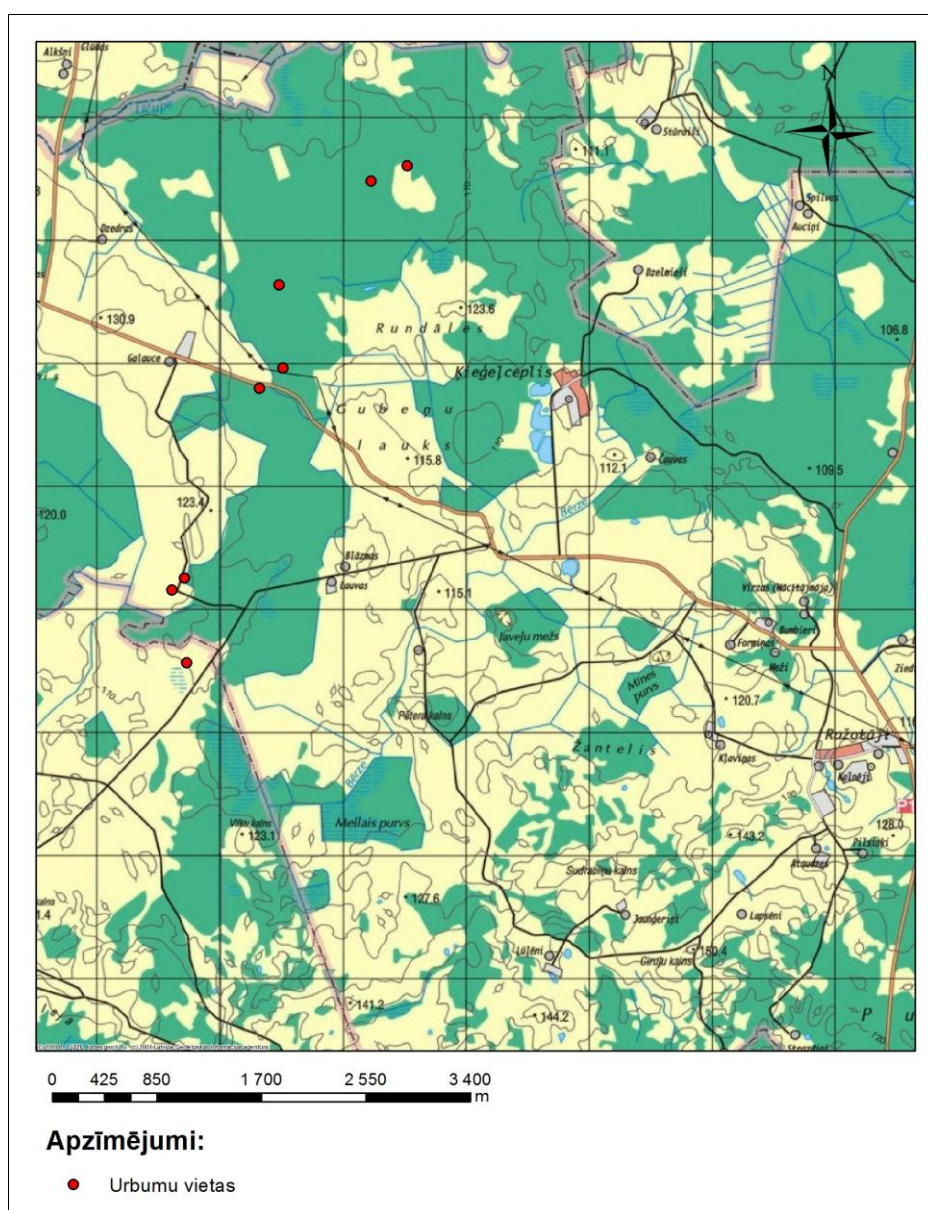
4.1 Lauka darbi

2012. gada 20.-21. oktobrī tika rīkoti lauka darbi Lielauces glaciolimnisko nogulumu baseina teritorijā, lai veiktu ģeoloģiskos urbumus un ievāktu paraugus. Lauka darbi tika organizēti sadarbībā ar LU ĢZZF bakalaura studiju programmas 3. kursa studenti Kristīni Eglīti, kura sava bakalaura darba ietvaros veica mālu minerālu analīzes.

Pirms lauka darbu uzsākšanas, orientējoties pēc jau minētās kvartāra nogulumu kartes, kas pieejama atskaitē par mālu meklēšanas un izpētes darbiem Dobeles rajonā (Kurša, 1973), kā arī mūsdienu topogrāfiskās kartes, tika izvēlētas aptuvenas ģeoloģiskā maršruta urbumu izdarīšanas vietas. Ģeoloģiskais maršruts paredzēja pirmā urbuma izdarīšanu morēnas nogulumos, tuvu glaciolimniskā baseina DR malai, un pakāpenisku maršruta virzīšanos uz

glaciolimmiskā baseina centrālo daļu ZA virzienā.

Lauka darbu ietveros tika veikti 8 ģeoloģiskie urbumi, glaciolimmiskā baseina DR daļā (2. attēls). Urbumi tika veikti, izmantojot rokas cilpurbi ar urbja diametru 7cm. Vietās, kur tuvu zemes virspusei atradās smalkgraudainas smilts nogulumu, lai pasargātu urbumu no aizplūšanas, urbumā tika ievietotas apvalkcaurules. Urbumu dziļums bija no 1,75m- 4,35m. Urbumi tika slēgti, sasniedzot gruntsūdens līmeni. Lai noskaidrotu koordinātas punktiem, kuros veikti ģeoloģiskie urbumi, tika izmantota GPS iekārta *Magellan Explorist 210*. Kopā, lauka darbu ietvaros tika ievākti aptuveni 70 kvartāra nogulumiežu paraugi, no kuriem 26 paraugiem tika veiktas granulomteriskā sastāva analīzes LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes iežu pētījumu laboratorijā, kā arī minerālā sastāva analīzes, kuras veica Kristīne Eglīte sava bakalaura darba ietvaros.



2. attēls. Faktu materiāla karte (kartogrāfiskā pamatne TOPO 50K Satelītkarte, M 1:50000)

4.2 Lielauces māla baseina datormodelis

Lielauces māla baseina uzbūves datormodelis tika veidots datorprogrammā *RockWorks 15*. Šī datorprogramma ir izstrādāta ģeoloģiskās informācijas apstrādei un digitālai modelēšanai. *RockWorks 15* datorprogramma paver ļoti plašas iespējas ģeoloģiskās un ģeogrāfiskās informācijas vizuālajā atainošanā. Datorprogrammas piedāvātajās iespējās ietilpst ģeoloģisko griezumu atainošana, gan divdimensionālu, gan trīsdimensionālu stratigrāfisko, litoloģisko modeļu veidošana, kā arī ģeoloģisko slāņu virsmas reljefa atainošana un citas iespējas. Modeļu veidošana tiek veikta pēc ģeoloģisko urbumu datiem, kas pareizā formātā ievadīti Microsoft Excel datorprogrammā, var tikt importēti RockWorks programmā.

Lai datorprogramma veiktu precīzu slāņu korelāciju, jāveido viennozīmīgu litoloģisko vienību šifrēšanu, jo slāņu izdalīšana var notikt pēc dažādām pazīmēm, piemēram, nogulumu granulometriskā sastāva vai krāsas. Tāpat, lai veidotu baseina datormodeli, programmā jāievada urbumu atrašanās vietu koordinātas un absolūtie augstumi. Konkrētajā gadījumā Valsts Ģeoloģijas fondā pieejamajā atskaitē urbumu absolūtie augstumi bija norādīti ar 0,5 m precizitāti, savukārt koordinātas tika nolasītas ArcMap 10.1 datorprogrammā, no jau minētās kartes, pēc tās piesaistīšanas koordinātu tīklam.

Ņemot vērā, ka glaciolimniskā baseina nogulumu ir stipri mainīgi gan vertikālā, gan horizontālā griezumā, lai veidotu datormodeli tika veikta zināma slāņu ģeneralizācija. Par pamatu slāņu izdalīšanai tika pieņemts nogulumu granulometriskais sastāvs. Veidojot pirmo datormodeļa variantu tika izdalīti tādi nogulumu tipi, kā māls, smilts, smilšmāls, mālsmilts, aleirīts, glaciofluviālā smilts ar oļiem, smilts ar granti, kā arī morēnas nogulumu, katram nogulumu tipam piešķirot numuru. Attīstot datormodeli, mālaine nogulumu tika iedalīti masīvos mālos un slokšņu mālā, neņemot vērā tādas nianšes kā slānīšu biezumi un vai starpslānīšus veido aleirītiski, vai smilšaini nogulumu. Pārāk plaša dažādu nogulumu tipu izdalīšana apgrūtinātu analizējama datormodeļa izveidi.

Datormodelis tika veidots pēc 29 agrāko urbumu aprakstiem, tam pievienojot 5 lauka darbos veikto urbumu datus. Modelim tika izvēlēti maksimāli tuvu atrodošos urbumu apraksti, kuri aptver Lielauces māla baseina D-DR daļu. Programmā sākotnēji tika ievadītas urbumu koordinātas, absolūtais augstums un urbuma dziļums. Pēc tam, urbumu sadalot pa slāņiem, jānorāda katra slāņa virsējās un apakšējās robežas dziļums attiecībā pret zemes virsu.

3 dimensionāls litoloģiskais datormodelis tiek ģenerēts no atsevišķām kvadrātiskām šūnām. Datormodeļa veidošanās algoritms paredz to, ka "šūnas", no katra urbuma un katra slāņa, tiek horizontālā virzienā izzīmētas pa apli apkārt urbumam, apļa diametram pakāpeniski

palielinoties. Tā datormodeļa uzbūves šūniņas izplatās, līdz “sastopas” ar šūniņām, kas tiek ģenerētas ap citiem urbumiem. Kvadrātiņu, no kura sastāv datormodelis, izmērus, jeb to no cik daudziem kvadrātiņiem sastāvēs datormodelis iespējams mainīt programmas parametros.

Datormodeļa virsmas reljefs tika ģenerēts automātiski, pēc urbumu absolūtajiem augstumiem, savukārt apakšējā virsma attiecīgi tika ģenerēta pēc urbumu dziļumiem, līdz ar to jārēķinās, ka dabīgais virsmas reljefs nav atspoguļots pilnīgi patiesi.

4.2 Granulometriskā analīze

Mūsdienās ir izstrādātas dažādas granulometriskā sastāva noteikšanas metodes sīkdispersiem iežiem, kā piemēram, lāzergranulometrija, granulometriskā sastāva noteikšana ar *sedigrāfu*, foto sedimentometrs, pipetes metode, granulometriskā sastāva noteikšana izmantojot hidrometru un citas. Elektriskās granulometriskā sastāva noteikšanas iekārtas mērījumus veic, balstoties uz dažādiem fizikālajiem principiem. Šo jaunāko granulometriskā sastāva noteikšanas metožu priekšrocība attiecībā pret klasisko granulometriskā sastāva noteikšanu, izmantojot hidrometru, ir salīdzinoši ātrākā mērījumu veikšana. Tāpat šo analīžu veikšanai pietiek ar mazāku materiāla daudzumu. Pētījumos pierādījies, ka, izmantojot dažādas granulometriskā sastāva noteikšanas iekārtas, iegūtie rezultāti ir atšķirīgi un nesakrīt, kas norāda uz to, ka atsevišķas metodes nav sevišķi precīzas (Cramp, Lee et al., 1997).

Ja automātiskajām granulometriskā sastāva noteikšanas iekārtām neprecizitātes rezultātos rodas tehnisku iemeslu dēļ un ir grūti pārbaudāmas, tad, veicot analīzes ar hidrometru, lielāka nozīme ir cilvēcīgajam faktoram, un neprecizitātes var rasties nolasot mērījumus vai veicot nepieciešamos aprēķinus. Pētījumā, kurš veltīts dažādu granulometriskā sastāva noteikšanas metožu pārbaudei un salīdzināšanai, tomēr secināts, ka lielākā daļa moderno granulometriskā sastāva analizēšanas iekārtu sniedz diezgan precīzus rezultātus. Līdz ar to rekomendēts turpmāk veikt pētījumus ar modernajām, digitālajām iekārtām, tādejādi aizstājot klasisko pipetes un sietu metodi, kuras precizitāte atkarīga no laboratorijas apstākļiem un cilvēka precizitātes (Syvitski, Leblanc, Asprey, 2007). Tā iemesla dēļ, ka no 2012. gada rudens LU ĢZZF fakultātes iežu pētniecības laboratorijā ir pieejams sedigrāfs, granulometriskā sastāva noteikšana Lielauces māla baseina nogulumiem tika veikta izmantojot šo iekārtu.

Līdzīgi kā hidrometra analīzes, arī sedigrāfs pamatojas uz daļiņu grimšanas ātrumu šķidrumā. Sedigrāfa metode tiek pamatota uz to, ka minerālās nogulu daļiņas veido dispersiju ūdenī, un to nogulsnešanās notiek saskaņā ar Stoka likumu, kas nosaka sfērisku daļiņu grimšanas ātrumu. Daļiņu izmēri tiek noteikti, raidot rentgena staru kūli cauri dispersijai, kas

otrā pusē tiek ekranēts. Faktors, kas nosaka šo analīžu iespējamo neprecizitāti ir tas, ka analīzes balstās uz pieņēmumu, ka sīkdispersās iežu daļiņas ir sfēriskas formas, tomēr dabā to forma ir atšķirīga (Coakley, Syvitski, 2007).

Granulometriskā sastāva analīzes tika veiktas izmantojot iekārtu *Micromeritics SediGraph 5120*, kas savienots ar *Micromeritics MasterTech 052* automātisko parauga ultraskaņas maisītāju. Aparatūras vadība noris caur datoru, kurš pieslēgts sedigrāfam un aprīkots ar speciālu vadības datorprogrammu. Granulometriskā sastāva analīzēm tika izvēlēti 26 paraugi, kas ņemti no dažādiem lauka darbos veikto urbumu dziļumiem (4.1 tabula).

