

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS NODAĻA

KANGARU OSU MORFOLOĢIJA, IEKŠĒJĀ UZBŪVE UN VEIDOŠANĀS  
APSTĀKĻI

Bakalaura darbs

Autors: Kristaps Lamsters

Stud. apl. kl05012

Darba vadītājs:

Dr. ģeol., prof. Vitālijs Zelčs

Rīga 2009

## ANOTĀCIJA

Lamsters K., 2009. Kangaru osu morfoloģija, uzbūve un veidošanās apstākļi. Bakalaura darbs. Latvijas Universitāte, Rīga. 57 lpp.

Bakalaura darbā ir apkopots pētījums par Kangaru osu morfoloģiju, uzbūvi un veidošanās apstākļiem. Kā Kangaru osi tiek identificēti Ogres Kangari, Lielie jeb Suntažu Kangari, Mazie jeb Allažu Kangari un Sidgundas Kangari, kas atrodas Viduslatvijas zemienes Ropažu līdzenumā un Madlienas nolaidenumā.

Osu morfoloģija, uzbūve un telpiskā orientācija ļauj spriest par zemledāja noteces īpatnībām, paleotraumju virzieniem, ledāja gultnes ietekmi uz osu veidošanos un ledāja dinamiku pētāmajā teritorijā. Bakalaura darbā veiktie pētījumi liecina par to, ka osu veidošanās daļēji notikusi zemledāja tuneļos, kas reizēm ir bijuši iegrauzti zemledāja gultnē, vēlāk tuneļi atvērušies, pārplūduši.

Bakalaura darbs ietver 57 lappuses, 5 nodaļas, 43 attēlus, 1 tabulu un 3 pielikumus. Tas satur atsauksmes uz 44 izziņas avotiem.

Raksturvārdi: osi, zemledāja tuneļi, glaciofluviālie nogulumi, zemledāja notece, hidrauliskais potenciāls, zemkvartāra virsma.

## ANNOTATION

Lamsters K., 2009. Morphology, internal structure and formation of Kangari eskers. Bachelor thesis. University of Latvia, Riga. 57 p.

The bachelor thesis deals with problems of morphology, internal structure and formation of Kangari eskers. As Kangari eskers are recognized Ogre eskers, Lielie or Suntaži eskers, Mazie or Allaži eskers and Sidgunda eskers, who are distributed in Ropaži Plain and Madliena Tilted Plain, Central Latvian Lowland.

Morphology, internal structure and spatial orientation of eskers were served as a main source of information for reconstruction of the subglacial drainage systems, directions of subglacial flows and glacier dynamic. It could be suggested that formation of eskers might be occurred in subglacial channels, who were incised downwards into subglacial sediments in some cases, afterwards channels might be opened and overflowed.

Bachelor's thesis consist of 57 pages, 5 chapters, 43 figures, 1 table and 3 attachments. It contains 44 references.

Key words: eskers, subglacial channels, glaciofluvial sediments, subglacial drainage, hydraulic potential, prequaternary surface.

## Saturs

ANOTĀCIJA.....	2
ANNOTATION.....	3
IEVADS .....	5
1. OSI UN TO VEIDOŠANĀS SAISTĪBĀ AR LEDĀJA TERMĀLAJIEM APSTĀKĻIEM, NOTECES SISTĒMĀM UN LEDĀJA GULTNES UZBŪVI. ....	7
2. PĒTĀMĀS TERITORIJAS ĢEOLOĢISKS UN ĢEOMORFOLOĢISKS RAKSTUROJUMS .....	20
3. MATERIĀLI UN METODES.....	27
4. PĒTĪJUMA REZULTĀTI.....	30
5. DISKUSIJA UN INTERPRETĀCIJA .....	35
5.1. Kangaru osu morfoloģija un veidošanās īpatnības .....	35
5.1.1. Ogres Kangari.....	38
5.1.2. Lielie Kangari.....	40
5.1.3. Mazie Kangari .....	41
5.1.4. Sidgundas Kangari.....	42
5.2. Kangaru osu iekšējā uzbūve un veidošanās apstākļi .....	43
5.2.1. Ogres Kangari.....	45
5.2.2. Lielie Kangari .....	47
5.2.3. Mazie Kangari .....	49
SECINĀJUMI .....	53
IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....	54
PIELIKUMI.....	56

## IEVADS

Osi Latvijā ir nepietiekami izpētītas reljefa formas. Izpratne par to veidošanos var sniegt atbildes uz daudziem jautājumiem, kas saistīti ar ledāja hidroloģiju, gultnes eroziju, ledāja dinamiku. Pēc osu uzbūves, morfoloģijas un telpiskās orientācijas var spriest par zemledāja noteci, kušanas ūdeņu straumju virzieniem, kā arī vispār par ledāja kustību attiecīgajā teritorijā un deglaciācijas gaitu.

Autors izvēlējās rakstīt bakalaura darbu glaciālajā ģeomorfoloģijā par Kangaru osiem, to morfoloģiju, uzbūvi un veidošanās apstākļiem, padziļinātās intereses dēļ par ģeomorfoloģijas zinātni. Ogres Kangaru osa vaļņa – Zilo kalnu tuvums autora mājvietai radīja pastiprinātu vēlēšanos izziņāt tieši šo reljefa formu veidošanās īpatnības. Tā kā netālu no Ogres Kangariem atrodas arī pārējie Kangaru osi – Lielie, Mazie un Sidgundas Kangari, pētījumā tika iekļauti visi Kangaru osus, kuri ir veidojušies pēc līdzīgām likumsakarībām.

Tā kā osu veidošanās ir bijis ļoti komplicēts process, pastāv dažādas hipotēzes un iespējamie varianti, kā tas varēja notikt. Osu veidošanos ietekmē gan paša ledāja dinamiskie procesi, gan arī lokālie apstākļi, tādi kā ledāja gultnes uzbūve un saposmojums, tādēļ ir nepieciešamas lokālas studijas un teorētisko zināšanu pielietojums pētāmās teritorijas uzbūves īpatnībām, lai varētu izpētīt, kā ir veidojušies osi.

Kangaru osi, kuri atrodas Madlienas nolaidenumā plašāk ir pētīti tikai astoņdesmitajos gados, tādēļ autors centās iepazīties ar jaunāko zinātnisko literatūru, veica lauku darbus, apsekojot visus Kangaru osus, izpētot atsegumus karjeru sienās, kā arī izmantoja pieejamās topogrāfiskās un ģeoloģiskās kartes, lai iegūtu pilnīgāku skaidrību par osu uzbūvi un veidošanās apstākļiem.

Pētījuma mērķis ir izpētīt Kangaru osu morfoloģiju, iekšējo uzbūvi un veidošanās apstākļus, balstoties uz jaunākajām glaciālās ģeomorfoloģijas atziņām un metodēm.

Lai izpildītu pētījuma mērķi, tika izvirzīti šādi uzdevumi:

1. Zinātniskās literatūras studijas par ledāja kušanas ūdeņu noteci, un tās veidošanās apstākļiem, osu morfoloģiju, uzbūvi, slāņoto ledāja nogulumu pētījumu metodēm;
2. Apzināt agrākajos gados veiktos kvartāra veidojumu pētījumus dotajā teritorijā;
3. Kartogrāfiskā materiāla analīze (ģeoloģisko, ģeomorfoloģisko, topogrāfisko karšu) un jaunu karšu, shēmu, 3D reljefa modeļu izveide;
4. Lauka darbu veikšana – visu Kangaru osu apsekošana, fotografēšana, ģeoloģiskie darbi karjeros un citās vietās;
5. Iegūtos datus, karšu, reljefa modeļu interpretācija, lai iegūtu detalizētu priekšstatu par osu morfoloģiju, uzbūvi un veidošanos.

Bakalaura darbs ir strukturēts 5 nodaļās. Pirmajā nodaļā analizēts teorētiskais materiāls, otrajā nodaļā dots pētāmās teritorijas raksturojums, trešajā nodaļā aprakstītas darba metodes un izmantotie materiāli, ceturtajā nodaļā apkopoti galvenie pētījuma rezultāti, piektajā nodaļā, kas ir visplašākā nodaļa, ir analizēta osu morfoloģija, uzbūve un veidošanās, atsaucoties uz citiem pētījumiem, kas veikti dotajā teritorijā, kā arī uz jaunākajām glaciālās ģeomorfoloģijas teorijām. Kopējais darba apjoms ir 57 lappuses, tajās ietverti 43 attēli, 1 tabula un 3 pielikumi.

Bakalaura darbā ir lietoti šādi saīsinājumi:

LGIA – Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra

ĢZZF – Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte

PSRS – Padomju Sociālistisko Republiku Savienība

ĢIS – Ģeogrāfiskās informācijas sistēmas

GPS – Globālās pozicionēšanas sistēma

## 1. OSI UN TO VEIDOŠANĀS SAISTĪBĀ AR LEDĀJA TERMĀLAJIEM APSTĀKĻIEM, NOTECES SISTĒMĀM UN LEDĀJA GULTNES UZBŪVI.

Osi ir plaši izplatītas ledāja kušanas ūdeņu nogulumu veidotās reljefa formas. Termins osi pēc G. Eberharda (1977) datiem cēlies no zviedru vārda „as”, asar” (daudzskaitlī), kas nozīmē – „grēda”, vai arī aizgūts no gallu izcelsmes vārda – „esker” (eskers), kuru plaši lieto arī mūsdienās zinātniskajā literatūrā angļu valodā. Zviedru literatūrā tagad sastopams apzīmējums „asker”, vācu – wallberge. Latvijā pirmajos zinātniskajos darbos, reizēm arī mūsdienās sastopams termins „eskers”, lai gan pārsvarā tiek lietots no angļu valodas aizgūtais „oss”. Tautas valodā osu un citu garumā stieptu vaļņveida reljefa formu apzīmēšanai no seniem laikiem lieto vārdu „kangars”. Te gan netiek ietverta formas ģenēze, bet tikai ārējais izskats. Piemēram, Lielie, Mazie, Ogres Kangari, vīgu un kangaru (ieplaku un vaļņveida kāpu – krasta vaļņu) reljefs piekrastes joslā starp Mazirbi un Kolku. Kā norādīts I. Ancānes (2000) Dabas ģeogrāfijas skaidrojošajā vārdnīcā, vārds „kangari” cēlies no lībiešu valodas un nozīmē „valnis”, „grēda”.