4.1 tabula

Paraugu numuri un to noņemšanas dziļumi (izstrādājis autors)

Urbuma nr. (kop. dziļums m)	Analizētā parauga nr.	Dziļums (m)
2. (1.75)	4.	0.9-1.0
	5.	1.3-1.4
3. (2.15)	3.	0.7-0.8
	7.	1.2-1.3
4. (4.35)	4.	0.6-0.7
	6.	1.1-1.2
	11.	2.3-2.5
	14.	3.65-3.7
	15.	3.9-4.05
5. (2.4)	3.	0.85-0.95
	5.	1.2-1.25
	8.	1.6-1.75
	11.	2.0-2.1
	13.	2.3-2.4
6. (2.9)	4.	1.3-1.4
	7.	2.15-2.2
	9.	2.4-2.5
	10.	2.5-2.7
7. (3.9)	4.	1.1-1.2
	6.	2.4-2.5
	9.	3.2-3.3
	10.	3.5-3.6
8. (3.75)	2.	0.9-1.0
	4.	1.9-1.95
	6.	2.7-2.8
	8.	3.5-3.55

Lai paraugus sagatavotu analīzēm tie tika izžāvēti un rūpīgi saberzti pietā. Ņemot vērā, ka sedigrāfs ir paredzēts tādu daļiņu analizēšanai, kuru diametri ir aptuveni 300 μm un mazāki, paraugi tika izsijāti cauri sietam, ar acu diametru 315 μm, tādējādi izvairoties no organisko daļiņu vai atsevišķu rupjāku frakciju daļiņu iekļūšanas aparatūrā. Granulometriskā sastāva analīzēm ar sedigrāfu jāiesver aptuveni 5 g parauga, un tam jāpievieno nātrija heksametafosfāta šķīdumu (4%) līdz 80 ml atzīmei. Lai to pagatavotu, uz 500 ml ūdens jāizšķīdina 20.85g nātrija heksametafosfāta. Minētais šķīdums novērš māla daļiņu koagulāciju. Granulometriskā analīze tika veikta aptuveni 24 stundas pēc paraugu sagatavošanas.

Pirms katra parauga analīzes, sedigrāfa vadības datorprogrammā jāievada paraugam atbilstošie parametri, kā arī interesējošais daļiņu diametru diapazons. No piedāvāto minerālu blīvumu saraksta jāizvēlas paraugam atbilstošākais. Tāpat arī jānorāda kādā ķīmiskajā šķīdumā pagatavota parauga dispersija. Paraugi tika analizēti daļiņu diametru amplitūdā no 325-0,2 μm. Sedigrāfs analīzes rezultātus automātiski sniedz kumulatīvās masas līknes izskatā. Dati tika saglabāti Microsoft Excel datorprogrammas failu formātā, kurā pieejami dati par 130 dažādiem daļiņu diametriem atbilstošajiem masas procentiem. Pēc šiem datiem *LibreOffice Calc* datorprogrammā tika sastādīti kumulatīvās masas grafiki, kas apkopoti rezultātu sadaļā.

Granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes tika analizētas balstoties uz Venvorta 1922. gadā izstrādāto klastisko iežu klasifikāciju (Wentworth, 1922), kas plaši pielietota sedimentoloģijā. Venvorta klasifikācijā par māla-aleirīta robežu pieņemts uzskatīt 1/256 daļu metra jeb 3.90625 μm, savukārt aleirīta-smilts robežu iezīmē 62.5 μm.

Pēc formulas $C_U = d_{60}/d_{10}$, kur d_{60} un d_{10} ir daļiņu diametri, par kuriem mazākas daļiņas sastāda attiecīgi 60% un 10% no parauga kopējās masas, paraugiem tika aprēķināts neviendabīguma koeficients.

Piektā urbuma 5. 8., 11. un 13. paraugam, kuri saturēja relatīvi vairāk rupjāku frakciju daļiņas, tika veikta arī kombinētā analīze, izmantojot sietu un hidrometra- sedimentācijas metodes. Kā arī tika veikta sietu analīze 7. urbuma 10. paraugam. Lai veiktu kombinēto analīzi, no katra parauga tika iesvērti aptuveni 100 grami, kuriem tika pievienoti 150-200 mililitri iepriekš sagatavotā nātrija heksametafosfāta šķīduma (4%). Sagatavotie paraugi tika atstāti atmiekšķēties uz aptuveni 22 stundām, kam sekoja rūpīga to izskalošana cauri sietam ar acu diametru 50 μm. Nogulumu materiāls, kas palika 50 μm sietā, tika izžāvēts līdz gaissausam stāvoklim žāvskapī, tādējādi tiekot sagatavots sietu analīzei. Savukārt materiāls, kurš tika izskalots cauri sietam, tika sagatavots hidrometra analīzēm, iepildot to stikla

mērcilindrā un papildinot ar destilētu ūdeni līdz 1000 ml atzīmei.

Granulometriskā analīze hidrometrā balstās uz Stoka likuma principu, kas nosaka sakarību starp sfēriskas daļiņas diametru un tās grimšanas ātrumu šķīdumā. Līdz ar to matemātiskajos aprēķinos, kuros tiek noteikti daļiņu izmēri, tiek pieņemts, ka visas nogulu daļiņas ir sfēriskas (Dolz et. al., 2003).

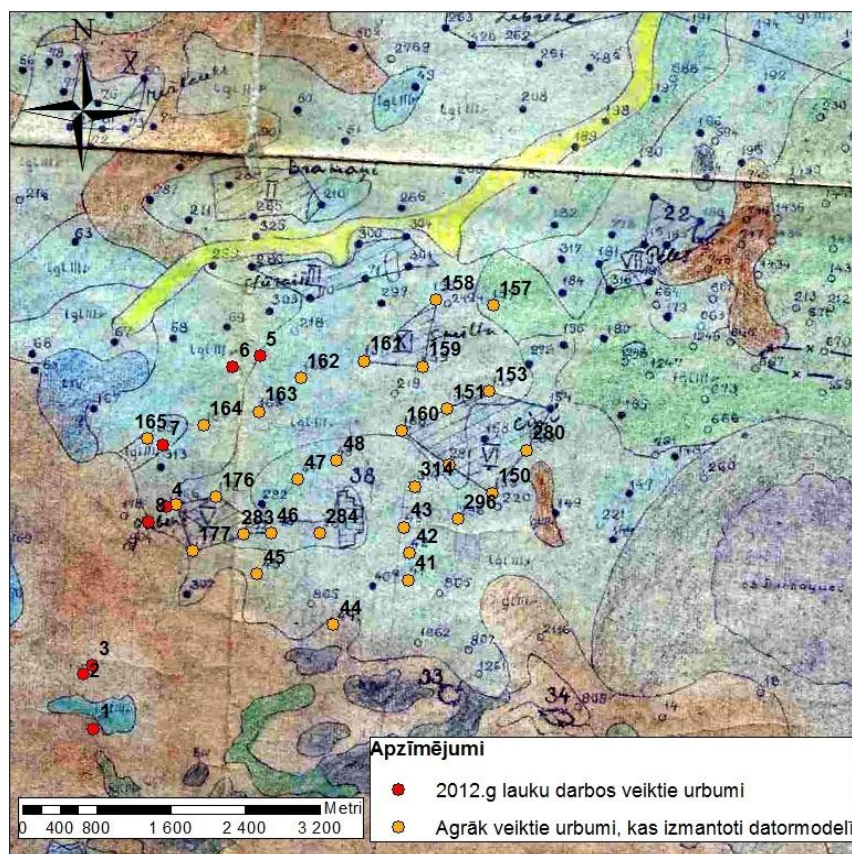
Lai veiktu granulometriskā sastāva analīzes, cilindri ar sagatavotajām paraugu suspensijām tika ievietoti hidrometrā, kā arī sagatavots kontroles cilindrs ar tādu pašu destilēta ūdens un nātrija heksametafosfāta šķīdumu, kā cilindros ar paraugu suspensijām. Pirms mērījumu veikšanas suspensija cilindrā tika uzduļķota. Pēc konkrētiem laika intervāliem tika veikti suspensijas blīvuma nolasījumi, kas, veicot nepieciešamos aprēķinus, ļāva noteikt daļiņu izmēru un konkrētā izmēra daļiņu daudzumu paraugā. Suspensijas blīvuma nolasījumi tika veikti 2, 4, 8, 16, 32 minūtes 1h 4min, 2h, 8min, 4h 16 min, kā arī 24h pēc tās uzduļķošanas. Tāpat arī tika veikti blīvuma mērījumi kontroles cilindrā.

Izzāvētajiem paraugiem sijašanas analīze tika veikta izmantojot *Retsch* sietu komplektu un *Retsch AS 200 Basic* sijašanas iekārtu. Paraugi tika izsijāti cauri sietiem ar acu diametriem: 50 μm, 80 μm, 125 μm, 200 μm, 250 μm, 315 μm, 400 μm, 500 μm, 1,25mm. Pēc sijašanas tika noskaidrota katras frakcijas masa, izmantojot laboratorijas svarus ar 0,01 g precizitāti. Gan sijašanas, gan hidrometra analīzēs iegūtie dati tika apkopoti *MS Excel* datorprogrammā, kurā tika sastādītas kombinētās analīzes granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes, kā arī veikta rezultātu salīdzināšana ar sedigrāfa analīzēs iegūtajiem datiem.

3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

3.1 Lauka darbos veikto urbumu un ievākto paraugu apraksts

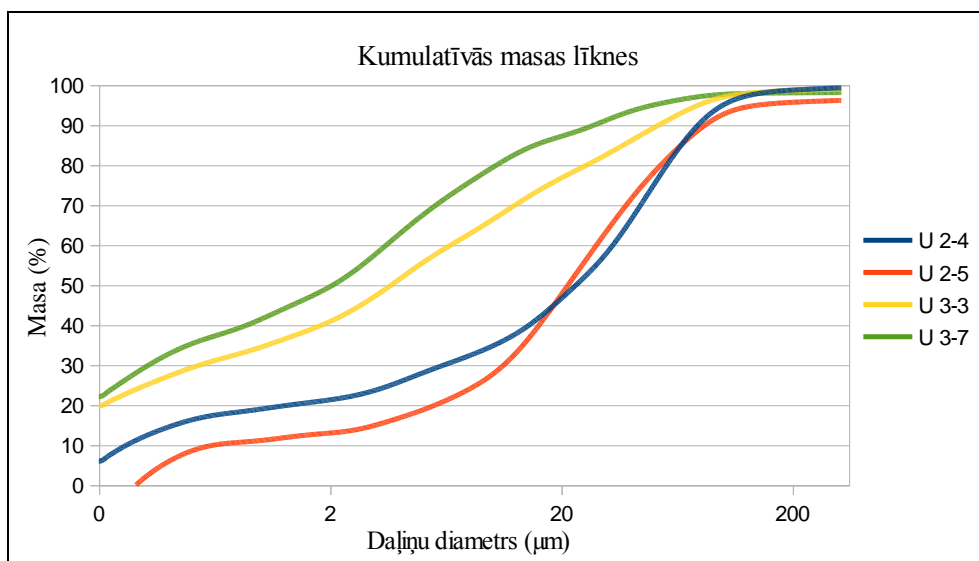
Uz Lielauces apkārtnes kvartāra nogulumu kartes pamatnes ArcMap 10.1 datorprogrammā, pēc koordinātām atliekot lauka darbos izdarīto urbumu atrašanās vietas, redzams, ka 5 urbumi atrodas iezīmētajās glaciolimniskā baseina robežās (3. attēls). Analizējot lauka darbu urbumu aprakstus (Eglīte, 2012) redzams, ka 4 un 8 urbumos, kas atrodas vistuvāk iezīmētajai baseina robežai, tiešām konstatēti glaciolimniskajam baseinam visraksturīgie nogulumu, proti slokšņu māli. Tomēr glaciolimnisko nogulumu robeža konkrētajā kartē iezīmēta ļoti aptuveni, ņemot vērā to, ka arī lauku darbu laikā veiktajos 2 un 3 urbumā konstatēti glaciolimniskie nogulumu, kas norāda uz to, ka glaciolimniskā baseina mala atradusies vairāk uz DR no iezīmētās robežas. **Otrajā urbumā** līdz 0,7m dziļumam tika novērota mālaina smalkgraudaina smilts sarkanbrūnā krāsā ar zilganpelēka aleirīta plankumiem. Līdz 1 m dziļumam turpinās mālsmilts ar aptuveni 1mm bieziem zilganpelēka aleirīta starpslāņiņiem. Līdz 1,75m dziļumam, pie kura urbums tika slēgts nogulumu sastāvēja no smalkgraudainas, mālainas smilts. Urbums tika slēgts, jo, sasniedzot gruntsūdens līmeni, aizplūda ar smilšsainajiem nogulumu, līdz ar to urbumā netika sasniegti morēnas nogulumu.



3. attēls. Lauka darbos izdarīto, un agrākajos pētījumos veikto urbumu atrašanās vietas (izstrādājis autors, izmantojot- Kurša, 1973)

Lai arī **3 urbums** tika izdarīts tikai 143m uz ZA no 2. urbuma, nogulumu sastāvā vērojamas atšķirības. Līdz aptuveni 1,1m dziļumam iegūļ zilganpelēks māls ar rupjas smilts un vidējas grants graudu piejaukumu. 0,6 m dziļumā konstatēts atsevišķs smalkgraudainas smilts starpslānītis (aptuveni 3mm biezs), bet aptuveni metra dziļumā griezumā parādās arī atsevišķi nelieli olīši. 1,1-1,3 m dziļumā tika konstatēts slokšņu māls, kuru veido brūns māls ar zilganpelēka aleirīta starpslānīšiem. Māla slāņu biežums aptuveni 3cm, savukārt aleirīta starpslānīši aptuveni 1mm plāni. Iespējams slokšņu māla slānis korelējams ar 2. urbumā 0,7-1 m dziļumā novērotajiem slāņainās tekstūras nogulumiem, tādejādi iezīmējot neilgu epizodi māla baseina attīstības posmā, kad ledāja mala ir atradusies tālāk, nodrošinot mierīgāku hidrodinamisko vidi un sezonālā slāņojuma izveidi.

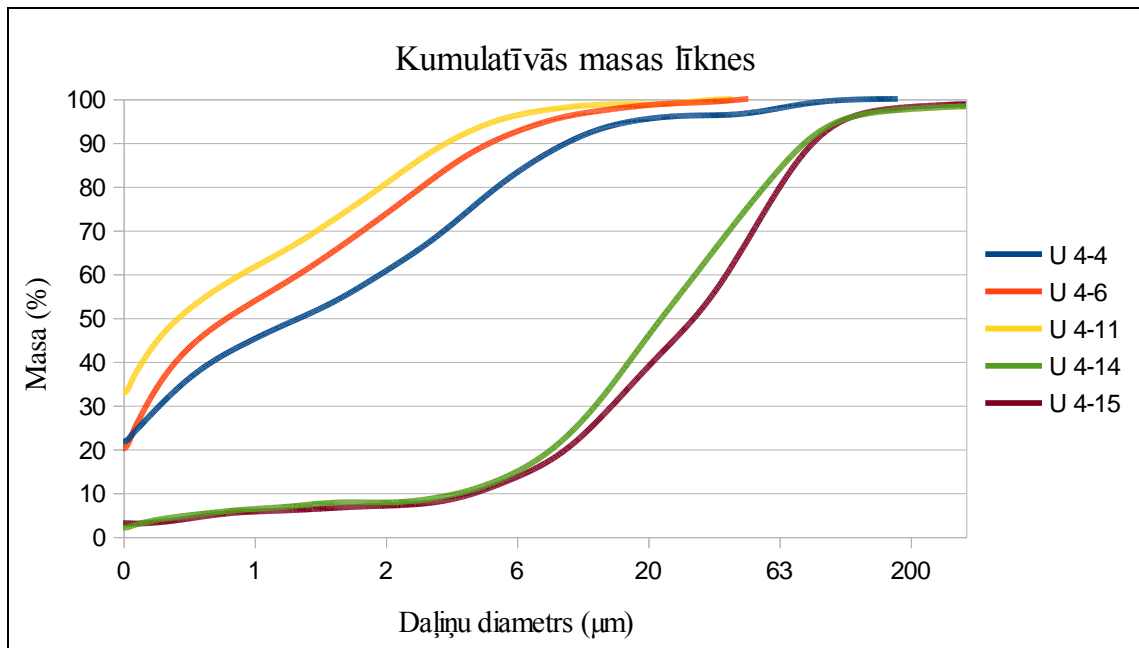
1,3-1,5m dziļumā novērota smalkgraudaina mālsmilts ar vidējas-rupjas grants graudiem un aleirīta plankumiem, zem kuras 1,5-1,6m dziļumā konstatēts smalkgraudainas smilts slānis, kas iespējams iezīmē glaciolimniskā baseina apakšu. Griezumu līdz 2,15m dziļumam, pie kura urbums tika slēgts, pārstāv pelēkbrūna mālsmilts ar rupjas grants un oļu piejaukumu. Slikti šķirotais materiāls liek domāt, ka urbuma apakšdaļā konstatēti pārskalotas morēnas nogulumi. 2. un 3. urbuma paraugu granulometriskā sastāva kumulatīvās līknes parādītas 4. attēlā. 3. urbuma 7. paraugs atspoguļo slokšņu māla kopējo granulometrisko sastāvu, savukārt 2. urbuma 4. paraugs ņemts no 0,9-1m dziļuma, kurā novērota mālsmilts ar plāniem aleirīta starpslānīšiem. Otrā urbuma 4. parauga $C_U=124,07$, bet 5. parauga $C_U=43,89$, kas norāda uz stipru neviendabību, ņemot vērā to, ka par neviendabīgu uzskata paraugu, kura $C_U \geq 3$.



4. attēls. 2. un 3. urbuma analizēto paraugu granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes (izstrādājis autors)

3. urbuma 3. paraugā 50,9% kopējās masas sastāda māla daļiņas, kamēr 3. urbuma 7. paraugā tās sastāda 62,1% masas. Kopumā 2. un 3. urbumā konstatētie nogulumi, kurus raksturo vājāka šķirotība, kā glaciolimnisko baseinu centrālo fāciju nogulumi, kā arī ievērojama grants graudu un oļu piejaukums norāda uz to, ka nogulumi uzkrājušies netālu no sanesu avota un, visticamākais, raksturo Lielauces glaciolimniskā baseina malas zonu.

Lauka darbos veiktajā **4. urbumā** lielāko tā griezuma daļu veido raksturīgākie glaciolimnisko baseinu nogulumi- slokšņu māli. Līdz 0,5m dziļumam urbumā novēroti masīvi smilšaini-mālainie nogulumi. Pieaugot dziļumam, smalkgraudainas smilts piejaukums pakāpeniski samazinās. Dziļāk, līdz 3,8m dziļumam, iegūst slokšņu māli, kuri pamatā sastāv no trekna sarkanbrūna māla ar zilganpelēkiem aleirīta starpslānīšiem. Slānīšu biezumi nav vienādi visā griezumā. Ņemot vērā to, ka ģeoloģiskie urbumi veikti ar rokas cilpurbi, kurš urbšanas procesā izjauc dabīgo nogulumu sagulumu un iežus deformē, grūti noteikt precīzus slānīšu izmērus, tomēr tie noteikti aptuveni. Kopumā Lielauces glaciolimniskā baseina slokšņu māliem raksturīgi tas, ka ziemas sezonā izgulsnējušos māla slānīšu biezumi ir lielāki, par "siltajā" sezonā izgulsnētajiem aleirīta slānīšiem. 4. urbumā no 0,5-0,8m dziļumam māla slānīši ir aptuveni 3,5cm biezi, kamēr aleirīta slānīši aptuveni 1,5cm biezi. Pie 0,8m atzīmes aleirīta slānīšu biezums samazinās līdz aptuveni 1cm, bet pie 0,9m atzīmes jau līdz 2-3mm biezumam. Līdz 1,5m dziļumam māla slānīšu biezums nemainīgi ir aptuveni 3cm, bet aleirīta slānīši aptuveni 1-3mm biezi. Pakāpeniska aleirīta slānīšu biezumu samazināšanās, pieaugot dziļumam, norāda uz klimatisko apstākļu mainību ledājkūšanas ūdeņu baseina attīstības laikā. Biezākie aleirīta slānīši griezuma augšdaļā norāda uz intensīvāku materiāla pieplūdi un garāku vasaras sezonu vēlākajā baseina attīstības posmā. Uz to, ka māla daļiņu īpatsvars pieaug, palielinoties dziļumam norāda arī 4. urbuma 4.,6. un 11. parauga kumulatīvās masas līknes (5. attēls).



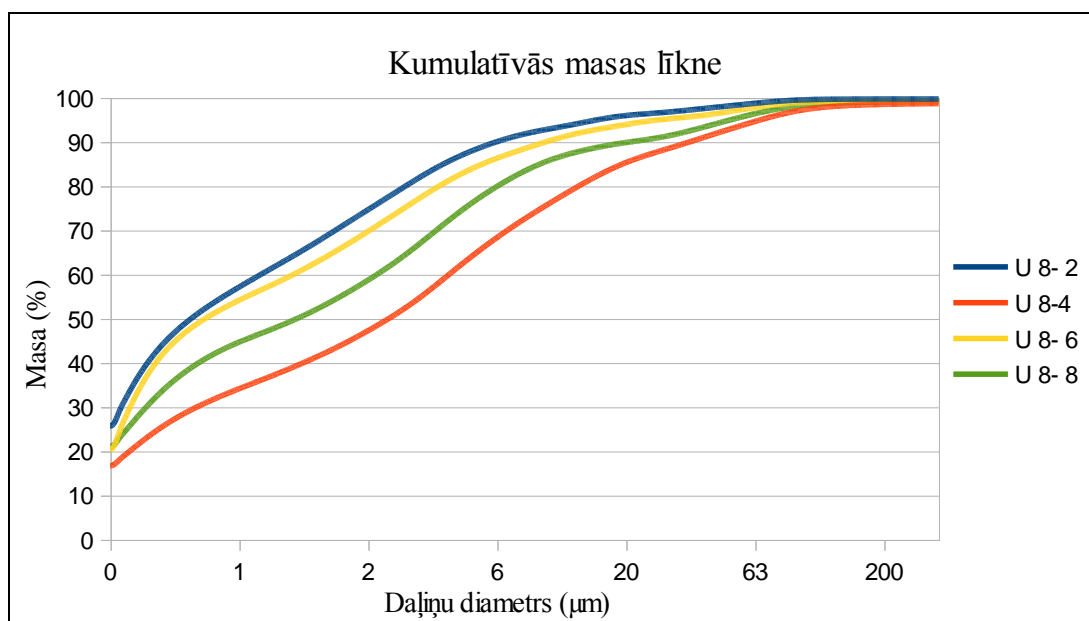
5. attēls. 4. urbuma analizēto paraugu granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes (izstrādājis autors)

Dziļumā no 1,5-1,8m arī māla slānīšu biezums ir relatīvi samazinājies, līdz aptuveni 2cm biezumam, kamēr aleirītisko slānīšu biezums aptuveni 1mm, kas norāda uz to, ka kopējā nogulu materiāla pienese šajā izgulsnēšanās posmā ir bijusi mazāka, kā vēlākos attīstības posmos. Līdz 2,2m dziļumam māla slānīšu biezums svārstās no aptuveni 1 līdz 2 centimetriem, kamēr aleirīta starpslānīši ir ļoti plāni, nesasniedzot 1mm biezumu.

2,2-2,6m dziļumā novērojama epizode, kad nogulu materiāla pieplūde ir bijusi relatīvi nedaudz lielāka, jo māla slānīšu biezums ir aptuveni 4cm, savukārt aleirīta starpslānīši aptuveni 2mm biezi. 2,6-3,1m dziļumā atkal novēroti slokšņu māli ar sarkanbrūnā māla slānīšiem ar aptuveno biezumu 2cm un aleirīta starpslānīšiem biezumā līdz 1mm. Aptuveni 2,4 un 2,65m dziļumos urbumā konstatēti oļi ar aptuveno diametru 3cm. Oļi baseina nogulumos visticamāk nonākuši, izkūstot no kādiem nelieliem peldošiem ledus gabaliem, kas atdalījušies no ledāja baseina malas zonā. Dziļumā no 3,1 līdz 3,5m māla slānīšu biezums paliek nemainīgs- aptuveni 2cm, kamēr aleirīta slānīšu biezums palielinās līdz 2-3mm. Atuveni 3,5m dziļumā māla slānīšu biezums atkal palielinās līdz 4cm, savukārt 3,65-3,7m dziļumā konstatēts gaišpelēka aleirīta slānītis, kura biezums aptuveni 5cm (5. attēls, paraugs- U 4-14). Pēdējos 10 slokšņu māla centimetrus, līdz 3,8m dziļumam, veido relatīvi plānāku māla slānīšu mija (aptuveni 1cm) ar aleirīta starpslānīšiem, kuru biezums nepārsniedz 1mm. Zem slokšņu māla slāņa urbumā tika uzurbta ļoti smalkgraudaina aleirītiska smilts (5. attēls, paraugs- U 4-14). Tā iemesla dēļ, ka urbums aizplūda, tas tika slēgts pie 4,35m dziļuma atzīmes. Kopumā slokšņu māla slāņa veidošanās sākumposmā, apstākļi ir bijuši mainīgi,

mainoties kopējai materiāla pieplūdei. Tāpat arī stipri mainījušās sezonālās materiāla pieplūdes, uz ko norāda, piemēram, atsevišķais aptuveni 5cm biežais aleirīta starpslānis. Salīdzinot 4. urbuma 14. un 15. parauga kumulatīvās līknes, jāsecina, ka tie ir stipri līdzīgi, 15. paraugam esot tikai par 4,5 masas procentiem smilšainākam. Arī paraugu neviendabīguma koeficients nedaudz atšķiras: 14. parauga $C_U=7,9$, kamēr 15. paraugam $C_U=9,09$

251 m uz DR no 4. urbuma tika izdarīts **urbums nr. 8**. Pēdējā ledājkūšanas ūdeņu baseina attīstības stadijā, šajā vietā izgulsnējušies masīvas tekstūras trekni māli. Tie veido aptuveni 1m biezu slāni, un tos raksturo 8. urbuma 2. parauga kumulatīvās masas līkne (6. attēls). Zem masīvajiem māliem griezumā lielāko daļu veido slokšņu māli. Salīdzinot ar 4. urbumu, 8. urbumā netika novēroti relatīvi biežākie aleirīta starpslānīši, kas sasniedza aptuveni 1-1,5cm biežumu. Dziļumā no 1 līdz 2 m mālaino nogulumu slānīši ir aptuveni 2cm bieži, kamēr aleirītiskie starpslānīši aptuveni 1mm bieži. 1,1 un 1,9m dziļumos urbumā tika atrasti nelieli, tā saucamie “dropstoni”- oļi, kas izmēros sasniedza 2-3cm. Līdz 2,4 m dziļumam, aleirīta slānīšu biežumam paliekot nemainīgam, mālaino slānīšu biežums nedaudz samazinās. Līdz pat 3,75m dziļumam, kurā beidzas slokšņu māls, aleirītisko starpslānīšu biežums paliek gandrīz nemainīgs, nepārsniedzot 1 mm, kamēr novērojamas nelielas svārstības ziemas sezonās izgulsnēto mālaino slānīšu biežumos. Tie pamatā svārstās 2-3 cm robežās. Urbums tika slēgts tā paša iemesla dēļ, kā 4. urbums- tika sasniegts ūdens piesātināts smalkgraudains, aleirītiskas smilts slānis.



6. attēls. 8. urbuma analizēto paraugu granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes (izstrādājis autors)

Apskatot 8. urbuma paraugu kumulatīvās masas līknes, jāsecina, ka kopumā neizpildās tā pati likumsakarība, kas ceturtajā urbumā, ka palielinoties dziļumam, pieaug arī māla daļiņu kopējais saturs. Šo sakarību izjauc 4. paraugs, kurš iegūts 1,9-1,95m dziļumā. Parauga kumulatīvās masas līkne parāda, ka kopumā paraugs satur mazāk māla daļiņu, kā pārējie urbumā iegūtie paraugi. Pēc jau minētās Venvorta klasifikācijas, mālainās daļiņas sastāda 58% no kopējās parauga masas, kamēr 8. paraugam tie ir 71%, 6. paraugam 80%, bet 2. paraugam-85%. Vislielākais māla daļiņu masas procents, no apskatītajiem paraugiem ir 4. urbuma 11. paraugam, sasniedzot 91,5%. Salīdzinot 4. un 8. urbumu granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes un lauka darbu pierakstus, jāsecina, ka pēc sezonālo slāņīšu biezumu atšķirībām nevar spriest par kopējo parauga māla un aleirīta saturu. To pierāda, piemēram tas, ka 4. urbuma 6. paraugā daļiņas, kuru izmēri mazāki par 0,0039 mm sastāda 86% kopējās masas, kaut arī lauka darbos konstatētie ziemas un vasaras slāņīšu biezumi konkrētajam paraugam līdzīgi ar jau minētā 8. urbuma 4. parauga slāņīšu biezumiem.