Kā definē G. Eberhards (1977), „osi ir savdabīgas ledāja kušanas ūdeņu akumulācijas formas, kas veidojušās, noguldot pārskaloto rupjo (oļus, granti, smiltis) un smalko (smiltis, putekļus, mālu) morēnas materiālu aprimušā vai mazkustīga ledus apstākļos ledāja mēļu (lobu) perifērijas daļās.” Pēc ārēja izskata osi ir šauras taisnvirziena vai līkumotas vaļņveida reljefa formas ar stāvām nogāzēm, kas plāna skatījumā atgādina dzelzceļa uzbērumus un orientētas ledāja kustības virzienā. Sastopami morfoloģiski ļoti atšķirīgi veidojumi. Tie var stiepties garu vaļņu veidā, var pāriet garumā stieptu pauguru virknēs, var zaroties, paplašināties vai sašaurināties. Dažāds ir osu augstums. Uzskata, ka osu lielākā daļa var sasniegt 20 – 50 m relatīvo augstumu, retāk līdz 70 – 80 m. Turpretim R. Flints (Flint, 1971) min osus, kas kuru augstums virs apkārtnes sasniedz līdz 100 m. Osu platums parasti ir neliels: no dažiem 10 m līdz 100 un vairāk metriem. Nogāzes stāvas – 20° – 40°. Osa kores daļa parasti ļoti šaura, tikai daži metri, bet vietām tā paplašinās, kļūst plakana. Šādi paplašinājumi sastopami mezglu vietās, kur no galvenā osa atzarojas sānzari ( zem leņķa vai paralēli). Osu garums svārstās no dažiem kilometriem līdz vairākiem desmitiem kilometru. Pēc R. Flinta (ibid) datiem Kanādā sastopamas osu sistēmas, kuru garums sasniedz pat 500 km.

Nereti uz osu vaļņa muguras ar redzēt vairākas paaugstinātas, paplašinātas uzbērtas daļas – tā sauktos osu centrus, kas sastāv no rupjāka materiāla. Bet ovālas ieplakas uz osu mugurām sauc par osu katliem (termokarsta piltuves). Klasiskos līdzenumu osus gar abām

pusēm pavada, tā sauktie, osu grāvji. Tie ir šauri gareniski pazeminājumi, kas pilnībā atkārtos konfigurāciju un kurus aizņem purvi vai šauri, gari ezeri.

Bieži vien reljefā ir sastopamas formas, kas morfoloģiski un pat daļēji uzbūves ziņā atgādina osus. Kā norāda Zelčs (1997) „vairāki autori (I. Salovs, 1965; A. Basalikas, 1969 u.c.) ieteic lietot osu dalījumu pēc veidojošā materiāla fluvioosos (osi, kurus veido tikai fluvioglaciālie nogulumi) un limnoosos (osi, kurus veido galvenokārt limnoglaciālie nogulumi). Tā kā limnoosi jeb, pareizāk, reljefa formas, kas tikai pēc ārējā izskata atgādina osus un dabā sastopami reti, neatbilst pilnībā jēdzienā „oss” ieliktajam saturam, tad labāk lietot apzīmējumu „osveida pauguri”, „osveida kēms” jeb „vaļņveida kēms”, kā to dara V. Ņivjarovskis (Niewarowski, )

Bet, kā norādīja O. Āboltiņš (1989) Latvijas reljefa mezoformu iedalījumā, osiem līdzīgas formas var tikt dēvētas par osveida glaciostruktūru formām jeb tutāniem. Arī V. Zelčs (1997) atzīmē, ka „augstienēs sastopamos garos osveida vaļņus, ko veido ledāja sakrokoti vai sabīdīti nogulumi Latvijā dēvē par tutāniem (Liedskalni, Ciblas „oss”). Drumlinu laukos esošos īsos un šauros osveida vaļņus, kas radušies, ledājam saspiežot drumlinus, sauc par drumlionīdiem (piemēram, Pintes drumlionīds). Latvijā tipiski osi sastopami tikai diverģentā un konsekventā tipa zemieņu rajonos.”

Osu veidošanos galvenokārt nosaka ledāja termālie apstākļi, ledāja noteces sistēmas un ledāja gultnes uzbūve. Lai izprastu, kādos apstākļos ledājā vispār var veidoties kušanas ūdeņi un to plūsmas, galvenā nozīme ir ledāja termālajiem apstākļiem, kas ir atšķirīgi pie ledāja virsmas, tā iekšienē, pie gultnes un arī tuneļos.

Ledājus klasificē pēc temperatūras uz to virsas un ledāja – gultnes kontaktzonā. Bieži vien abas ledāju termālās klasifikācijas tiek jauktas, tāpēc ieteicams ir vadīties pēc K. Ritera (Ritter, 1995), D.I. Benna un D.J.A. Evansa (Benn, Evans, 1998) ledāju vispārīgās termālās klasifikācijas.

Ledāju termālajā klasifikācijā pēc virsas temperatūras izšķir polāros, subpolāros un mērenos ledājus. Ledāju termālajā klasifikācijā pēc temperatūras ledāja – gultnes kontaktzonā izšķir aukstos, siltos un politermālos ledājus.

Mērenie ledāji ir silti bāzēti ledāji. Ledāja temperatūra saglabājas aptuveni vienāda visā ledāja biezumā. Virsējie slāņi (aptuveni 10 m) sasalst ziemā. Liela ledājkušanas ūdeņu notece. Vislielākais erozijas potenciāls.

Subpolārie ledāji ir politermāli bāzēti ledāji (auksts un silts ledus). Ledus satur nedaudz ūdens vasarā. Bieži termālie apstākļi uz ledāja virsas iekšējā zonā atbilst mērenam ledājam, bet ledāja malas zonā – polāram ledājam.

Polārie ledāji ir auksti bāzēti ledāji. No ūdens brīvs ledus. Ledāja pamatne ir piesalusi pie gultnes iežiem. Iekšēja izslīde pa iekšējām nošķēluma virsām. Zema erozijas spēja (Ritter, 1995, Benn, Evans, 1998).

Mērenie ledāji raksturojas ar ledus temperatūra pie spiedienkušanas punkta gandrīz vai visa ledāja biezumā, izņemot virsējā slāņa dažus metrus. Šis virsējais slānis ir pakļauts temperatūras sezonālām svārstībām.

Polāro ledāju ledus temperatūra virsējā daļā ir vienmēr zem spiedienkušanas punkta. Tie neveido kušanas ūdeni. Ja tie ir plāni un auksti bāzēti, ledus kustība ir minimāla.

Subpolāro ledāju virsa sasilst līdz kušanas temperatūrai vasarā. Tā rezultātā veidojas kušanas ūdens. Subpolārie ledāji ir politermāli bāzēti, jo temperatūra ledus-gultnes kontaktzonā var būt tuva spiedienkušanas punktam vai arī to nesasniegt (Zelčs, 2007).

No iepriekš sacītā ir skaidrs, kādiem ir jābūt ledāja termālajiem apstākļiem, lai varētu notikt drupu materiāla transportēšana un ledāja sanesu nogulsnešana, kā rezultātā var veidoties osi.

Kā zināms ledāji sastāv no sasaluša ūdens jeb ledus. Acīmredzami, ka ledāja ledus saglabājas cietā stāvoklī pie vai zem tā kušanas punkta temperatūras (0°C uz ledāja virsas). Ledāja temperatūra kontrolē ledāja darbības dažādos veidus. No ledus temperatūras ir atkarīga zemledāja erozija, drupu materiāla transportēšanas spēja un ledāja sanesu nogulsnešana (Benn, Evans, 1998).

Ledāji ar paaugstinātu temperatūru satur pie pamatnes ūdeni, kas darbojas kā smērviela. Ūdens stipri samazina berzi un nosaka ledāja slīdēšanu pa gultni. Ļoti bieži ledāji ar zemāku temperatūru ir piesaluši pie gultnes, kas būtiski mazina to erozijas spēju. Kaut gan temperatūra ledāja iekšienē ir mainīga, aukstās gultnes ledāji parasti ir izplatīti lielajos platuma grādos, bet silti bāzētie ledāji ir raksturīgi mēreno vai mazo platuma grādu apgabalos.

Ledāja ledus temperatūru nosaka trīs galvenie faktori – saules radiācija, ģeotermālais siltumstarojums un ledāja iekšējā berze.

Spiediena izraisītu ledus kušanu raksturo vairāki būtiski termini. Kušanas punkts pie noteikta spiediena – spiedienkušanas punkts: spiedienam pieaugot līdz ar dziļumu no ledāja virsas, notiek ledus noblīvēšanās. Tā rezultātā ledus kušanas punkta temperatūra pazemināšanās. Tādējādi, ledus kušanas punkts pazeminās par aptuveni 0,7°C uz katriem 1000 m. Ja bazālais ledus ir “silti bāzēts”, siltums nevar noplūst no ledāja un gultnes kontaktzonas. Tādējādi tiek nodrošināta kušanas ūdens klātbūtne. Bez tam ledus var kust augsta spiediena apgabalos un sasalt zema spiediena apgabalos, kas noved pie reželācijas.

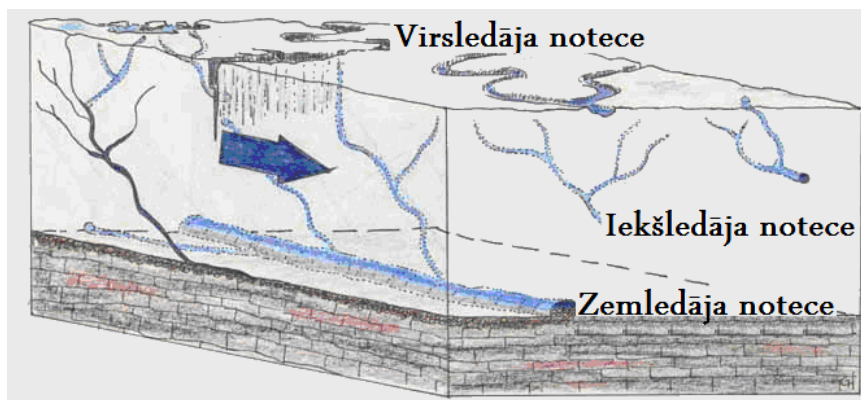
Reželācija ir ledus kušanas ūdens atkārtota sasaldēšana pie ledāja gultnes, kas bieži saistās ar pāreju no augsta spiediena (piespiedu kušana) uz zemu spiedienu (pieļauta atkārtota

sasalšana) bazāla šķēršļa tuvumā. Bazālā šķēršļa izmēri, materiāla siltumietilpība, siltumatdeve un siltumvadītspēja, siltuma daudzums un pieplūdes intensitāte ir faktori, kas nosaka reželācijas procesa izplatību un raksturu (Ritter, 1995).

Pēc D.E. Sugdena un B.S. Džona (Sugden, John, 1976), ledāja ledus termālais iedalījums divās kategorijās balstās uz tā temperatūru attiecībā pret ledus spiedienkušanas punkta temperatūru. Siltam ledum temperatūra ir tuva spiedienkušanas punktam, bet aukstam ledum temperatūra ir zemāka par spiedienkušanas punktu. Otra galvenā atšķirība starp silto un auksto ledu ir tā, ka siltais ledus satur ūdeni. Siltais ledus veidojas jebkur, kur ir pietiekams siltums, lai ledus sasniegtu spiedienkušanas punktu

Ūdens pie ledāja pamatnes sekmē izslīdi un plūsmu. Mīksts un kustīgs ledus ļauj ledājam efektīvāk erodēt zemledāja gultnes iežus, šķidrās fāzes pāreja cietā sekmē gultnes iežu blāķveida atrauteņu veidošanos.

Osu veidošanās vistiešākajā mērā ir saistīta ar kušanas ūdeņu darbību ledājā. Izšķir virsledāja, iekšledāja un zemledāja noteces sistēmas. Pastāv daudz dažādu veidu, kā pārvietojas kušanas ūdeņi, un kā tiks izskaidrots vēlāk, jābūt īpašiem apstākļiem, lai veidotos tuneļi, kas ir piemēroti osu attīstībai. Darbā tiks apskatīta tikai zemledāja notece, lai nenoslogotu darbu ar teorētisko informāciju, bet ir jāņem vērā, ka kušanas ūdeņu darbība ir ļoti komplicēta, noteces sistēmas bieži vien ir saistītas savā starpā, īpaši aprīmušā ledū. Svarīgi atzīmēt, ka lielākā daļa ledāja kušanas ūdeņu nāk no virsledāja avotiem. Ledāja kušanas ūdeņi veido trīsdimensiālu noteces tīklu, kurš ir redzams 1.1. attēlā.



1.1. attēls. Ledāja noteces sistēmas blokdiagramma

(<http://gemini.oscs.montana.edu/~geol445/hyperglac/meltwater1/block.JPG>, skatīts 01.05.2009., ar autora pārveidojumiem).

Zemledāja kušanas ūdeņu cilmvietas ir virsledāja un iekšledāja kušanas ūdeņu pieplūdums; zemledāja kušanas ūdeņi, kas rodas virsledāja un iekšledāja ūdeņu atnestā siltuma, reželācijas un spiedienkušanas, neapšaubāmi arī ledus plūsmas berzes un ģeotermālā siltuma ietekmē.

Silti bāzētos ledājos piegultnes slāņa temperatūra sasniedz spiedienkušanas līmeni, tāpēc silti bāzēti ledāji ir bagātīgi ar zemledāja kušanas ūdeņiem un ledāja kušanas ūdeņi atrodas ledāja pamatnes tuvumā.

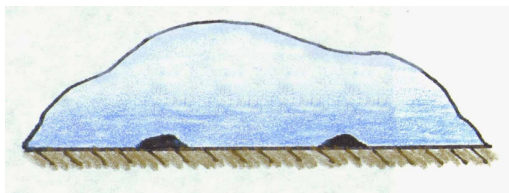
Pazemes ūdeņi arī var dot ievērojamu ieguldījumu kopējā ledāja kušanas ūdeņu sistēmā, kas atrodas ledāja gultnes tuvumā. Pazemes ūdeņu pieplūdums zemledāja kušanas ūdeņu sistēmā drīzāk ir mainīgs un atkarīgs no topogrāfiskiem vai ģeoloģiskiem ierobežojumiem (Sugden, John, 1976).

Pazemes ūdeņu ievērojamo lomu zemledāja kanālu attīstībā īpaši uzsver Boultons u.c. (Boulton et al., 2008), sakot, ka pazemes ūdenim iespējams ir galvenā nozīme R kanālu ūdens padevē (par R kanāliem skat. tālāk), īpaši, kad ledus sega pārklāj zema reljefa teritoriju; pazemes ūdenim, kas ir savienots ar zemledāja kanāliem ir galvenā loma zemledāja hidrauliskā spiediena režīma noteikšanā, un tādejādi arī pazemes ūdens nosaka ledāja dinamisko režīmu. Osu sistēmu ģeometrija ir pazemes ūdens – zemledāja kanālu saiknes izpausme, un šāda saikne ir „atslēga” noteces sistēmām zem mūsdienu ledājiem.

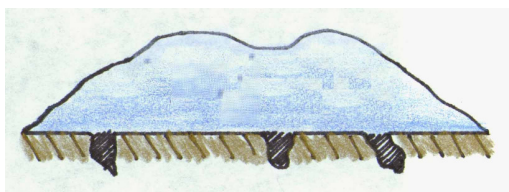
Galvenie zemledāja noteces tipi ir šādi:

1. Nošķirtās sistēmas:

- Rēthlisbergera (Röthlisberger) kanāli (R – kanāli) – iegrauzti ledū;
- Nye kanāli (N – kanāli) – iegrauzti iežos vai nogulumos;



1.2. attēls. **R kanāli** (<http://www.homepage.montana.edu/~geol445/hyperglac/meltwater2/>, skatīts 01.05.2009).



1.3. attēls. **N kanāli** (<http://www.homepage.montana.edu/~geol445/hyperglac/meltwater2/>, skatīts 01.05.2009).

- Tuneļu ielejas – iegrauztas iežos vai nogulumos.

2. Dalītās sistēmas:

- Ūdens kārtiņa starp ledu un pamatiežiem;
- Savienots dobumu tīkls – starp ledu un nogulumiem;
- Zarots kanālu tīkls – starp ledu un nogulumiem;
- Porūdens plūsma (Darsi plūsma) – subglaciālajos nogulumos.

Nošķirtās drenāžas sistēmas ir efektīvas kušanas ūdeņu transportētājas, ļaujot ūdeņiem plūst cauri labi savienotām kanālu sistēmām. Pretēji tam dalītās sistēmas ir neefektīvas, un kušanas ūdeņi plūst cauri līkumotiem maršrutiem pa slikti saistītiem tīkliem. Drenāžas tipam ir svarīga ietekme uz ledāja kustību, kontrolējot ūdens spiediena apstākļus pie gultnes.



1.4. attēls. Neliela zemledāja tuneļa portāls Pasterze ledājā Austrijas Alpos (autora foto, 2008).

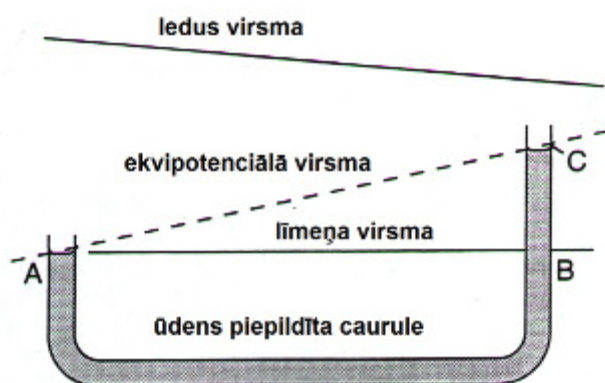
Kanālu sistēmas attiecas uz zarošanos, kokveida tuneļu tīkliem, kas veido efektīvus drenāžas ceļus, kur iespējams liels vienlaidu plūsmas daudzums. Ir apzināti divi fundamentāli zemledus kanālu tipi: R – kanāli, kas ir iegrauzti augšup ledū un N – kanāli, iegrauzti lejup ledāja gultnē. R kanāli daudzējādi ir līdzīgi iekšledāja kanāliem, principiālās atšķirības ir tādas, ka R kanālu pamatnē visdrīzāk būs ieži, nevis tie būs pilnībā ledus apņemti. R kanāli saglabājas atvērti, jo tuneļa sienas kūst frikcijas siltuma dēļ. Stabila stāvokļa apstākļos ūdens spiediens R kanālos ir zemāks kā spiediens apkārtesošajā ledū, sakarā ar to spiediens samazinās saistībā ar kanāla sienu kušanu, šī tendence palielina tuneļa izmēra diametru. Tādējādi lieli R kanāli tiecas iegūt ūdeni no mazākiem, izraisot sazarota tīkla attīstību. Vajadzētu atcerēties – tādēļ, ka tuneļi barojas arī no ledāja virsas ūdeņiem, stabila stāvokļa apstākļi var būt arī neparasti un spiediens R kanālos var tuvojies atmosfēras spiedienam, īpaši ledāja malas zonā (Benn, Evans, 1998).

Neapšaubāmi, R kanālu atveres, tā saucamie portāli, pie ledāja mēles satur tikai nelielu ūdens daudzumu salīdzinoši to izmēram, īpaši vēlīnā kušanas sezonā. Šis efekts daļēji izskaidrojams ar palielināto tuneļa sienu kušanu ārpuses siltā gaisa ietekmē dienas laikā.