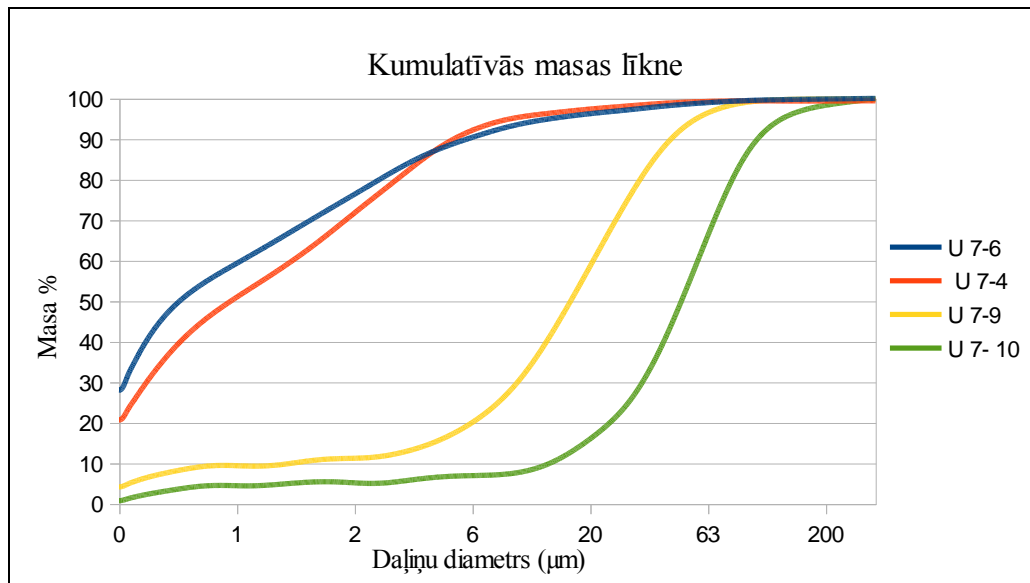
No agrāk veiktajiem urbumiem, kuru apraksti apkopoti pārskatā par cementa izejvielas (māla) meklēšanas un izpētes darbiem Dobeles rajonā (Kurša, 1973), urbums nr. 166 ir tas, kura izdarīšanas vieta ir vistuvākā autora lauka darbos veiktā 4. urbuma atrašanās vietai. 4. urbums izdarīts aptuveni 110 m uz rietumiem no 166. urbuma. Iepazīstoties ar 166. urbuma aprakstu, jāsecina, ka tas diezgan ievērojami atšķirās no autora veiktajiem 4. un 8. urbuma. Pirmie 70 cm 166. urbuma aprakstā minēti, kā augsnes slānis, kam līdz 1,2 m dziļumam seko vidēji trekns gaiši brūns māls ar zilganpelēkiem plankumiem. Mālā sastopami atsevišķi grants graudi un nelieli oļi. Zem māla ieguļ 1,1 m biezs smalkgraudainas, gaiši brūnas, nedaudz mālaines smilts slānis. Atšķirībā no 4. un 8. urbuma, kur slokšņu māls atsedzās attiecīgi 0,5 un 1 m dziļumos, 166. urbumā slokšņu māli ieguļ 2,3 līdz 5,7 m dziļumā, kopumā veidojot 3,4 m biezu slāni. Tāpat, kā iepriekš aprakstītais slokšņu māls, arī 166. urbumā tas sastāv no brūna, ļoti blīva, trekna māla ar gaiši brūna aleirīta starpslāņīšiem. Arī šajā urbumā zem slokšņu māliem konstatēts smalkgraudainas, pelēkbrūnas, nedaudz mālaines smilts slānis. Ja 4. urbumā tika izurbti vēl aptuveni 50cm smalkgraudainajā smiltī, nerasniedzot slāņa apakšu, tad 166. urbumā tie jau ir 1,3 m, tā pat nerasniedzot slāņa apakšu.

Salīdzinot visus 3 minētos urbumus, iezīmējas 3 lielākas Lielauces glaciolimniskā baseina attīstības stadijas. Sākotnēji baseinā uzkrājušies ļoti smalkgraudainas smilts-aleirīta nogulumu, kas konstatēti visos minētajos urbumos. Tam seko galvenā glaciolimniskā baseina stadija, kad baseins ir bijis pietiekoši dziļš un tā mala atradusies pietiekoši tālu, lai konkrētajā baseina rajonā varētu izgulsnēties slokšņu māli. Pēc slokšņu mālu uzkrāšanās stadijas, ledājkūšanas ūdeņu baseina pastāvēšanas beigu posmā, pastāvējusi grūtāk interpretējama baseina attīstības stadija. 4. urbumā virs slokšņu māliem uzkrājies smilšmāls, kas virzienā uz

augšu pāriet mālsmiltī. 8. urbumā virs slokšņu māliem uzkrājies masīvs māls, kamēr 166. urbumā izdalāmi divi slāņi: smalkgraudainas smilts slānis tieši virs slokšņu māliem, kā arī smilti pārsedzošais vidēji trekna māla slānis ar atsevišķiem grants graudiem un oļiem. Jāsecina, ka 3. autora "ieskicētajā" baseina attīstības posmā, tas bijis seklāks, ar aktīvāku hidrodinamisko režīmu. 8. urbums atrodas vietā, kura šajā laikā ir atradusies relatīvi tālāk no nogulu materiāla pieplūdes apgabala, līdz ar to šeit uzkrājies māls, tomēr ūdens dinamika ir liegusi izveidoties sezonālajam slāņojumam. Vieta, kurā izdarīts 4. urbums šajā laikā atradusies salīdzinoši tuvāk vietai, kurā baseinā ieplūda nogulu materiāls, uz ko norāda smilts daļiņu piejaukums. Punkts, kur izdarīts urbums nr. 166 visticamāk atradies tuvu baseina malai, vietā, kur ledājkūšanas ūdeņu straumes baseinā ienesušas nogulas, tomēr vēlāk, iespējams, ledāja mala atkāpusies, un šajā vietā izgulsnējies mālaināks materiāls.

Septītais lauka darbos veiktais urbums izdarīts 670 m uz Z no 4. urbuma. Augšējo slāni, līdz 0,5m dziļumam, tajā veido vidējgraudaina smilts sarkanbrūnā krāsā. Zem smilts slāņa, 0,5 - 0,8 m dziļumā iegul pelēkbrūns māls. Māla slānī, 0,6m dziļumā, konstatēts viens zilganpelēka aleirīta starpslānītis, kura biezums aptuveni 2 mm. Dziļāk atsedzas slokšņu māli ar kopējo slāņa biezumu 2,3 m. Slāņa augšdaļā 0,8-1 m dziļumā ziemas sezonās izgulsnējušos māla slānīšu biezums ir aptuveni 5cm, kamēr aleirīta starpslānīši 1mm plāni. Pieaugot urbuma dziļumam, samazinās māla slānīšu biezums, 1 - 1,4 m dziļumā sastādot aptuveni 3 cm, 1,4 - 2,0 m dziļumā- 2 cm. 1,4 - 1,5 m dziļumā urbumā konstatēti atsevišķi grants graudi un oļi diametrā līdz 2 cm. Pieaugot dziļumam māla slānīšu biezumi turpina pakāpeniski samazināties, kamēr aleirīta starpslānīšu biezums paliek nemainīgs, nepārsniedzot 1 mm. Līdz 2,6m dziļumam māla slānīšu biezums aptuveni 1,5 cm, 2,6 - 2,9m dziļumā -1 cm, un 2,9 - 3,1 m dziļumā tas samazinājies jau līdz aptuveni 5mm. Arī 7. urbumā, līdzīgi kā iepriekšējos, zem slokšņu māla slāņa, urbumā atsedzās aleirītiska, ļoti smalkgraudaina smilts. Aleirīta- smalkas smilts slānis 3,15 m dziļumā pārtraukts ar atsevišķu 2 mm biezu māla starpslānīti. Urbums tika slēgts 3,9 m dziļumā.

4 paraugiem no 7. urbuma tika veiktas granulometriskā sastāva analīzes, kuru kumulatīvās līknes parādītas 7. attēlā. 4. un 6. paraugs raksturo 7. urbuma slokšņu mālu. 4. paraugs ievākts no 1,1-1,2m dziļuma, savukārt 6. no 2,4 - 2,5 m dziļuma. Kā redzams abiem paraugiem ir augsts māla daļiņu saturs sastādot 85% un 86% no kopējās paraugu masas. Tomēr 6. paraugā ir nedaudz augstāks smalkāko daļiņu saturs. Apskatot 9. un 10. parauga kumulatīvās masas līknes jāsecina, ka nogulumus, kas iegul zem slokšņu māla pamatā veido aleirīta frakcija, tomēr palielinoties dziļumam pieaug smalkgraudainas smilts saturs. 9. paraugs, kurā 96,5 % masas sastāda materiāls, kas smalkāks par aleirīta-smilts robežu ir neviendabīgāks ($C_U=18,9$) par 10. paraugu, kura $C_U=4,22$.



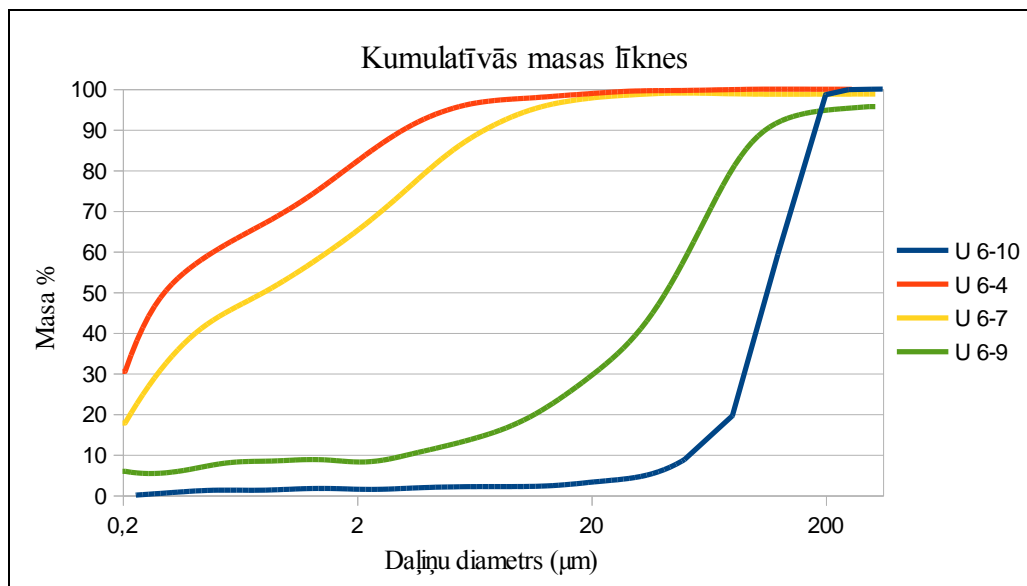
7. attēls. 7. urbuma analizēto paraugu granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes (izstrādājis autors)

No apskatītajiem agrāk veikto pētījumu urbumiem vistuvāk autora veiktajam 7. urbumam atrodas urbums nr. 165. Tas veikts aptuveni 186 m uz R-ZR no 7. urbuma. 165. urbuma aprakstā izdalīti tikai 2 glaciolimniskā baseina nogulumu slāņi. Augšējo slāni līdz 2,5m dziļumam veido trekns, ļoti blīvs māls brūnā krāsā, ar zilganpelēkiem plankumiem. Savukārt zem māla slāņa, līdzīgi kā citos apskatītajos urbumos, iegul smalkgraudaina, aleirītiska, plūstoša smilts, gaiši dzeltenā krāsā. Urbums slēgts 4,6 m dziļumā, nerasniedzot morēnas nogulumus.

ZA virzienā, 1128 metru attālumā no 7. urbuma, atrodas **6. urbuma** veikšanas vieta. 6. urbumā, augšējo ledājkūšanas ūdeņu baseina nogulumu slāni veido brūns, trekns māls. Māla slāņa biezums aptuveni 0,6 m. Līdzīgi, kā 7. urbumā, arī sestajā urbumā augšējā māla slānī konstatēts atsevišķs zilganpelēka aleirīta starpslānītis. Starpslānītis konstatēts 0,4 m dziļumā, un tā biezums ir aptuveni 2 mm. Lai arī abi urbumi atrodas 1,1 km attālumā viens no otra, iespējams, atsevišķais aleirīta starpslānītis ir savstarpēji korelējams, iezīmējot atsevišķu epizodi glaciolimniskā baseina nogulumu uzkrāšanās laikā.

Tāpat kā 6. urbumā, arī septītajā zem augšējā glaciolimnisko nogulumu slāņa iegul slokšņu māli. 0,6- 2,3 m dziļumā slokšņu mālu veido brūns trekns māls ar biežiem, izteiktiem zilganpelēka aleirīta starpslānīšiem. Atšķirībā no iepriekšējiem urbumiem, kuros novērota māla un aleirīta slānīšu biezumu mainība vertikālā griezumā, 6. urbumā slānīšu biezumi praktiski nemainās. Visā slokšņu māla slānī aukstajās sezonās izgulsnētā māla slānīši ir aptuveni 5 mm bieži, kamēr vasaras sezonās izgulsnētie aleirīta starpslānīši nepārsniedz 1 mm

biezumu. Tikai apakšējās 10 slokšņu māla centimetros, 2,3 - 2,4 m dziļumā novērota aleirīta slānīšu biezuma palielināšanās līdz aptuveni 3 mm. Zem slokšņu māliem 2,4 - 2,5 m dziļumā arī 7. urbumā ieguļ gaiši brūns aleirīts (paraugs U 6-9, 8. attēls). Līdz 2,9 m dziļumam, pie kura urbums tika slēgts, novērota ļoti smalkgraudaina smilts (paraugs U 7-10, 8. attēls).



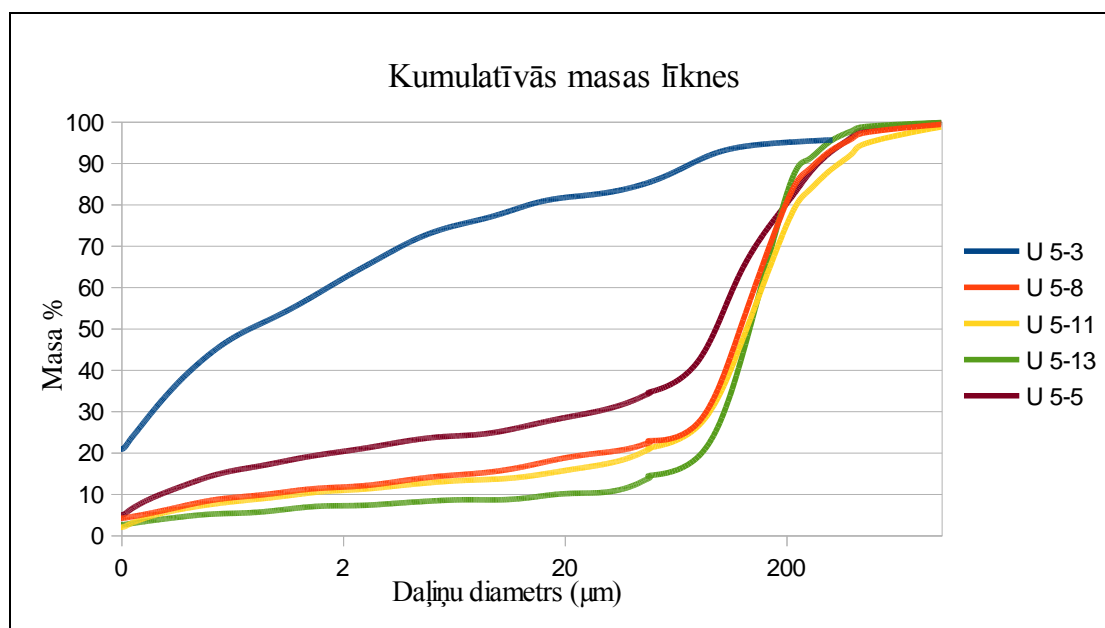
8. attēls. 6. urbuma analizēto paraugu granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes (izstrādājis autors)

Apskatot 6. urbuma kumulatīvās masas līknes redzams, ka paraugs, kurš ievākts 1,3-1,4 m dziļumā, satur ievērojami vairāk māla frakcijas materiāla, kā paraugs, kurš ievākts 2,15-2,2 m dziļumā. Attiecīgi 4. parauga māla frakcija sastāda 92,5 % kopējās parauga masas, savukārt 7. paraugam tie ir 79 %. 10. parauga kumulatīvās masas līkne parāda, ka paraugu veido labi šķirota smalkgraudaina smilts. Lielāko daļu parauga masas veido frakcija no 0,08 līdz 0,2 mm, kas atbilst ļoti smalkgraudainai- smalkgraudainai smiltij. 6. urbuma 10 paraugam ir arī vismazākais neviendabīguma koeficients no visiem paraugiem, kuriem to bija iespējams aprēķināt, proti $C_U=2,31$.

Salīdzinot 6. un 7. urbuma paraugu kumulatīvās masas līknes, nevar konstatēt ļoti līdzīgas līknes, kas ļautu korelēt slāņus pēc granulometriskā sastāva. Lai arī abos urbumos konstatēti *putekļainie* nogulumi un ļoti smalkgraudaina smilts, tomēr kumulatīvo līkņu raksturi visiem paraugiem ir atšķirīgi.

5. lauka darbos veiktais urbums atrodas uz ZA-A no 6. urbuma. Attālums starp tiem ir 319 m. 5. urbuma apraksts ievērojami atšķirās no iepriekšējiem urbumu aprakstiem. Augšējo glaciolimnisko nogulumu slāni šajā urbumā veido smalk- vidējgraudaina smilts ar nelielu māla daļiņu piejaukumu. 0,6 – 0,95 m dziļumā urbumā novērots tumši brūns, trekns, plastisks

māls ar zilganpelēka aleirīta starpslānīšiem. Māla slānīšu biezums aptuveni 3 cm, savukārt aleirīta starpslānīši 1 mm plāni. 0,85 - 0,95 m dziļumā novēroti arī atsevišķi vidējgraudainas, mālaines smilts starpslānīši, kuru biezums aptuveni 2 mm (paraugs U 5-3, 9. attēls). Tālāk, 0,95 - 1,1 m dziļumā, seko pelēkbrūnas, vidējgraudainas smilts slānis. Smilti griezumā nomaina tumši brūna mālsmilts. Mālsmilts slānis iegūļ 1,1- 1,35 m dziļumā (paraugs U 5-5, 9. attēls). No 1,25 m dziļuma mālsmilts slānī novēroti zilganpelēka aleirīta starpslānīši, kuru biezums, tā pat kā iepriekš, nepārsniedz 1 mm. 1,35 - 1,50 m dziļumā turpinās mālsmilts slānis ar zilganpelēka aleirīta piejaukumu. Zem mālsmilts, 1,5 – 1,9 m dziļumā iegūļ sarkanbrūna smalkgraudaina smilts, ar nelielu mālaino daļiņu piejaukumu (paraugs U 5-8). 1,8 m dziļumā smilts slāni pārtrauc aptuveni 3 cm biezs māla slānītis ar plāniem zilganpelēka aleirīta starpslānīšiem. 1,9 - 2 m dziļumā konstatēta smalkgraudaina, nedaudz mālaina smilts ar 1 mm plāniem aleirīta starpslānīšiem. 2 m dziļumā aleirīta starpslānīši pazūd, un līdz 2,4 m dziļumam, pie kura urbums tika slēgts, turpinās smalkgraudainas, nedaudz mālaines smilts slānis. 2,20 - 2,25 m dziļumā smilts slāni, līdzīgi kā 1,8 m dziļumā, pārtrauc sarkanbrūna māla un plānu zilganpelēka aleirīta slānīšu mija.

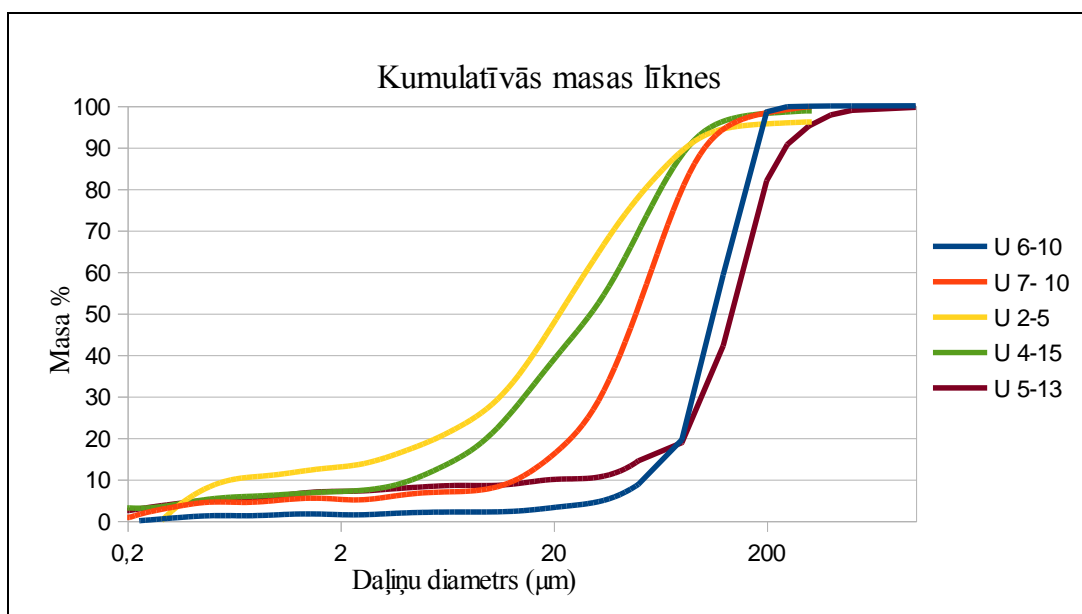


9. attēls. 5. urbuma analizēto paraugu granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes (izstrādājis autors)

Kopumā 5. urbuma paraugiem raksturīgs ļoti augsts neviendabīguma koeficients, kurš 5. paraugam sasniedz pat 248 vienības. Apskatot 5. urbuma paraugu kumulatīvās masas līknes, kuras raksturo glaciolimniskās mālsmilts paraugus, var novērot likumsakarību, ka māla daļiņu piejaukums samazinās, pieaugot parauga ieguves dziļumam. 5. urbumā

konstatētie nogulumu, ievērojami atšķiras no citu urbumu griezumiem. Novērojama biežāka nogulumu mainība, kas raksturo nogulu materiāla pieplūdes mainību glaciolimniskā baseina veidošanās laikā. Augstākais smilts saturs 5. urbuma nogulumos, norāda uz to, ka šī baseina daļa atradusies relatīvi tuvāk kanālam, pa kuru baseinā ieplūdis sanesu materiāls. Šādās baseina daļās labāk izsekojama klimatisko apstākļu mainība, ko apliecina 5. urbuma nogulumu mainība vertikālā griezumā.

Lauka darbos veiktajos urbumos nr. 2., 4., 5., 6., 7. iegūti aleirīta- smilts slāņa paraugi. Visos urbumos šāda tipa nogulumu veidoja dziļāko sasniegto glaciolimnisko nogulumu slāni. Lai savstarpēji salīdzinātu visu minēto paraugu granulometriskos sastāvus, to kumulatīvās masas līknes parādītas 10. attēlā.



10. attēls. Kumulatīvās masas līknes 2.,4.,5.,6.,7. urbumu visdziļāk iegūtajiem paraugiem. (izstrādājis autors)

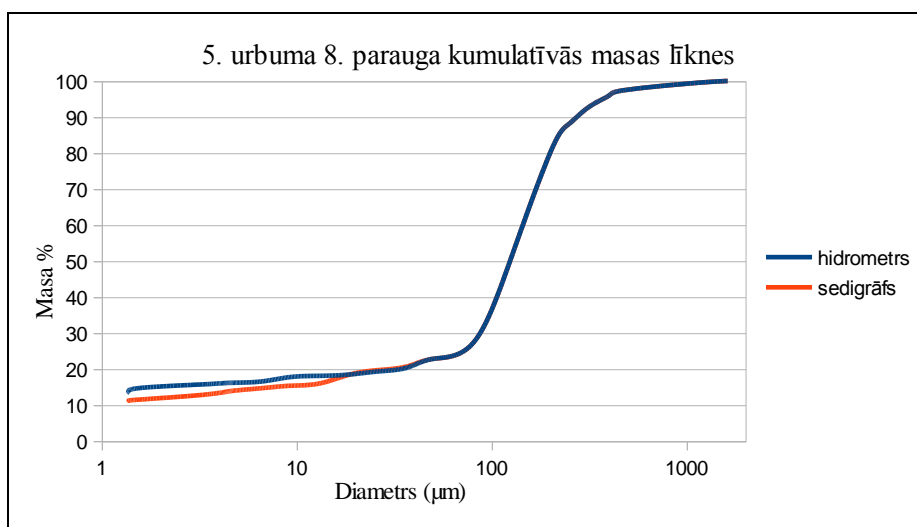
Salīdzinot kumulatīvās masas līknes, redzams, ka granulometriskais sastāvs katram analizētajam paraugam ir atšķirīgs, lai arī visi paraugi iegūti no glaciolimnisko nogulumu slāņa, kas sastāv pamatā no aleirīta un smalkgraudainas smilts frakcijām. Vislabāk šķirotais materiāls iegūts 6. urbumā. Paraugs sastāv pamatā no smalkgraudainas smilts, un aleirīta daļiņu īpatsvars ir pavisam neliels. 7. urbuma 10., 4. urbuma 15. un 5. urbuma 13. paraugam ir līdzīgs māla daļiņu saturs, kas sastāda tikai 6-9% no paraugu kopējās masas. Tomēr 4. urbuma 15. paraugā un 7. urbuma 10. paraugā pamatmasu sastāda aleirīta frakcija, kamēr 5. urbuma 13. paraugā tā ir smalkgraudaina smilts. Aleirītiskas, smalkgraudainas smilts slānī beidzas arī liela daļa pētītajā apkārtņē agrāk veiktie urbumi, kas norāda uz aktīvu hidro dinamisko vidi konkrētajā Lielauces mālu baseina veidošanās stadijā. Nogulumu

uzkrāšanos varēja ietekmēt zemūdens straumes vai viļņu darbība, taču, lai precīzāk raksturotu sedimentācijas apstākļus būtu jāanalizē nogulumu tekstūras, kas iespējams tikai atsegumos.

3.2 Sedigrāfa un hidrometra metožu salīdzinājums

Veicot granulometriskā sastāva noteikšanu ar sedigrāfu, radās neskaidrības par tā rezultātu precizitāti. Apšaubāmi likās 5. urbuma 5., 8., 11., 13. parauga, kā arī 6. urbuma 10. parauga rezultāti. Kumulatīvās masas līknes minētajiem paraugiem beidzās pie 86 – 90 % no kopējās paraugu masas. Analizējot šādus grafikus nāktos secināt, ka atlikušos masas procentus sastāda daļiņas, kuru izmēri pārsniedz analizēto izmēru diapazonu. Taču tā nevajadzēja, būt, jo, pirms analīžu veikšanas ar sedigrāfu, paraugs tika izsijāts caur sietu ar 315 μm acu diametru, līdz ar to rezultātiem teorētiski vajadzēja sasniegt 100% analizētajā izmēru diapazonā. Lai saprastu neprecizitātes cēloni, analīzes tika veiktas atkārtoti, ar atšķirīgas masas paraugu iesvariem, līdz ar to atšķirīgiem suspensijas blīvumiem. Tomēr atkārtoto analīžu rezultāti līdzinājās iepriekšējiem. Visi minētie paraugi saturēja relatīvi vairāk smilts frakcijai atbilstoša izmēra daļiņas, tādejādi liekot domāt, ka neprecizitātes rodas tuvojoties augšējai daļiņu izmēru robežai, kurus spēj analizēt sedigrāfs.

Pēc paraugu izsijāšanas caur sietiem, tika sastādītas kumulatīvās masas līknes, kombinējot sedigrāfa sniegtos rezultātus, daļiņām izmērā līdz 0,050 mm ar sijāšanas rezultātiem. Kā arī 5. urbuma 5., 8., 11., un 13. paraugu daļiņām, kuru diametrs nepārsniedza 50 μm tika veiktas granulometriskā sastāva analīzes, izmantojot hidrometru. 5. urbuma 8. parauga kumulatīvās masas līknes, kurās kombinēti sijāšanas un sedigrāfa, kā arī sijāšanas un hidrometra rezultāti parādītas 11. attēlā.



11. attēls. 5. urbuma 8. parauga kombinēto analīžu granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes (izstrādājis autors)

Apskatot grafiku, redzams, ka, izmantojot dažādas granulometriskā sastāva noteikšanas metodes, iegūtie rezultāti nedaudz atšķiras. Redzams, ka lielākā starpība rezultātos ir daļiņām, kuru izmēri mazāki par 18 μm . Šajā gadījumā ar sedigrāfu iegūtie rezultāti ir par aptuveni 3 masas % mazāki. Šāda neliela atšķirība nerada būtiskas problēmas parauga kopējā granulometriskā sastāva raksturošanā.

Lielākas atšķirības kumulatīvajās līknēs novērojamas 11. paraugam (3. pielikums). Sedigrāfa līknei ir vienmērīgs raksturs, kamēr hidrometra līknē iezīmējas "kritums" pie daļiņu izmēriem no 20 līdz 50 μm . Tomēr daļiņu izmēru intervālā līdz 18 μm hidrometra analīzēs iegūtie rezultāti uzrāda par aptuveni 3 % lielāku masas procentu, kā sedigrāfa rezultāti. Arī 5. urbuma 5. (2. pielikums) un 13. (4. pielikums) paraugiem, līdzīgi, kā 11., un 8. sedigrāfa rezultāti uzrāda par 3-5 masas procentiem mazākas vērtības, kā attiecīgā diametra daļiņām hidrometra analīzēs iegūtie rezultāti.