Ceļu, kādu veic R kanāli nosaka gultnes hidrauliskais gradients. Līdzsvara apstākļos lielākā daļa hidrauliskā gradienta ir saistībā ar ledus virsmas slīpumu, un tikai nelielu daļu nosaka gultnes gradients. Ledājā ūdens plūsma ir aptuveni paralēla ledus plūsmai, ar nelielu novirzi gultnes topogrāfijas dēļ. Nelielā paaugstinājuma ietekme uz zemledāja hidraulisko potenciālu nozīmē to, ka R kanāliem nav jāseko gultnes slīpumam, bet tie var virzīties

šķērsām pāri nogāzei vai pat kalnup. Tā ir svarīga atšķirība starp zemledus kanāliem un virsas straumēm, kuru plūsmu kontrolē vienīgi paaugstinājuma atšķirības. Ieleju ledājiem gultnes daļas ir ievērojami stāvākas kā ledus virsma, tādēļ zemledāja topogrāfijas ietekme uz veidu kā ūdens plūst ir attiecīgi lielāka. Fakts, ka ieleju gultnes ir zemākas vidū kā sānos sliecas atbalstīt centrālās straumes attīstību dziļākajā daļā, ko baro pietekas no malām. Bet ledāja mēles daļā situācija var atšķirties. Tuvu ledāja malai ledus virsmas slīpums ir relatīvi lielāks un tāpēc izrāda lielāku ietekmi uz hidraulisko gradientu nekā gultnes slīpums. Ledāja mēlei parasti ir izliekts šķērsprofils, kurš tiecas vadīt zemledus ūdeņu plūsmu prom no centrālās līnijas un pretim malām. Šī tendence būs vairāk izteikta, kur laterālais ledus virsmas slīpums būs lielāks un ielejas sānu slīpums mazāks. Pierādījumi šim efektam eksistē vairākos ieleju ledājos, kur zemledāja straumes ir novērotas parādīties no marginālām pozīcijām.

R kanāli var virzīties augšup pa nogāzi, jo kad R kanāli, ko reprezentē osi nav savienoti ar atmosfēru un reaģē uz kriostatisko spiedienu, tie plūdis pāri pacēlumiem un nesekos topogrāfijai. Eskera apveids ledājā ir funkcija no spiediena gradienta (Benn, Evans, 1998). 1.5. attēlā ir redzams, kā ledus virsmas slīpums nosaka ekvipotenciālo virsmu, rezultātā ūdens var plūst augšup.



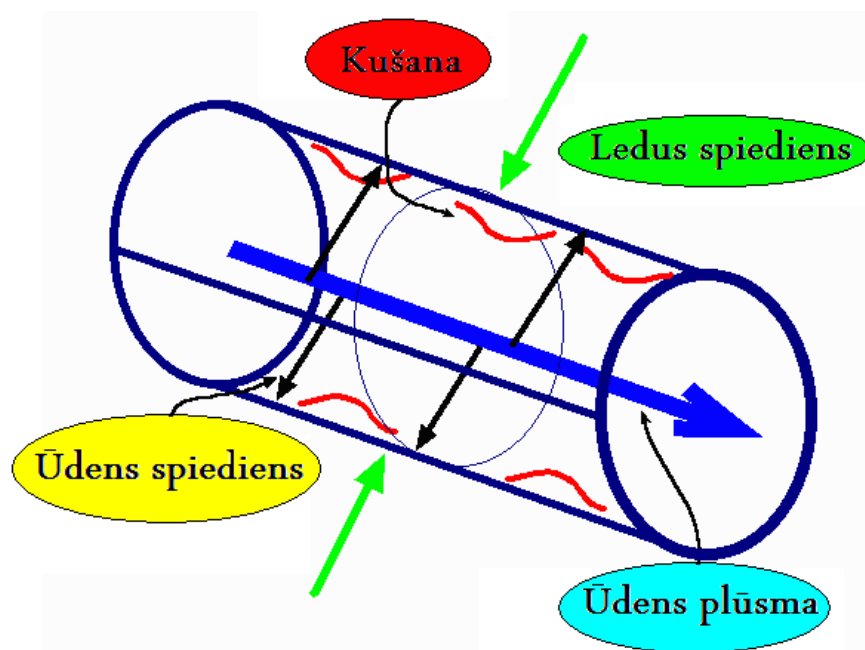
#### 1.5. attēls. Hidrauliskā potenciāla noteicošie faktori

([www.geography.otago.ac.nz/Courses/454/454\\_Water\\_in\\_Glaciers.ppt](http://www.geography.otago.ac.nz/Courses/454/454_Water_in_Glaciers.ppt), skat. 17.05.2009., ar autora pārveidojumiem).

Spiediens ir ļoti svarīgs faktors, kas nosaka kanālu pastāvēšanu, ūdens plūsmu, un līdz ar to osu veidošanos. Tātad, kā jau iepriekš minēts, ūdens plūsmu nosaka hidrauliskais potenciāls. Hidraulisko potenciālu nosaka ledāja virsmas slīpums un ūdens spiediens. Zemledāja kanāla apstākļos ūdens spiediens var variēt starp atmosfēras spiedienu un kriostatisko spiedienu (to nosaka ledus biezums un svars). Ūdens spiediens būs tuvs atmosfēras spiedienam, ja kanāls būs atvērts un nepilnīgi aizpildīts ar ūdeni, šādā gadījumā hidrauliskais potenciāls būs atkarīgs tikai no topogrāfijas kā virszemes straumēm. Ja ūdens spiediens līdzināsies kriostatiskajam spiedienam, ūdens būs spējīgs pat pacelt ledāju no tā

gultnes, veidojot zemledāja ezerus. Ūdens un kriostatiskā spiediena starpība ir zināma kā efektīvais spiediens. Ja ūdens spiediens ir nulle, tad efektīvais spiediens ir vienāds ar kriostatisko spiedienu un sasniedz savu maksimumu. Tā kā hidrauliskais potenciāls nosaka ledāja kušanas ūdeņu plūsmu virzienu, tās no plūdīs no vietas ar augstu hidraulisko potenciālu uz vietu ar zemu potenciālu, respektīvi, virzienā uz ledāja malu, tas izskaidro to, kāpēc osu telpiskā orientācija atbilst paša ledāja un tā kušanas ūdeņu plūsmu virzieniem.

R kanālu šķērs griezumam variē saskaņā ar balansu starp tuneļa palielināšanos kušanas dēļ un tuneļa samazināšanos ledus lēnas kustības un ūdens sasalšanas uz sienām rezultātā. 1.5. attēlā ir parādīta pretdarbība starp kušanu, ūdens spiedienu, kas paplašina kanālu un ledus plūsmas radīto spiedienu, kas cenšas kanālu aizvērt. Tunelis būs atvērts, kamēr saglabāsies liels ūdens spiediens. Ūdens spiedienam tuneļa iekšpusē ir jāpārsniedz ledus spiediens (Benn, Evans, 1998).



1.6. attēls. **Tuneļa veidošanās shēma** ([http://notendur.hi.is/~thorstur/science/jhlaup/pipe\\_flow.gif](http://notendur.hi.is/~thorstur/science/jhlaup/pipe_flow.gif), skatīts 01.05.2009., ar autora pārveidojumiem).

Kur notiek aktīva kušana, R kanāliem vajadzētu būt stāvi izliektiem frikcijas siltuma dēļ un tātad kušanas ātrums ir lielāks virs kanāla centrālās daļas, kur ir lielākais ūdens plūsmas ātrums. Kur notiek sasalšana, ir sagaidāms, ka R kanāli būs plati un zemi. Šie apgalvojumi nozīmē to, ka vajadzētu būt sistemātiskām variācijām R – kanāla šķērs griezumam tā garumā, jo kanāls virzās cauri lokālām kušanas un sasalšanas zonām. Īpaši tiem kanāliem, kuri virzās lejup, vajadzētu būt asi izliektiem, jo lejupejoša plūsma izraisa daudz lielāku kušanu. Pretēji, tiem kanāliem, kuri plūst augšup jābūt platiem un zemiem divu iemeslu dēļ. Pirmkārt, potenciālās enerģijas pieaugums, kas saistās ar kanāla paaugstinājuma palielināšanos nozīmē

to, ka mazāk enerģijas ir pieejams tuneļa sienu kušanai. Otrkārt, augstuma pieaugums nozīmē to, ka ūdens pārvietojas uz apgabaliem, kur ledus spiediens ir mazāks un kušanas punkts augstāks. Kopā abi šie efekti samazina to ledus daudzumu, kas varētu izkust no tuneļa sienām, un var pat izraisīt sasalšanu uz stāvi augšupejošu tuneļu sienām. Ir izrēķināts, ka sasalšana var notikt tuneļos, kuri virzās augšup ar gradientu 1,7 reizes lielāku par ledus virsmas gradientu. Osu šķērsprofilu analīzes, kuri reprezentē piepildītus R – kanālus, sniedz apstiprinājumu šim modelim (Benn, Evans, 1998).

Pastāv vēl kāds faktors, kas ļauj pastāvēt zemledāja kanāliem – ūdens spiediens kanālā ir proporcionāli pretēji saistīts ar kušanas ūdens izplūdi caur kanālu, respektīvi, pieaugot ūdens izplūšanai, spiediens kanālā samazinās. Sakarā ar to, ja ir divi savienoti kanāli, ūdens spiediens būs lielāks mazākajā kanālā, līdz ar to ūdens tieksies plūst no mazākā kanāla uz lielāko. Šī parādība izskaidro to, kādēļ lielākie kanāli tiecas pieaugt uz mazāko kanālu rēķina un to kādēļ zemledāja kanālu tīkls tiecas attīstīties pēc dendrītiskā modeļa, kā arī to, kādēļ kušanas ūdens koncentrējas mazā skaitā lielu kanālu (Knight, 1999).