Pēc atsevišķu paraugu izanalizēšanas ar dažādām metodēm grūti spriest par to, kura granulometriskā sastāva noteikšanas metode ir precīzāka. Lai to noteiktu jāveic vairākkārtīgas analīzes vienam paraugam ar abām metodēm.

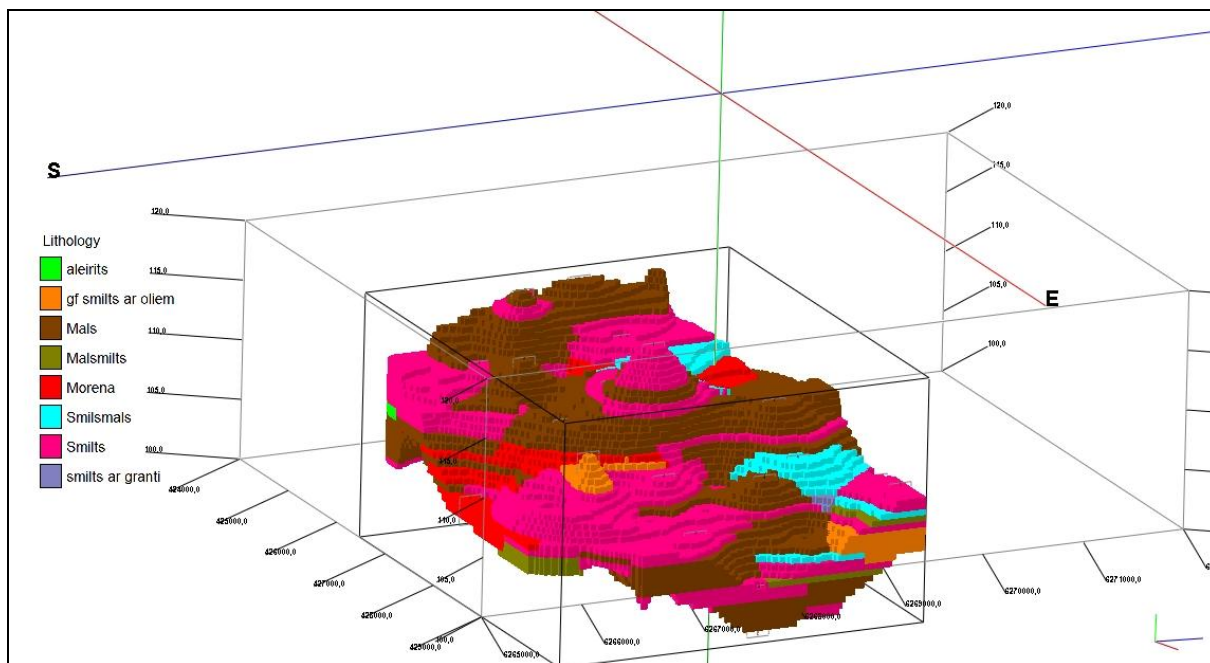
3.3 Lielauces māla baseina uzbūves datormodelis

Viens no bakalaura darbam izvirzītajiem uzdevumiem bija Lielauces māla baseina uzbūves 3 dimensionāla datormodeļa izveide. Autors ir iepazinies ar citās valstīs veiktiem pētījumiem, kuros modelēta glaciolimnisko baseinu uzbūve un rekonstruēti veidošanās apstākļi. Piemēram, glaciolimnisko nogulumu baseins Aļaskā (Bennett, Huddart, Thomas, 2002) un glaciolimnisko nogulumu sedimentācija pieledāja ezeros viduspleistocēnā Vācijas ZR (Winsemann et. al., 2011)

Datormodelis tika veidots pēc lauka darbos un agrākos Lielauces māla baseina pētījumos veikto urbumu aprakstiem, kas apkopoti atskaitē par cementa izejvielas (māla) meklēšanas un izpētes darbiem Dobeles rajonā (Kurša, 1973). Modelis papildināts ar autora veikto urbumu aprakstiem. Datormodeļa veidošanā izmantoto urbumu izvietojums parādīts 3. attēlā (20. lpp). Tā kā urbumu aprakstos sniegts detalizēts slāņu apraksts, tad pētāmo slāņu daudzveidība bija pārāk augsta, tos nācās apvienot (ģeneralizēt), kas ļautu saskatīt iespējamās baseina veidošanās likumsakarības izveidotajā datormodelī. Veidojot ģeneralizēto slāņu aprakstus, par galveno kritēriju tika pieņemts nogulumu granulometriskais sastāvs. Datormodelim, tika izdalīti sekojoši glaciolimnisko nogulumu tipi: māls, smilts, mālsmilts, smilšmāls, aleirīts, smilts ar granti, kā arī glaciofluviālā smilts ar oļiem un morēnas nogulumu.

Šim pētījumam no datorprogrammā RockWorks 15 piedāvātajiem modeļiem kā

piemērotākais tika izvēlēts litoloģiskais datormodelis, kas atšķirībā no stratigrāfiskā modeļa, pieļauj viena tipa nogulumu, piemēram, smilts atkārtosanos vertikālā griezumā. 3D datormodelis, kurš balstās uz agrāko pētījumu aprakstiem parādīts 11. attēlā.



12. attēls. Lielaucis māla baseina D daļas datormodelis pēc agrāk veikto urbumu aprakstiem. (autora izstrādāts)

Analizējot iegūtos datus, redzams, ka kopumā, glaciolimnisko nogulumu virsma nedaudz pazeminās virzienā no R uz A. Tas domājams liecina, ka glaciolimniskā baseina centrālā daļa atradusies modeļa A daļā.

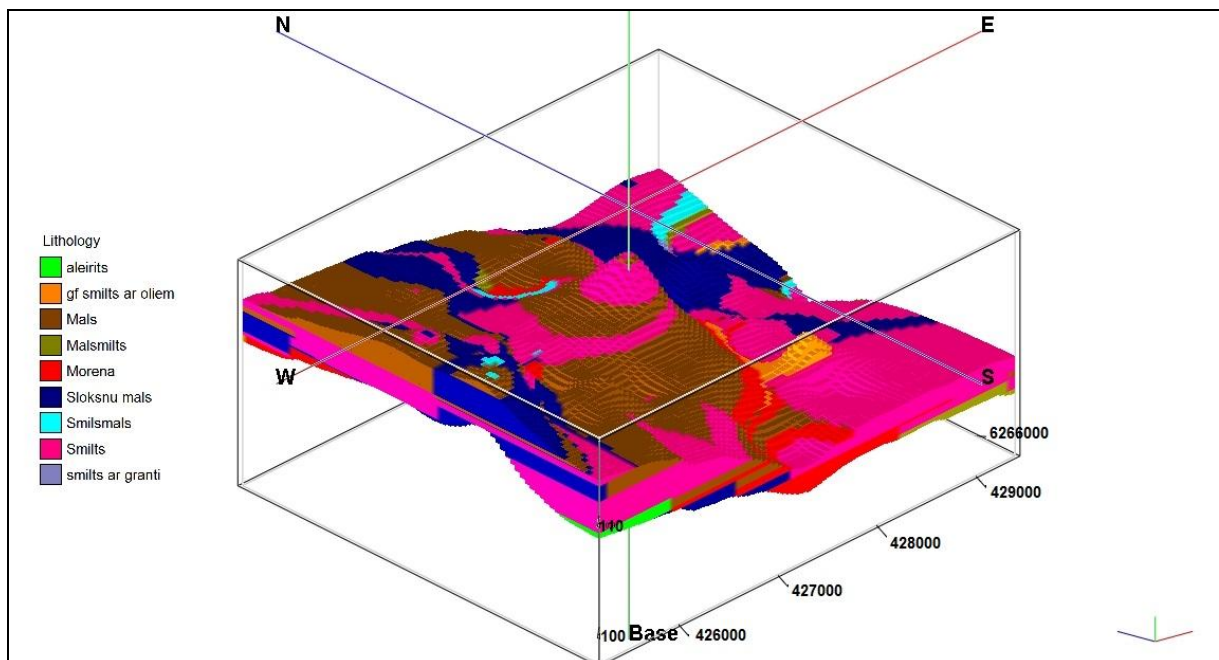
Galvenās neskaidrības šajā datormodelī saistās ar morēnas nogulumiem. Kopumā morēnas nogulumi sasniegti tikai 7 urbumos no tiem, kas izmantoti datormodeļa veidošanā. Šie urbumi iezīmē seklāku ledāju kušanas ūdeņu baseina zonu, kas šķērso datormodeli DA- ZR virzienā. Litoloģiskajā datormodelī tā D malā morēnas nogulumi tiek izzīmēti tā, ka tie veido slāņmiju ar glaciolimniskā baseina nogulumiem. Šāda veida slāņu mija, kurā morēnas nogulumi uzguļ glaciolimniskajiem nogulumiem, glaciolimniskā baseina malas zonā var būt izskaidrojama ar periodisku ledāja malas atkāpšanos un uzvirzīšanos baseina vadošanās laikā. Tomēr šajā gadījumā datormodelis varētu neatbilst realitātei, jo litoloģiskā datormodeļa izveides algoritms paredz to, ka modeļa “šūniņas” izplatās horizontālā virzienā ap urbumu. Ņemot vērā to, ka morēnas nogulumu virsma nav līdzena, dažādos urbumos morēnas virsmas absolūtais augstums ir atšķirīgs, līdz ar to, ģenerējot slāņus horizontālā virzienā, var rasties šāda veida neprecizitātes.

Veicot trīsdimensionālā datormodeļa izstrādi pēc cita algoritma, augstāk minētajā zonā morēnas nogulumi tiek attēloti atšķirīgi, un vairs nav novērojama morēnas un baseina

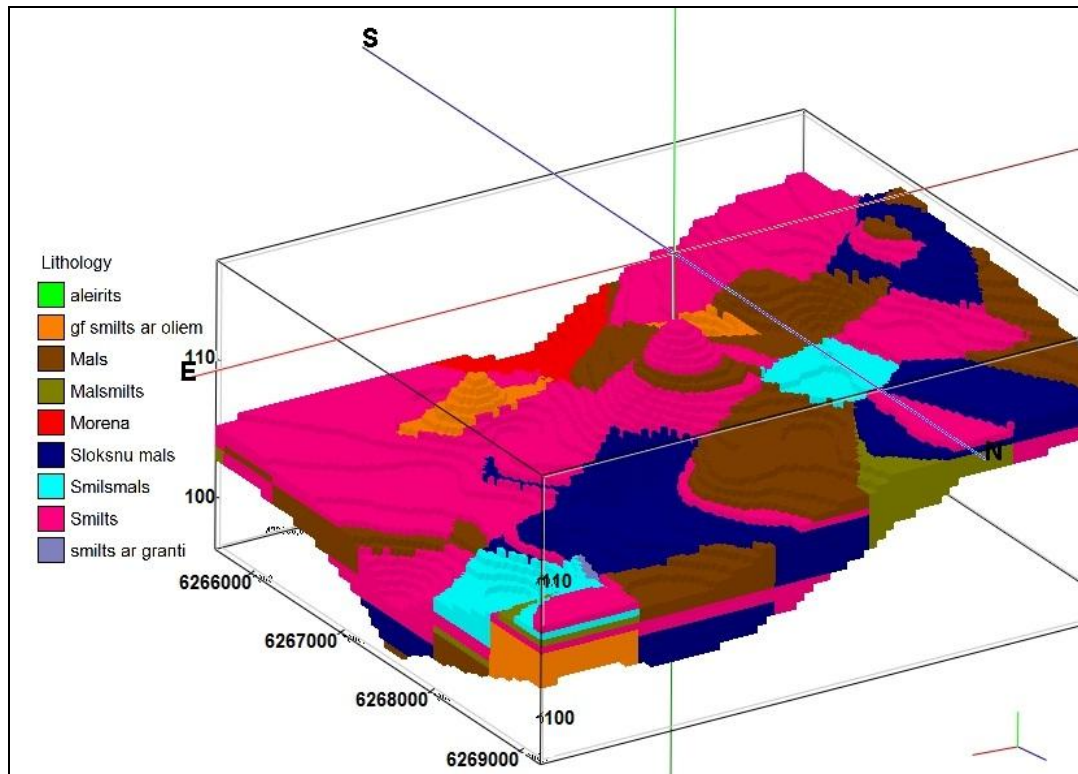
nogulumu slāņmija (5. pielikums). Šajā gadījumā datormodelis tiek ģenerēts pēc “tuvākā punkta” (ang.: “Closest Point”) algoritma. Katrai datormodeļa šūņīnai, šajā gadījumā, tiek piešķirta tāda vērtība, kā tuvākajam datus saturošajam punktam (RockWorks 15, 2010).

Analizējot trīsdimensionālo datormodeli, secināts, ka kopumā Lielaucē māla baseinam ir sarežģīta ģeoloģiskā uzbūve ar lielu nogulumu mainību gan horizontālā, gan vertikālā griezumā. Diemžēl, lielākā daļa Lielaucē glaciolimniskajā baseinā veikto urbumu beidzas smalkgraudainas smilts slānī, līdz ar to nevar tikt analizēts pilns baseina nogulumu griezumš, kā arī trūkst datu par baseina gultnes reljefu. Lielu glaciolimnisko nogulumu īpatsvaru veido smilšainie nogulumi. Tie izplatīti ne tikai baseina griezuma apakšdaļā, bet arī atsevišķos baseina rajonos atsedzas Zemes virspusē, kā arī iezīmē atsevišķus starpslāņus starp mālainajiem baseina nogulumiem. Smilts slāņi iezīmē atsevišķus periodus, kad ir bijusi relatīvi intensīva sanesu materiāla pieplūde baseinam. Smilts slāņi iezīmē arī baseina apgabalus, kuros dažādos laika posmos atradušies nogulu pieplūdes kanāli. Līdz ar to varētu secināt, no kuras puses notikusi nogulu pienese, taču tam pietrūkst datu.

Lai Lielaucē māla baseina uzbūves datormodeli padarītu detalizētāku, tika veikta māla izdalīšana slokšņu mālos un masīvos mālos. Kā arī pievienoti piecu, lauka darbos veikto, urbumu dati (12. un 13. attēls).



13. attēls. Lielaucē māla baseina D daļas litoloģiskais datormodelis. (izstrādājis autors)



14. attēls. Lielaucis māla baseina D daļas uzbūves datormodelis (“tuvākā punkta” algoritms) (autora izstrādāts)

Attēlos redzams, ka sloksņu māli izplatīti dažādās pētījumā ietvertās teritorijas daļās. Vietām tie atsedzas zemes virspusē un vietām ieguļ dziļākos glaciolimniskajos slāņos. Lielaucis māla baseinā nogulumu mainība ir tik strauja, ka nav iespējams izziņēt atsevišķus nogulumu slāņus, kas būtu raksturīgi visai glaciolimniskā baseina teritorijai, kuru aptver datormodelis. Tas varētu liecināt par to, ka baseina attīstības laikā, tā hidrodinamiskie apstākļi ir bijuši nestabili. Atsevišķās baseina daļās un dažādos laika posmos tas ir bijis pietiekoši dziļš un hidrodinamiski mierīgs, lai izgulsnētos sloksņu māli, kamēr citviet izgulsnējušies masīvi māli vai glaciolimniskā smilts.

Kopumā, izvērtējot Lielaucis māla baseina 3D datormodeli, var secināt ka datormodelis ir labs instruments, kā vispārīgi atainot glaciolimniskā baseina uzbūvi. Tas labi parāda baseina nogulumu faciālo mainību. Tomēr jāatceras, ka datormodeļi balstās uz matemātisku algoritmu pamata un pilnībā nesakrīt ar dabīgajiem apstākļiem. Ņemot vērā Lielaucis ledājkūšanas ūdeņu baseina nogulumu daudzveidību un mainību, lai datormodelis precīzāk atspoguļotu dabīgo situāciju, būtu jāpalielina datu blīvumu.

3.4 Rezultātu izvērtējums

Apkopojot visus pētījuma rezultātus, redzams, ka kopumā Lielauces māla baseinam ir komplicēta ģeoloģiskā uzbūve. To veido dažāda tipa glaciolimniskie nogulumu. Krasā nogulumu fāciju mainība nelielās teritorijās apgrūtinātu visa glaciolimniskā baseina attīstības gaitas rekonstruēšanu. Lai sasniegtu šādu mērķi, jāveic ļoti plaši un komplicēti pētījumi, kas paredzētu ģeoloģisko urbumu izdarīšanu regulārā tīklā un aptvertu visu baseina teritoriju. Šādi apjomīgi lauka darbi prasītu daudz laika un līdzekļu.

Analizējot agrākajos pētījumos veikto urbumu aprakstus, jāsecina, ka kopumā tie ir izmantojami turpmākos Lielauces māla baseina pētījumos. Tomēr pastāv būtiska nepilnība. Lielākā daļa urbumu, tā pat kā autora lauka darbos veiktie urbumi, beidzas aleirīta un smilts frakciju nogulumos, nerasniedzot morēnas nogulumus. Līdz ar to nevar izdarīt korektus secinājumus par visas glaciolimnisko nogulumu slāņkopas uzbūvi. Pazemes ūdens plūsma caur smilšaini-aleirītiskajiem baseina nogulumiem liedz izdarīt dziļākus urbumus ar ģeoloģisko rokas cilpurbi, bez apvalkcaurulēm. Iespējams šādu pētījumu reālāku padarītu, kādas jaunas ģeofizikālās pētījumu metodes atklāšana, kas ļautu iezīmēt baseina un morēnas nogulumu robežu, taču šobrīd šādas ģeofizikālās pētījumu metodes nav zināmas.

Lai izdarītu precīzus secinājumus par ledājkūšanas ūdeņu baseina nogulumu uzkrāšanās apstākļiem, ļoti svarīgi ir analizēt nogulumu tekstūras, kas var parādīt viļņu un ūdens straumju ietekmi. Piemēram, gradācijas slāņojums var liecināt par turbidītu plūsmām, kas raksturīgas deltu nogāzēm baseina malas zonā. Veicot urbumus ar rokas cilpurbi, iegūtais paraugs tiek savērpts, izjaucot dabīgo ieža sagulumu, tāpēc nogulumu tekstūru pētījumos aktuāli ir dabīgie atsegumi. Atsegumu pētījumi Lielauces māla baseinā teorētiski ir iespējami Lielauces māla atradnē, kurai blakus atrodas ķieģeļu ceplis. Šajā māla karjerā periodiski notiek māla ieguve. Māla ieguves laikā, no karjera tiek atsūknēts ūdens un ir iespējama piekļuve karjera sienām. Bakalaura darba izstrādes laikā māla ieguve minētajā atradnē bija pārtraukta, liedzot pētīt nogulumu atsegumus. Tomēr, šajā māla atradnē atsegumi ir pētīti cita bakalaura darba ietvaros, kurš izstrādāts 2006. gadā (Kviesis – Kipge, 2006). Sava bakalaura darba ietvaros Kviesis- Kipge izzīmējis 3 detālus slokšņu māla slāņkopas griezumus, atainojot māla un aleirīta slāņšus, kā arī analizējis plānslīpējumus. Kvieša – Kipges izdarītais secinājums, ka slokšņu māla slāņkopā virzienā uz augšu pieaug aleirītisko starpslāņņu skaits un biezumi, sakrīt ar 4. urbuma aprakstu. Kā arī 4. urbuma paraugu kumulatīvās masas līknes parāda māla daļiņu masas īpatsvara palielināšanos, pieaugot dziļumam. Tomēr šī likumsakarība neizpaužas visos lauka darbos veiktajos urbumos. Dažādās glaciolimniskā baseina daļās slokšņu māla slāņkopas uzbūve ir atšķirīga. Tāpat Kviesis – Kipge, secinājis, ka Lielauces māla baseina

centrālā daļa varētu būt atradusies uz A no māla karjera. Tādu pašu secinājumu varētu izderīt pēc datormodelī redzamā glaciolimmisko nogulumu slāņkopas virsmas slīpuma A virzienā.

Lauka darbu laikā konstatēts, ka lielākais vairums aleirīta starpslānīšu ir līdz 1mm biezumā, kas apstiprinās Kvieša- Kipges analizētajos plānslīpējumos. Tajos noteikts, ka aleirīta starpslānīšu biezums ir 0,75-0,9mm.

Liela nozīme glaciolimmisko nogulumu izpētēi atsegumos ir bijusi Gņevas ledājkūšanas ūdeņu baseina attīstības gaitas rekonstruēšanā. Šis glaciolimmiskais baseins atrodas Ziemeļpolijā. Atsegumu pētījumi bija iespējami divos māla karjeros, kā arī dabīgajā atsegumā Vježicas upes ielejas nogāzē. Teritorijai jau iepriekš bija veikta ģeoloģiskā kartēšana M 1:50000. Tāpat arī tika veikti jauni ģeoloģiskie urbumi visā pētījuma teritorijā. Apkopojot iegūtos rezultātus, ir izdevies nodalīt 4 dažādas Gņevas glaciolimmiskā ezera attīstības stadijas, kuras raksturo dažāda tipa nogulumu. Baseina attīstības sākumposmā tā centrālajā daļā uzkrājušies slokšņu māli, kurus veido māla un aleirīta slānīšu mija. Slokšņu mālus pārse dz atsevišķs 10-30 cm biezs smilts slānis, kuru saista ar turbidītu plūsmām, kuras veidojušās strauji pazeminoties baseina ūdenslīmenim un daļai ūdens aizplūstot prom no baseina. 3. baseina attīstības stadiju iezīmē masīvi māli, kuros sastopami dropstoni. Šī slāņa izgulsnēšanos interpretē divejādi. Tas veidojies sekla ezera apstākļos ar intensīvu suspendēta nogulu materiāla pienesi, vai arī īslaicīgas, straujas sedimentācijas epizodes rezultātā, kad no cita glaciolimmiskā baseina noplūdis ar mālaino materiālu piesātināts ūdens. Augšējo nogulumu slāni veido smalku māla un aleirīta slānīšu mija jeb slokšņu māls (Blaszkievicz, Gruszka, 2005).

Noskaidrojot Lielauces māla baseina nogulumu faciālo mainību, skaidrs, ka līdzīga atsevišķu glaciolimmiskā baseina attīstības stadiju nodalīšana būtu ļoti sarežģīta, un līdz šim nav iegūts pietiekoši daudz datu, lai to paveiktu. Iespējams izdarīt secinājumus, par atsevišķām, ļoti lokālām baseina daļām, kurās iezīmējas kādas likumsakarības, piemēram, bakalaura darba ietvaros veikto urbumu teritorijā zem slokšņu māliem iegūļ smalkgraudaina smilts un aleirīts. Tomēr aplūkojot baseinu plašākā teritorijā, redzams, ka nogulumu tipi ir stipri mainīgi gan horizontālā, gan vertikālā griezumā, kas iezīmējas arī 3D datormodelī.

SECINĀJUMI

Pēc pētījuma uzdevumu izpildes un iegūto rezultātu apkopošanas un analīzes tika izdarīti vairāki secinājumi par Lielauces māla baseina uzbūvi un veidošanās apstākļiem, kā arī par šādu pētījumu metodiskajiem aspektiem.

- Lauka darbos veikto urbumu apraksti, nogulumu granulometriskā sastāva analīžu rezultāti, kā arī 3D datormodelis parāda lielu Lielauces glaciolimnisko nogulumu dažādību un mainību gan vertikālā, gan horizontālā griezumā.
- Lielauces glaciolimniskā baseina D daļas nogulumu daudzveidība un to slāņu mainība nelielos attēlumos liecina par nogulumu izgulsnēšanos mainīgos hidrodinamiskajos apstākļos; dažādos baseina attīstības posmos, atsevišķās tā daļās izgulsnējušies slokšņu māli, kamēr citviet masīvi māli vai glaciolimniskā smilts.
- Lauka darbos veikto urbumu apkārtņē iezīmējas 3 ģeneralizēti glaciolimnisko nogulumu slāņi, kas ataino 3 dažādas baseina veidošanās stadijas. Apakšējo slāni veido aleirīta un smalkgraudainas smilts frakciju nogulumu, kas veidojušies aktīvas hidrodinamiskās vides apstākļos; vidējo slāni veido slokšņu māli, kas izgulsnējušies relatīvi dziļākā baseinā, salīdzinoši mierīgos apstākļos; augšējo nogulumu slāni dažādās vietās veido masīvi māli, smilts vai mālsmilts, kas, domājams, izgulsnējušies aktīvā hidrodinamiskajā vidē, ūdens straumju vai viļņu ietekmē.
- Slokšņu māla slāņkopas uzbūve pētītajā teritorijā ir neviendabīga. Māla un aleirīta slānīšu biezumu mainība vertikālā griezumā dažādās baseina vietās ir atšķirīga.
- Izvērtējot 3D datormodelēšanas iespējas, secināts, ka šāda pētījumu metode ir labs instruments kā vizualizēt glaciolimniskos nogulumus un ir pielietojama turpmākos baseina pētījumos.

Turpinot Lielauces mālu baseina pētījumus, būtu jāveic jauni ģeoloģiskie urbumi visa glaciolimniskā baseina teritorijā, tādejādi palielinot esošās informācijas blīvumu. Jāpaplašina 3D datormodeļa aptverto baseina teritoriju, kā arī jāmeklē iespējas Lielauces glaciolimnisko nogulumu pētīšanai netraucētā sagulumā, kas ļautu precizēt nogulumu sedimentācijas apstākļus un, iespējams, izdalīt konkrētas baseina attīstības stadijas.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Publicētā literatūra

- Āboltiņš, O. 1995. Limnoglaciālais reljefs. Grām. G. Kavacs (red.). *Latvijas daba: enciklopēdija*. 3. sēj. Rīga, Latvijas enciklopēdija, 150
- Benn, D. I., & Evans, D. J. A. 2006. *Glaciers & Glaciation*, London, Arnold, a member of the Hodder Headline Group.
- Bennett, M. R., Huddart, D., Thomas, G. S. P. 2002. Facies architecture within a regional glaciolacustrine basin: Copper River, Alaska. *Quaternary Science Reviews*, 21, 2237–2279.
- Blaszkiewicz, M., Gruszka, B., 2005. Development and infill of Vistulian glacial Lake Gniew (N Poland): a sedimentological analysis. *Geological Quarterly*, 49 (4): 449–462.
- Coakley, J.P., Syvitski, J.P.M. 2007. SediGraph technique. Grām. Syvitski J.P.M. (red.). *Principles, methods, and application of particle size analysis*, Ņujorka, Cambridge University Press, 146-159.
- Cramp, A., Lee, S.V., Herniman, J., Hiscott, R.N., Manley, P.L., Piper, D.J.W., Deptuck M., Johnston S.K., Black K.S. 1997. 11. Data report: Interlaboratory Comparison of Sediment Grain-Sizing Techniques: Data From Amazon Fan Upper Levee Complex Sediments. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, Vol. 155. 217-228.
- Česnulevičius, A., Švedas K., 2010. Palaeogeography and evolution of the Dubičiai glaciolacustrine basin in southern Lithuania, *Vilnius, Estonian Journal of Earth Sciences*, 59, 2, 141-150.
- Danilāns, I. 1995. Limnoglaciālie nogulumi. Grām. G. Kavacs (red.). *Latvijas daba: enciklopēdija*. 3. sēj. Rīga, Latvijas enciklopēdija, 151.
- Dolz, M., Casanovas, A., Delegido, J., Hernandez, M.J. 2004. An Experimental Setup to Verify Stokes' Law Using an Electronic Balance. *Revista Mexicana De Fisica*, 1, 29- 32.
- Ehlers, J., 1996. *Quaternary and Glacial Geology*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd.
- Kuršs, V., Stinkule, A. 1997. *Latvijas derīgie izrakteņi*, Rīga, Latvijas Universitāte
- Rattas, M., Kalm, V., Kihno, K., Liivrand, E., Tinn, O., Tānavsuu-Milkeviciene, K., Sakson M. 2010. Chronology of Late Saalian and Middle Weichselian episodes of ice-free lacustrine sedimentation recorded in the Arumetsa section, southwestern Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 59, 2, 125-140.
- Segliņš, V., Brangulis, A. (red.). 1996. *Latvijas zemes dzīļu resursi*. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests, 11.
- Stinkule, A. 1995. Lielauces māla atradne, Grām. G. Kavacs (red.). *Latvijas daba: enciklopēdija*. 3. sēj. Rīga, Latvijas enciklopēdija, 130.
- Strautnieks, I. 1995. Lielauces pauguraine. Grām. G. Kavacs (red.). *Latvijas daba: enciklopēdija*. 3. sēj. Rīga, Latvijas enciklopēdija, 130.

Syvitski, J.P.M., Leblanc, K.W.G., Asprey, K.W. 2007. Interlaboratory, interinstrument calibration experiment. Grām. Syvitski J.P.M. (red.). *Principles, methods, and application of particle size analysis*, Ņujorka, Cambridge University Press, 174 -193.

Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments, *Geology*, 30, 377-392.