Iepriekšminēto procesu dēļ ir iespējama izteismīgu osu veidošanās, lai gan reizēm osi atspoguļo dendrītisko noteces tīklu, kas reljefā parādās kā nelieli sānu osi.

Viss, kas minēts iepriekš par kušanas ūdeņu plūsmām R kanālos, ir attiecināms arī uz osu veidošanos, kas galvenokārt noris tieši šādos kanālos. Vēl vairāk autori pat uzsver, ka osi reprezentē piepildītus R kanālus, respektīvi, pēc osu morfoloģijas un uzbūves var spriest par kanāliem, kuros tie ir veidojušies. Tomēr, balstoties arī uz lauka darbu rezultātiem, jāsaprot, ka ne vienmēr var apgalvot, ka osi veidojas tipiskos R tuneļos, jo bieži vien zem osa ir konstatēti iegrauzumi pamatiežu virsā, kā arī osa nogulumos ir konstatēts lokālais pamatiežu materiāls, kas liecina par to, ka zemledāja gultne ir tikusi daļēji erodēta, rezultātā jāsecina, ka arī R tuneļi var nedaudz iegrauzties zemledāja gultnē. Līdzīgu kanālu tipu izdala P.G. Knaitis (Knight, 1999) norādot, ka R kanāli var iegrauzties mīkstos zemledāja nogulumos, šādā gadījumā, tie būs zemāki un plakanāki kā tipiskie R kanāli.

Kā skaidro D.I. Benns un D.J.A. Evans (Benn, Evans, 1998), N kanāli ir iegrauzti ledāja gultnes iežos. N kanālu eksistence norāda uz to, ka erozija un ūdens plūsma ir koncentrēta tādā pašā virzienā. Šāda ūdens plūsmas virziena konsekvence ļoti iespējams ir sastopama tur, kur gultnes topogrāfija izrāda lielu ietekmi uz hidraulisko gradientu, tādās vietās kā stāvās ielejās vai nelīdzenās ledāja gultnēs. Zarojošas kanālu sistēmas var būt arī iegrauztas zemledāja nogulumos, un var sasniegt iespaidīgus izmērus tuneļieļu gadījumā.

Par tuneļieļu (subglaciālo gultņu) veidošanos O' Kofaits (O' Cofaigh, 1996) min trīs iespējamus variantus.

Pirmajā variantā subglaciālo straumju erozija savienojumā ar deformēto nogulumu lēnu pārvietošanos uz erozijas iecirkņiem, kur tie tiek noskaloti ar ledājūdeņiem. Tādējādi, ledāja gultnes nogulumu virsma pazeminās, veidojot ieleju. Faktiskais ielejas izmērs ir ievērojami lielāks nekā straumes gultne konkrētajā momentā. Dažos gadījumos gultnes dibenā veidojas osi, kuri var atspoguļot zemledāja tuneļa patiesos izmērus.

Otrajā variantā tuneļieleja var veidoties ledāja atkāpšanās (retreat) laikā zemledāja ūdens plūsmām nogulumus izskalojot ledāja malā vai tās tuvumā. Šajā gadījumā ielejas ir jaunākas augšup pa straumi un attīstās regresīvi telpā, bet transgresīvi laikā. Subglaciālās straumes var būt saistītas ar jokulhlaupiem – katastrofāliem zemledāja plūdiem.

Trešajā variantā tuneļieleju sistēmas rodas vienlaicīgi ar katastrofāliem zemledāja plūdiem. Pretstatā laika ziņā transgresīvajam attīstības modelim, katastrofālo plūdu gadījumā veidojas integrēts (saistīts) lielmēroga zarots tuneļieleju tīkls.

N tuneļiem ir liela saistība ar tuneļielejām. Irdeno iežu veidotā ledāja gultnē izskalošanas process būs daudz efektīvāks un izraisīs tā saukto subglaciālo gultņu jeb tuneļieleju veidošanos. Ātrai zemledāja noteces sistēmai nomainot lēnās noteces sistēmu, tuneļielejas var tikt aizpildītas ar sanesām, un veidojas apraktās ielejas vai pat osi. Jāpiezīmē, ka aprakto ieleju rašanās šādā veidā ir tikai viens no daudzajiem aprakto ieleju veidošanās mehānismiem.

Vēlreiz jāuzsver, ka osi var veidoties pat tuneļielejās, mainoties ledāja noteces sistēmas efektivitātei, tomēr arī osi ir R tuneļu īpašais tips. Tie ir zemledāja tuneļi, kas parādās ainavā kā grēdas pēc ledāja nokušanas. Atkarībā no R kanālu īpašībām var veidoties 3 veidu osi:



1.7. attēls. **Asmuguras oss jeb vaļņveida oss**

(<http://www.homepage.montana.edu/~geol445/hyperglac/meltwater2/>, skatīts 01.05.2009).



1.8. attēls. **Platmuguras oss jeb jostveida oss.**

(<http://www.homepage.montana.edu/~geol445/hyperglac/meltwater2/>, skatīts 01.05.2009).



1.9. attēls. **Grēdveida oss jeb apvaļņotais oss**

(<http://www.homepage.montana.edu/~geol445/hyperglac/meltwater2/>, skatīts 01.05.2009).

Vaļņveida osa veidošanos nosaka vairāki aspekti. Sanesas tiek noguldītas gar kanāla malām, kur ūdens plūsmas ātrums ir vismazākais. Atvieglota kušana sekmē tuneļa augstuma palielināšanos tuneļa griestu daļā. Principā vajadzētu veidoties šauram vaļņveida osam, piemēram, Krūškalnes oss, Lielie un Mazie Kangari.

Platmuguras osa veidošanos nosaka šādi aspekti. Ja kušanas ūdeņu pieplūdi un zemledāja kušanu nodrošinošais siltums mazinās, tad netiks sasniegta kušanas temperatūra un ūdens zemledāja tunelī sāks atkārtoti sasalt. Zemledus tunelis paplašināsies tikai tad, ja tuneļa ledus sienas, kas atrodas kontaktā ar tekošu kušanas ūdeni, sāks kust. Paplašinoties tunelim, kušanas ūdeņu straumes ātrums samazināsies, kas sekmēs straumes turbulences mazināšanos, sanesu vienmērīgāku izgulsnēšanos un tuneļa gultnes izlīdzināšanos. Iespējams, ka šī tipa osi Latvijā un citos pleistocēna segledāju apgabalos netiek fiksēti.

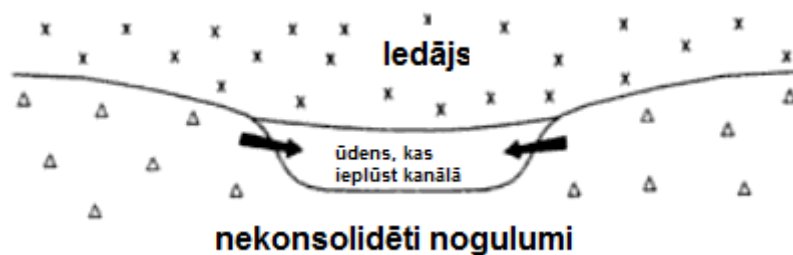
Grēdveida osa veidošanās var notikt vietās, kur zemledāja gultnes virsmas topogrāfija ietekmē osu izvietojumu, respektīvi, ir zudusi hidrostatiskā spiediena kontrole, kanāls var sākt migrēt vietās, kur tā gultnes kritums sakrīt ar ledājūdens plūsmas virzienu. Sanesas tiks noguldītas atkarībā no zemledāja kušanas ūdeņu gultnes migrācijas un veidosies divas vai vairākas osu vaļņveida grēdas uz kopēja pacēluma (Zelčs, 2007).

V. Zelčs (2009) ir izvirzījis arī šādu hipotēzi: „visi trīs osu paveidi atspoguļo dažādus ledāja gultnes topogrāfijas krituma un piesātinājumā ar sanesām kontrolētu osu veidošanās procesu un, iespējams, secīgu ģenēzi atkarībā no ledāja bazālās daļas termālajiem apstākļiem, kriostatiskā spiediena ietekmes, ledājūdeņu noteces apjoma un piesātinājuma ar sanesām: 1. Sākotnējā fāze – vaļņveida osa veidošanās; 2. Tuneļa paplašināšanās fāze, noteces pieauguma un plakanmuguras osa veidošanās; 3. Sanesu akumulācijas izraisīta tuneļa garenkrituma samazināšanās, kušanas ūdeņu straumes piesātināšanās un zarošanās, iespējams ledus pārseguma (“tuneļa griestu”) ieogrūšana”.

Ledāja tuneļu veidošanos lielā mērā iespaido ledāja gultnes ieži. Parasti tiek izdalīti divi ledāja gultnes veidi – cietas un mīkstas gultnes. Ir svarīgi, vai ledāja gultni veido pamatieži vai arī kvartāra nogulumieži, nereti zemledāja gultnē sastopami pamatieži, jo virsējā kvartāra nogulumu sega ir erodēta, bet bieži tā ir paša ledāja uzvirzīšanās etapā noguldīta morēna, kas pārsvārā ir ūdens caurlaidīga un viegli deformējama.

Ja ledāja gultne ir cieta un ūdensnecaurlaidīga, kušanas ūdeņu plūsma galvenokārt izpaužas kā plāna ūdens plēve, pa kuru var notikt ledāja bazālā slīdēšana, kanālu sistēmas (galvenokārt R kanāli) un savienotu dobumu sistēmas. Savukārt, ja ledāja gultne ir mīksta – ūdenscaurlaidīga un deformējama, izplatītāka ir porūdens plūsma un plūsma kanālos, kas ir iegrauzti zemledāja nogulumos. Porūdens plūsma eksistē zemledāja ūdensnesējslānī, pēc ledāja hidroloģijas modeļiem šim slānim būs ierobežots biezums un limitēta lejupejošā

plūsma, jo bieži tam pamatā būs ūdensnecaurlaidīgs slānis. Šādi gadījumi var būt, piemēram, morēna uz klintsiežiem, smilts uz māla. Autori secina, ka šāds ūdens novadīšanas veids ir ļoti neefektīvs, respektīvi, tādā veidā nav iespējams novadīt kušanas ūdeni, kas tipiski rodas ledājā, ūdens nesējslānis spējīgs akumulēt pavisam nelielu ledāja kušanas ūdeņu daļu, tādēļ, tam sasniedzot piesātinājumu ar ūdeni, notiek nogulumu deformācija, kā arī palielinātais ūdens spiediens mainīs ūdens plūsmas veidu, līdz ar to vienā gadījumā var attīstīties kanālu sistēma, iegrauzta nogulumos, bet otrā gadījumā ūdens plūsma notiks virs ūdensnesējslāņa – nogulumu un ledus saskares zonā, tad var attīstīties ūdens plēves plūsma vai pie lielāka kušanas ūdeņu daudzuma ūdens plūsma kanālos. Tomēr kanālu izveidē lielākā nozīme visdrīzāk būs nogulumu erozijai. Šādi kanāli, kas ir iegrauzti zemledāja nogulumos, piemēram, neviendabīgā morēnā nespēs pilnīgi attīstīties, to sienas iebrukšanas un nogulumu sāniskās pieplūdes dēļ, rezultātā visa ledāja gultne pazemināsies, un var pat veidoties tuneļielejas (1.10. att.).



1.10. attēls. **Tuneļielejas veidošanās ūdens plūsmas un nogulumu erozijas rezultātā** (Knight, 1999, ar autora pārveidojumiem).

Interesanti, ka kanāliem zemledāja nogulumos, kā to ir aprēķinājis Brauns u.c. (Brown et al., 1987) jābūt izkārtotiem ar 2 līdz 5 km atstarpēm, lai varētu uzkrāties pietiekams ūdens daudzums (Knight, 1999).

Principā attiecībā uz mīkstām gultnēm pastāv daudz dažādu teoriju, jo pieņēmumi bieži vien tiek balstīti uz teorētiskiem modeļiem, kad tie tiek pārbaudīti reālos apstākļos, viss izrādās nedaudz savādāk, ir ļoti daudz faktoru, kas jāņem vērā, lai modelētu zemledāja noteci. Ir daudz iespējamo variantu kā tā varētu attīstīties.

Attiecībā uz mīkstām gultnēm ir vēl viena teorija. Kad ūdens nespēj iesūkties nesējslānī, situācija var kļūt analoga cietas gultnes apstākļiem. Viņi ieteica divus noteces kanālu veidus, kas var veidoties šādā situācijā – R kanāli uz nogulumu pamata, kas var eksistēt pie augsta efektīvā spiediena, un plati, sekli kanāli ar ledus griestiem iegrauzti nogulumos (ekvivalenti N kanāliem), kas eksistē pie zema efektīvā spiediena. Viņi atklāja, ka pie zema gradienta, tipiski segledājiem, var attīstīties tikai nogulumos iegrauzti kanāli, bet pie liela gradienta (ieleju ledājos) var attīstīties abu veidu kanāli (Knight, 1999).

Runājot par gultņu iedalījumu cietās un mīkstās gultnēs, jāņem vērā, ka Latvijā nav tipisku cieto gultņu, kas ir veidotas no klintsiežiem, bet par cietām gultnēm var uzskatīt tās, kuru pamatā ir dolomīti, bet mīkstas gultnes pārsvarā veidotas no terigēniem iežiem. Protams, ne vienmēr gultnes var tik strikti iedalīt divos veidos, jo ir tādi nogulumieži, kā, piemēram, morēna, kas var būt ļoti atšķirīga, vienā gadījumā ar lielu ūdenscaurlaidību, otrā ar mazu. Kā jau skaidrots iepriekš, osi pārsvarā veidosies uz cietām gultnēm



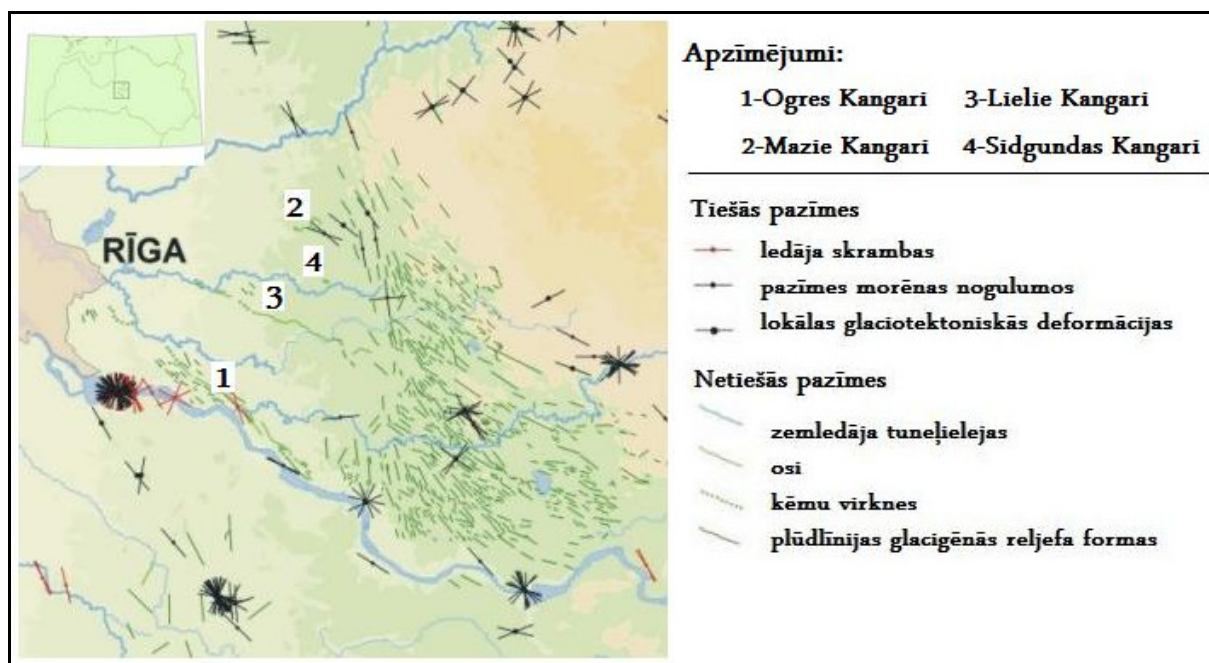
1.11. attēls. Osu izplatība Ziemeļamerikā (Clark, Walder, 1994).

Ledāja gultnes ir labi izskaidrojuši arī D.I. Benns un D.J.A. Evans (Benn, Evans, 1998).

Šeit apskatīšu ledāja gultnes ietekmi tieši uz osu veidošanos. Kā jau ir minēts arī iepriekš osi parasti veidojas uz cietām gultnēm. Osi ir raksturīgi cietu gultņu teritorijām, jo ūdens plūsma kanālos ir iespējama ledus – gultnes saskarzonā. Viņi izteica viedokli, ka osi būs reti sastopami teritorijās ar mīkstu, deformējamu gultni, jo tur noteci visdrīzāk veidos dalītās kanālu sistēmas un porūdens plūsma. Šo viedokli ļoti labi pierāda 1.11. attēls, kur redzama osu izplatība Ziemeļamerikā, parādot Viskonsīnas ledāja robežu un robežu starp Kanādas vairoga kristāliskajiem iežiem un jaunākiem nogulumiežiem. Osu koncentrācija ir novērojama otrajā zonā. Pirmajā zonā sastopami tikai nelieli, atsevišķi osu pauguri. Osi mēdz veidoties arī uz mīkstas gultnes, dažos gadījumos virs drumliniem un citām gultnes formām, bet viņi būs neizteiktāki, mazāki.

## 2. PĒTĀMĀS TERITORIJAS ĢEOLOĢISKS UN ĢEOMORFOLOĢISKS RAKSTUROJUMS

Pētāmā teritorija atrodas Viduslatvijas zemienes ziemeļaustrumu daļā starp Vidzemes augstieni un Daugavas senieleju. Tur samērā paralēli ir izvietojušās četras Kangaru osu sistēmas – Ogres Kangari, Lielie jeb Suntažu Kangari, Mazie jeb Allažu Kangari un Sidgundas Kangari. (2.1. att.) Vidējais attālums starp Ogres, Lielajiem un Mazajiem Kangariem ir 13 km. Sidgundas Kangari atrodas vienādā attāluma starp Mazajiem un Lielajiem Kangariem. 2.1. attēlā ir redzams ne tikai Kangaru osu novietojums, bet ir attēloti dažādi Latvijas apledojuuma ledāja plūsmas indikatori, līdz ar to attēls sniedz priekšstatu par ledāja kādreizējo kustību, kur dominē ZR – DA virziens, bet nedrīkst aizmirst, ka Viduslatvijas lobam ir bijis diverģents raksturs, un tas ir bijis sadalīts vairākās mēlēs.



2.1. attēls. Kangaru osu izplatība un pēdējā apledojuuma ledāja plūsmas virzienu indikatori (Zelčs V., Markots A., Dzelzītis J, ar autora papildinājumiem).

Ir diskutējams jautājums par Kangaru osu novietojumu Madlienas nolaidenumā un Ropažu līdzenumā. Vadoties pēc Latvijas ģeoloģiskās kartes – dabas apvidus kartēm (Meirons, Šterna, 2002; Juškevičs, 2000), Kangaru osi atrodas lielākoties Ropažu līdzenumā (2.2. att.). Šajā rajonēšanā par Madlienas nolaidenuma A robežu ir pieņemta Silciema sprostezera iespējamā krasta līnija. Madlienas nolaidenuma A robežu ir iespējams vilkt arī pa Baltijas ledus ezera krasta līniju, šādā gadījumā Kangaru osi atrastos tikai Madlienas nolaidenumā. Tomēr jāatzīst, ka esošais dalījums ir pieņemams, jo abas teritorijas jau ir

atšķirīgas. Madlienas nolaidenuma robežu pārceļot vēl uz R, tas būtu komplicētāks dabas apvidus, kuru būtu sarežģītāk raksturot kā vienu veselu.