Winsemann, J., Brandes, C., Polom, U., Weber, C. 2011. Depositional architecture and palaeogeographic significance of middle Pleistocene glaciolacustrine ice marginal deposits in northwestern Germany: a synoptic overview. *E&G Quaternary Science Journal*, 60, 2-3, 212-235.

Даниланс И. 1973. *Четвертичные отложения Латвии*. Рига, Зинатне

Nepublicētā literatūra

Drics S. 1953. *Dobeles rajona Lielaucē māla atradnes detālizpētes pārskats*, Rīga, Latvijas projektu institūts.

Kurša A. 1973. *Pārskats par cementa izejvielas (māla) meklēšanas un izpētes darbiem Dobeles rajonā*, Rīga, Ģeoloģijas pārvalde.

Kuršs V., Mukāne L., Stelle V., Stinkule A. 1966. *Latvijas PSR limnoglaciālo mālu sastāvs un izvietojuma likumsakarības ar izmantošanas iespēju novērtējumu vieglo betona pildvielu un būvkeramikas ražošanai*, Rīga, Ģeoloģijas institūts.

Kviesis – Kipge E., 2006. Mālu slāņkopas uzbūve, sastāvs un veidošanās Lielaucē atradnē: bakalaura darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Lielaucē pagasta padome, 2007. *Lielaucē pagasta teritorijas plānojums*. 1. sēj. Paskaidrojuma raksts. Lielaucē pagasts. Atsauce tekstā: Lielaucē pagasts

Eglīte K, 2012. Lauka grāmatiņa

Kartogrāfiskie materiāli

TOPO 50K Satelītkarte. *VZD Satelītkaršu mozaīka*. LU ĢZZF WMS. Skatīts 01.05.2012. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

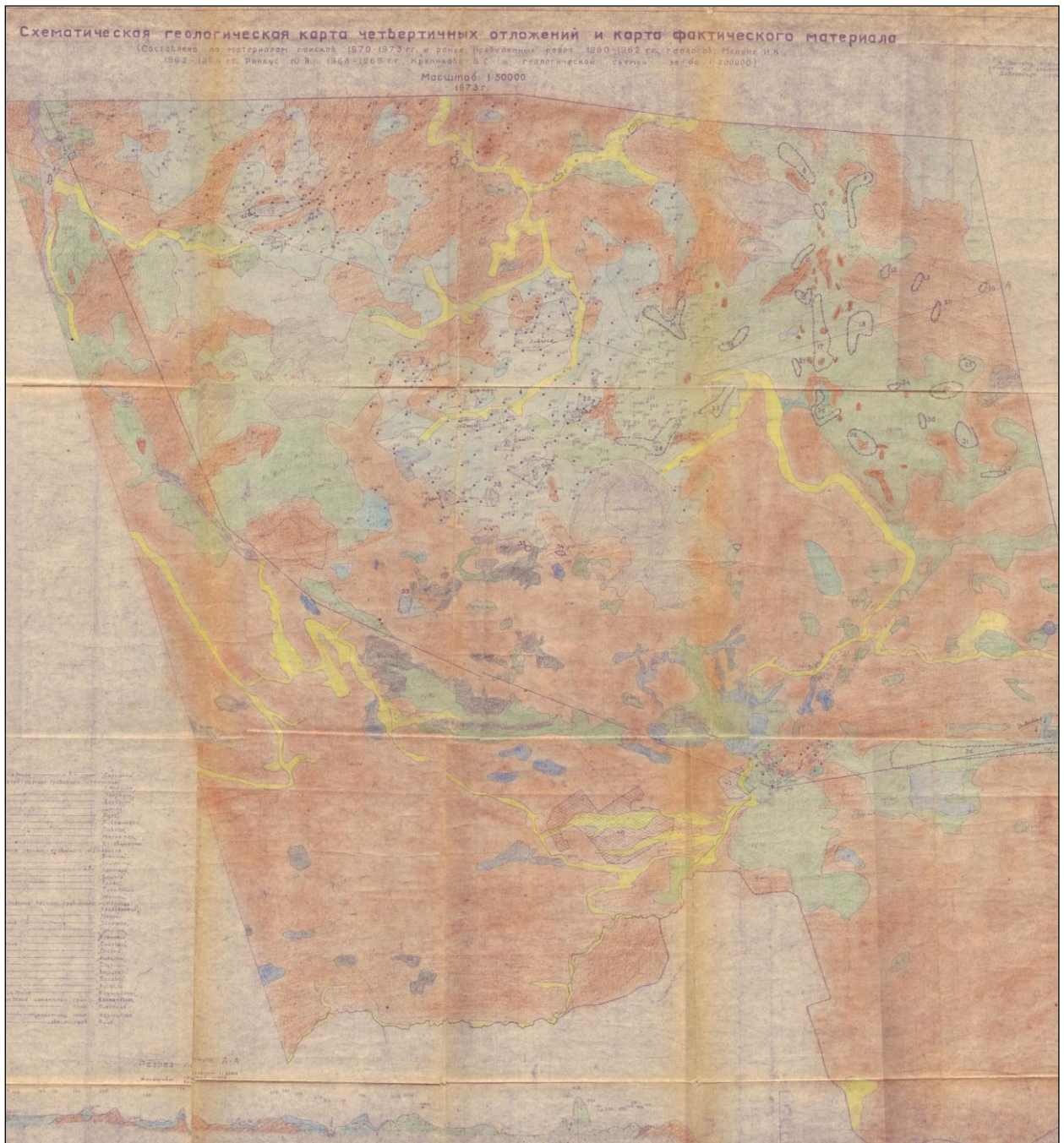
Interneta resursi

Latvijas Universitāte, 2010. Māli Latvijā. Sk. 04.01.2013. Pieejams: <http://www.lu.lv/vpp/zeme/malu-petijumi/latvija/>
Atsauce tekstā: Māli Latvijā

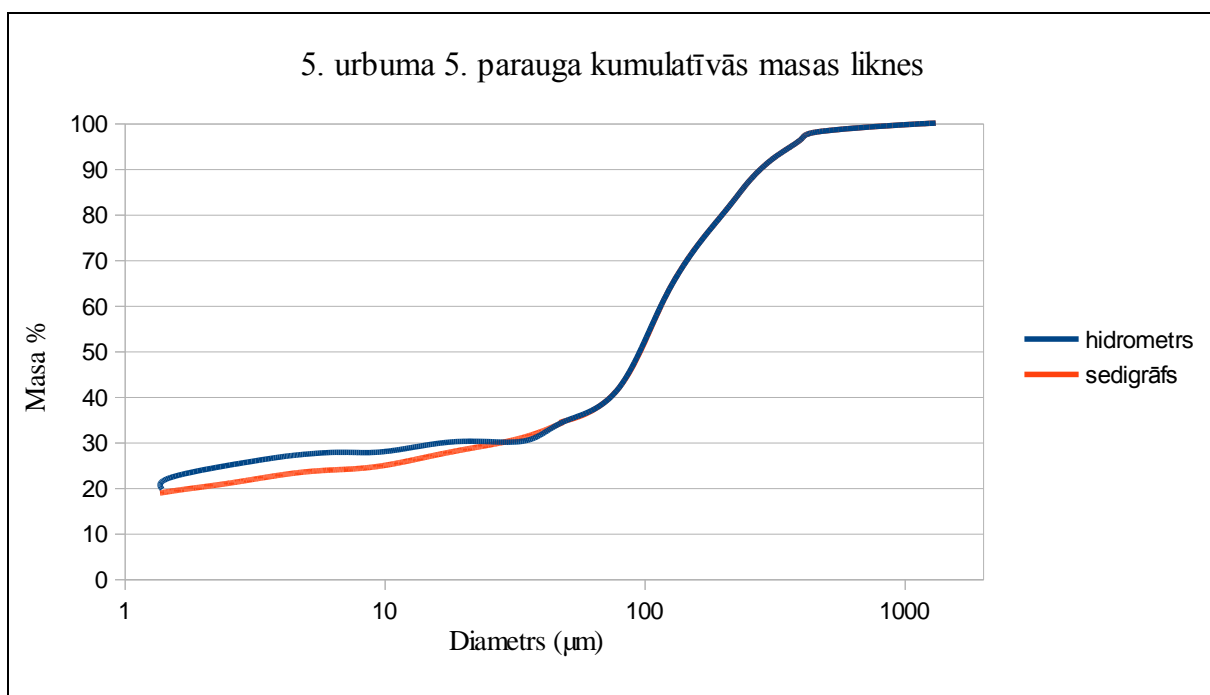
RockWare, 2010. RockWorks 15 manual. Sk. 06.03.2013. Pieejams: http://www.rockware.com/assets/products/165/downloads/documentation/41/rw15_manual.pdf
Atsauce tekstā: RockWorks 15

PIELIKUMI

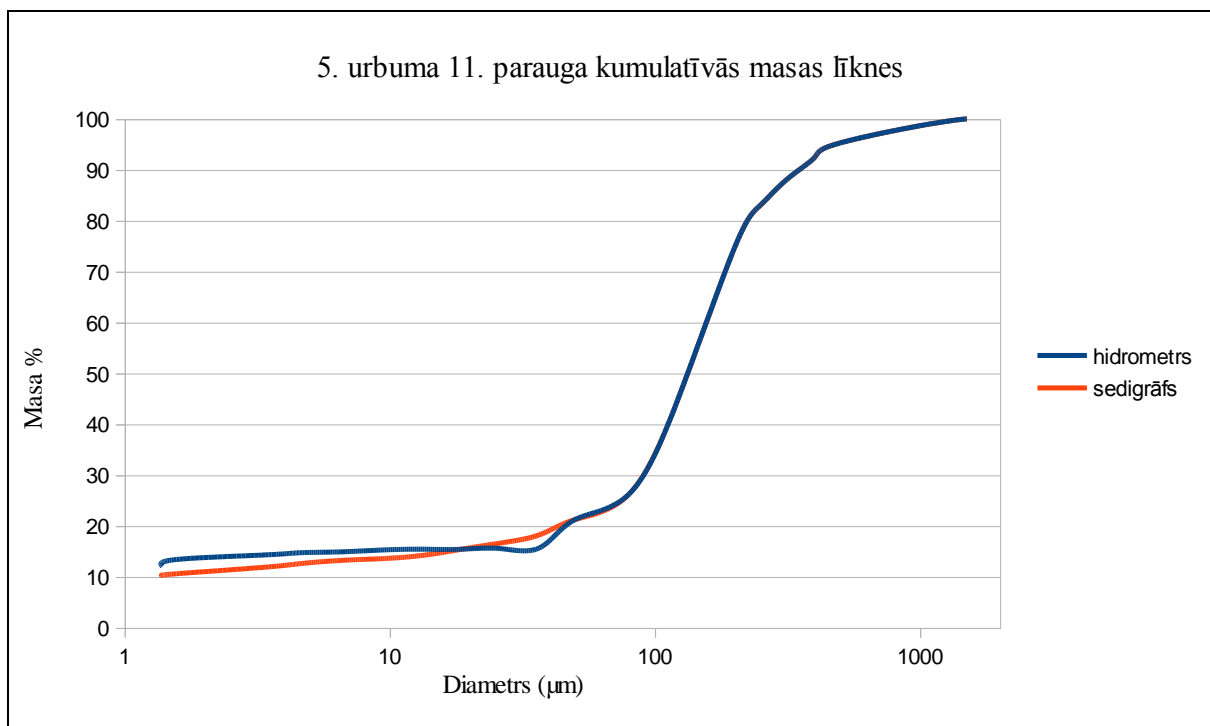
1. pielikums. Lielauces apkārtnes kvartāra nogulumu kartoshēma (Kurša, 1973)



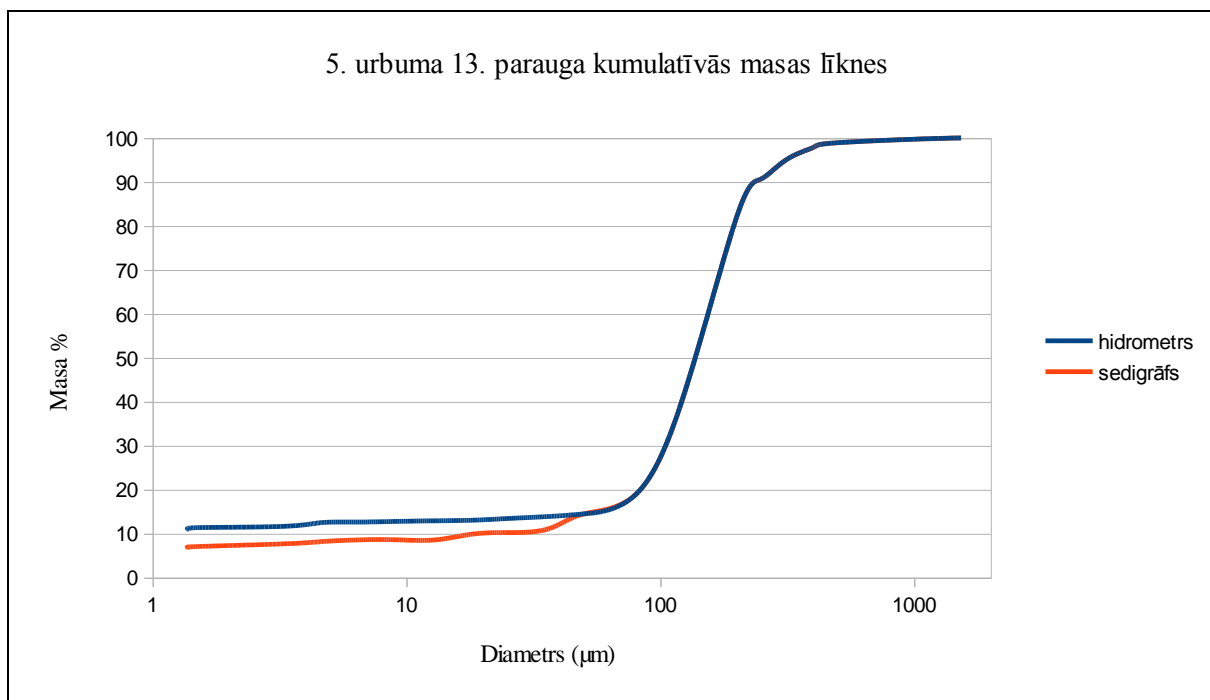
2. pielikums. 5. urbuma 5. parauga kombinēto analīžu granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes (izstrādājis autors)



3. pielikums. 5. urbuma 11. parauga kombinēto analīžu granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes (izstrādājis autors)



4. pielikums. 5. urbuma 13. parauga kombinēto analīžu granulometriskā sastāva kumulatīvās masas līknes (izstrādājis autors)



5. pielikums. Lielauces māla baseina uzbūves datormodelis pēc “tuvākā punkta” (ang.: Closest Point) algoritma