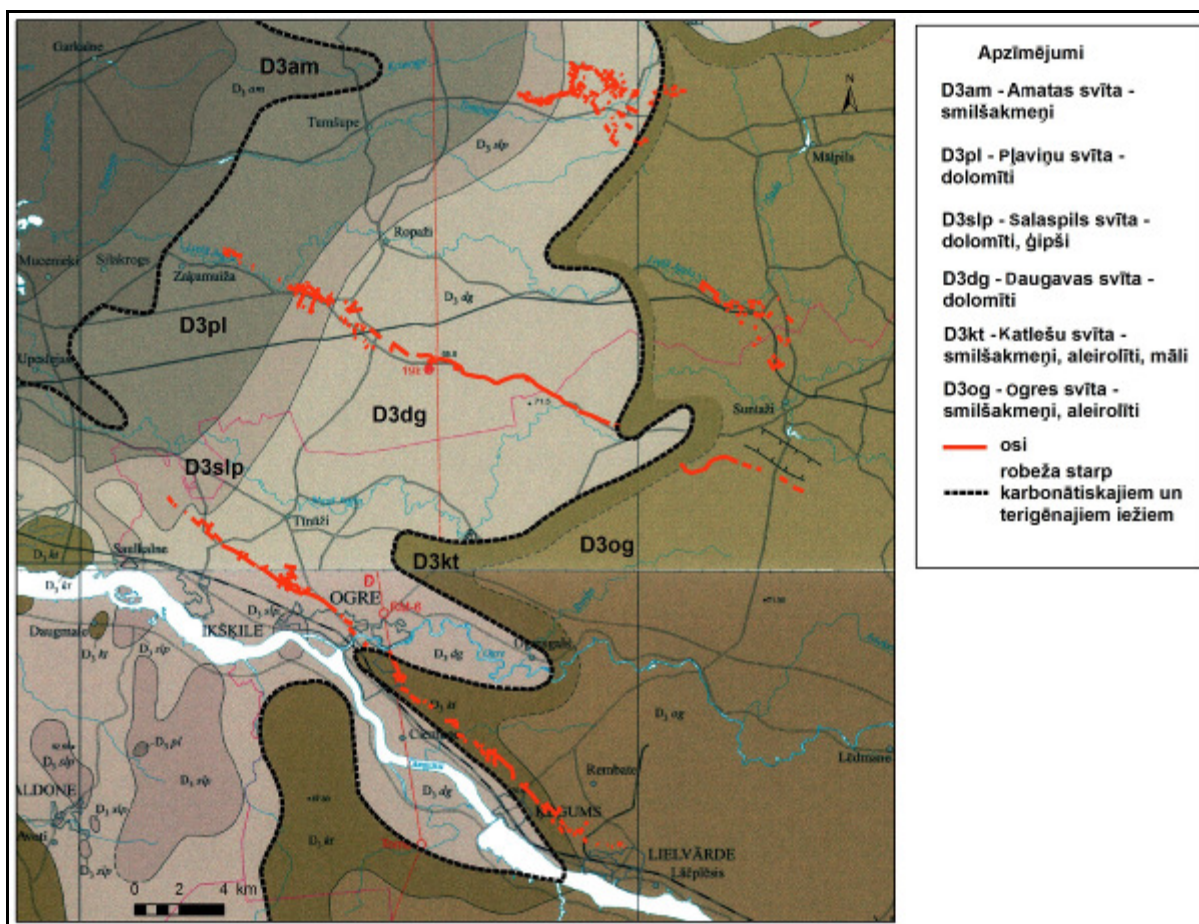
2.2. attēls. Dabas apvidus kartes mērogā 1: 500 000 fragments (Meirons, Šterna, 2002; Juškevičs, 2000, ar autora papildinājumiem).

Pētāmās teritorijas pamatiežu virsu veido augšdevona karbonātiskie, terigēnie ieži un sulfāti. Sastopamas šādas svītas – Amatas, Pļaviņu, Salaspils, Daugavas, Katlešu un Ogres svīta (2.3. att.). Vadoties pēc Latvijas ģeoloģiskās kartes paskaidrojuma teksta (Brangulis, 2000; Meirons Z., Misāns J., Mūrnieks A., 2002), 2.3. attēla apzīmējumos pie katras svītas ir norādīti tajā izplatītākie ieži, un ievilkta iespējamās robežas starp karbonātiskajiem iežiem un terigēnajiem iežiem. Tā kā šiem iežiem ir atšķirīga ūdens caurlaidība, tam kā ledāja gultnes materiālam ir ietekme uz zemledāja tuneļu veidošanos.

Pētāmajā teritorijā novilkta divas robežas, viena atdala Amatas svītas smilšakmeņus no Pļaviņu, Salaspils, Daugavas svītas karbonātiskajiem iežiem, ko veido pārsvarā pelēki – zilganpelēki dolomīti ar domerītu, mālu un ģipšu starpslāņiem, un otra robeža atdala Pļaviņu, Salaspils, Daugavas svītas karbonātiskos iežus no Ogres, Katlešu svītas terigēnajiem iežiem, ko veido dzeltenīgi pelēku smalk- un vidējgraudainu vāji cementētu smilšakmeņu un sarkanīgi brūnu vai raibu un zilganu mālu slāņu mija ar retiem līdz 10 – 20 cm bieziem dolomītu un domerītu starpslāņiem (Meirons, Misāns, Mūrnieks, 2002).

Kangaru osu izplatība kopumā nav atkarīga no zemkvartāra gultnes uzbūves, vismaz austrumos no terigēno un karbonātisko iežu litiskās robežas. Šajā apvidū osi ir sastopami arī

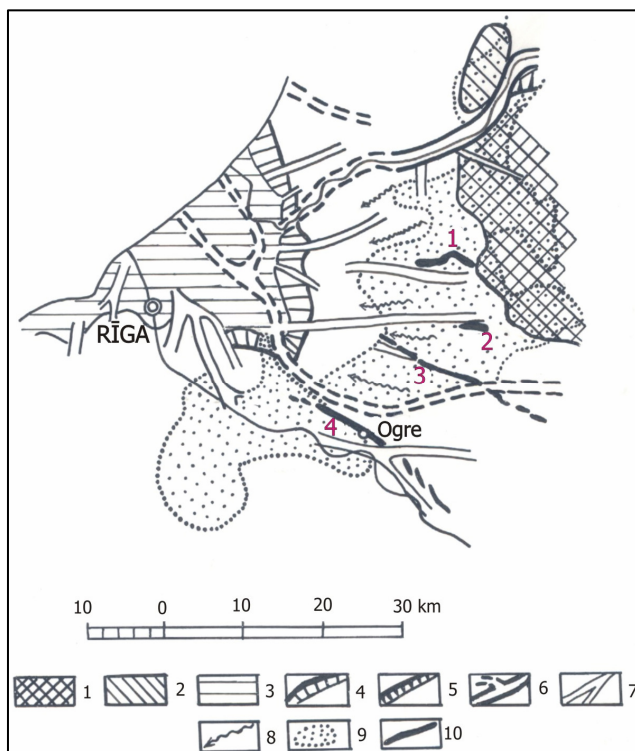
Ogres un Katlešu svītu teritorijā, kur pārsvarā dominē terīgēnie nogulumi. Kā norāda M. Ratas un J. Piotrovskis (Rattas, Piotrowski, 2003), tad terīgēnajiem nogulumiem ir ievērojamāki mazāka ūdenscaurlaidība nekā karbonātiežiem, jo karbonātiežiem ir izteikta horizontālā ūdens caurlaidība, kas pārsniedz ūdens vertikālo infiltrāciju terīgēnajos iežos. Tādējādi varētu secināt, ka zemledāja kušanas ūdeņiem karbonātiežu izplatības areālā vajadzētu infiltrēties gultnē un neveidot zemledāja tuneļus, kas neatbilst reālajai situācijai. Iespējamais skaidrojums ir tāds, ka ledāja kušanas ūdeņu uzkrāšanās zem ledāja pārsniedza gultnes iežu ūdenscaurlaidību, kas izsauca to noteci no ledāja gultnes pa zemledāja tuneļiem. Mazāk ticama varētu būt versija, ka apūdeņotā zemledāja gultnē karbonātiežos esošais ūdens bija sasalis, tādējādi sekmēja kušanas ūdeņu tuneļu veidošanos ledajā.



2.3. attēls. Pirmskvartāra nogulumu kartes mērogā 1: 200 000 fragments (Pomerancova, Brangulis, 2000, ar autora papildinājumiem).

Pētāmās teritorijas zemkvartāra virsa pakāpeniski pazeminās rietumu, vietām dienvidrietumu un ziemeļrietumu virzienā (2.4., 2.5. att). Absolūtā augstuma atzīmes mainās no 80 m vjl. Ziemeļaustrumu daļā līdz 20 m zjl. rietumu daļā. Sastopamas apraktās ielejas. Zemkvartāra virsās krituma dēļ ledāja kušanas ūdeņu straumes plūdušas pret nogāzi, gultnes topogrāfijai šajā gadījumā bija daudz mazāka ietekme.

Vēl būtu arī jāņem vērā, ka glacioizostāzijas dēļ zemkvartārās virsas kritums laikā, kad veidojās osi, bija vēl izteiktāks, līdz ar to hidraulisko gradientu noteica ledus virsmas slīpums, nevis gultnes topogrāfija. Zemkvartāra virsas kritums tieši Kangaru osu aizņemtajā teritorijā sasniedz maksimāli 60 m (2.5. att.). Ja izrēķina virsmas slīpumu uz 30 km, kas atbilst garākajai Kangaru osu sistēmai – Lielajiem Kangariem sanāk 0,1 grāds. Glacioizostāziskās pacelšanās gradients šajā teritorijā varētu būt 23 cm uz 1 km kopš Baltijas ledus ezera 2. stadijas, 335 grādu virzienā, tas ir ZZR – DDA virziens, kas ir tuvs osu telpiskajai orientācijai apmēram ZR – DA virzienā (Nartišs et al., 2008). Tātad, piemēram, Lielo Kangaru osu proksimālais gals ir pacēlies glacioizostāzijas ietekmē par aptuveni 5 m vairāk kā distālais gals, rezultātā osu veidošanās etapā zemkvartāra virsas kritums ir bijis apmēram 0,12 grādi (0,11 grādiem pieskaitot 0,01 grādu, ko dod glacioizostāziskā pacelšanās). Jāsaka, ka zemkvartāra virsas slīpums ir neliels, bet pietiekams, lai varētu teikt, ka kušanas ūdeņi daudzposmu plūduši pret nogāzi. Kā rāda ģeoloģiskie griezumumi (Krūmiņa, Vizule, 1980), osi bieži vien uzguļ tieši uz zemkvartāra virsas vai pat nelielos iegrauzumos tajā, Latvijas apledojuuma morēnas nogulumu ir sastopama tikai atsevišķās vietās.

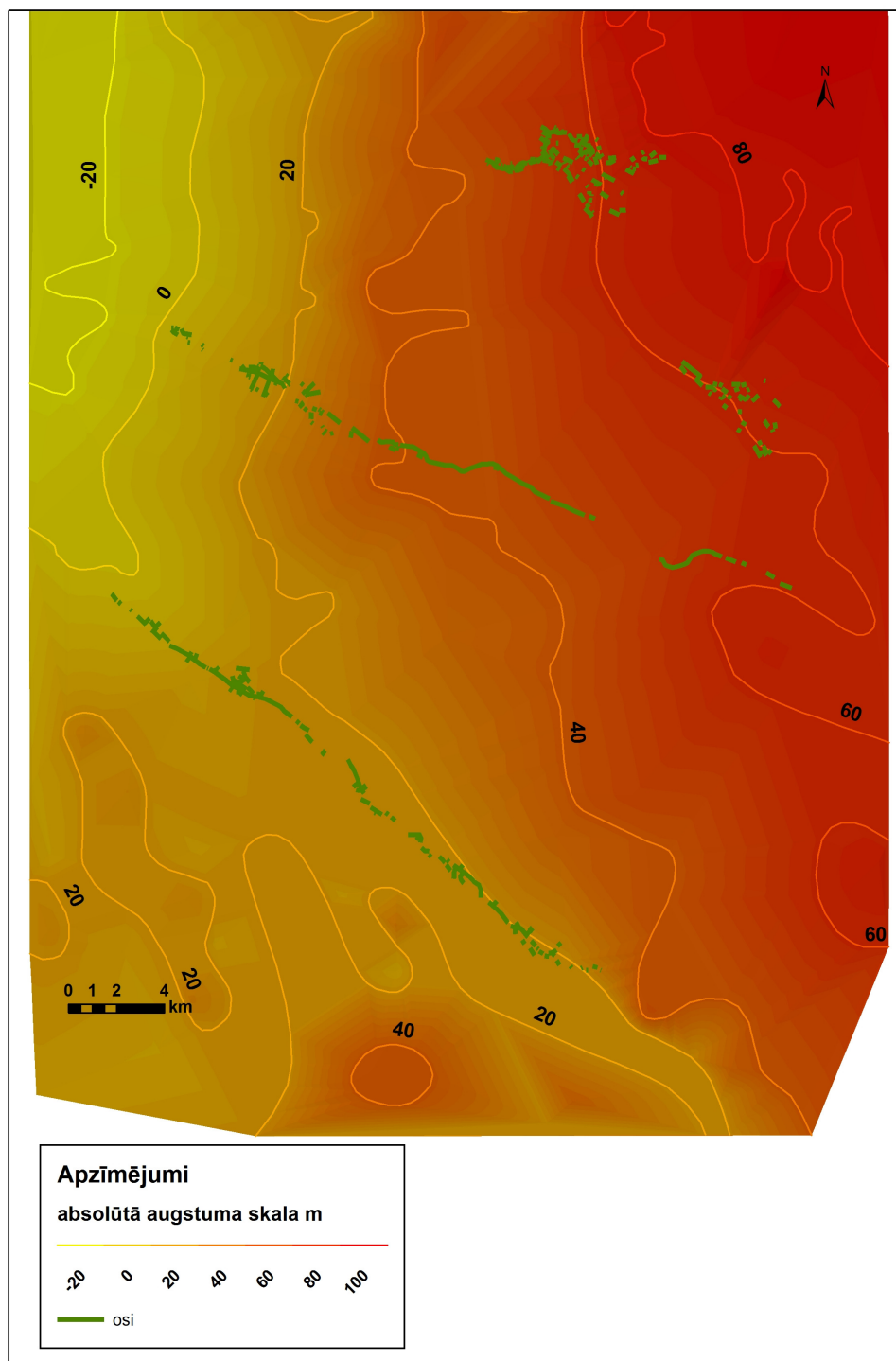


2.4. attēls. Kangaru osu izvietojums saistībā ar zemkvartāra virsas morfoloģijas un kvartāra nogulumu segas biezuma īpatnībām (Zelčs, 1986).

1 = subkvartārās virsmas Vidzemes lielpacēlums; 2 = Turaidas denudācijas paliksnis; 3 = Baltijas depresija; 4 = nogāze; 5 = kāple; 6 = konstatētās un iespējamās apraktās ielejas; 7 = apraktās lejas; 8 = subkvartārās virsmas krituma virziens; 9 = apvidus ar plānu, vietām pārtrauktu kvartāra nogulumu segu; 10 = osi: 1 = Mazie Kangari; 2 = Sidgundas Kangari; 3 = Lielie Kangari; 4 = Ogres Kangari

Arī E. Grīnberga (Grinbergs, 1957) sagatavotajā Latvijas piekrastes litoloģiski – ģeomorfoloģiskajā kartē var noteikt, kā notikusi glacioizostāziskā pacelšanās, to var noteikt pēc Baltijas ledus ezera krasta līnijām. Izrēķinot arī sanāk glacioizostāziskās pacelšanās

gradients Ropažu līdzenuma un Madlienas nolaidenuma teritorijā ir apmēram 20 cm ZZR – DDA virzienā, kas ir analogs jau iepriekšminētajam gradientam.



2.5. attēls. Kangaru osi uz zemkvartāra virsmas reljefa modeļa (sastādījis autors, izmantojot Zemkvartāra virsmas reljefa karti mērogā 1: 500000).

Kvartāra nogulumi (2.6. att.) pārklāj ledāja pārveidoto, erodēto devona iežu virsu nelielā biezumā. Pētāmās teritorijas rietumu, ziemeļu daļā – Ropažu līdzenumā kvartāra nogulumu biezums ir zem 10 m, pārējā daļā – Madlienas nolaidenumā pārsvarā no 10 līdz 20 m. Ielejveida iegrauzumā, dienvidos no Suntažiem norādīts, kvartāra nogulumu biezums 152 m.

Atsevišķos pauguros un grēdās kvartāra nogulumu biezums sasniedz 40 m (Juškevičs, 2000). Kvartāra nogulumiežu segas augšējo daļu veido Latvijas leduslaikmeta nogulumi. Lielu teritorijas daļu klāj glaciolimniskie nogulumi – smalkgraudaina un sīkgraudaina smilts, aleirīti un māli, kas austrumu daļā pāriet pamatmorēnas nogulumos. Morēna nogulumi ir brūns smilšmāls vai mālsmilts ar grants, oļu piemaisījumu un atsevišķiem dažāda lieluma laukakmeņiem. Morēna nav viendabīga, bieži sastopamas smilts, grants, arī māla un aleirīta starpkārtas un ieslēgumi, dažreiz sīki devona iežu atrauteņi. Glaciofluviālie nogulumi sastopami nelielās platībās, bet tiem ir liela nozīme atsevišķu, pauguru, paugurgrēdu, īpaši osu uzbūvē.



2.6. attēls. Latvijas kvartāra nogulumu kartes fragments (Juškevičs, 1995).

Ropažu līdzenumā kvartāra nogulumu augšējo daļu veido bijušā Baltijas ledus ezera un ledāja malas sprostezeru nogulumi (2.2. att.). Tie veido lēzeni viļņotu līdzenuma virsu, kas tāpat kā pirmskvartāra iežu virsa pazeminās dienvidrietumu virzienā. Ropažu līdzenumam ir raksturīgi 15 – 20 m augsti un plaši kāpu masīvi. Šie kāpu masīvi vietām sastopami ļoti tuvu Kangaru osiem, Mazo Kangaru proksimālajā daļā tie pat pārklāj glaciofluviālos nogulumus. Vietām virs līdzenuma paceļas atsevišķi morēnas pauguri, osi, iegareni kēmu pauguri. Kvartāra nogulumu biezums reti pārsniedz 10 m. Kvartāra nogulumi galvenokārt sastāv no dažādgraudainas, pārsvarā smalkgraudainas smilts ar aleirīta starpkārtām slāņa pamatnē. No dziļāk gulošajiem devona iežiem šos nogulumus atdala tikai dažus metrus bieža Latvijas leduslaikmeta morēna. Bieži tā ir stipri izskalota vai pat pilnīgi noskalota. Kangaru osu ģeoloģiskajos griezumos (Krūmiņas, Vizules, 1980), kas ievietoti 1. – 3. pielikumā arī var redzēt, ka vietām zem glaciofluviālajiem nogulumiem ir morēnas nogulumi, bet citur dolomīts. Lielākoties gan urbumu dati ir bijuši nepietiekami, lai uzzinātu, kādi ieži atrodas zem glaciofluviālajiem nogulumiem.

Madlienas nolaidenuma (2.2. att.) reljefam ir vairāk īpatnību kā Ropažu līdzenumam. Nolaidenuma mūsdienu reljefa raksturīgākās īpatnības ir saistītas ar tā atrašanos kontakta zonā starp aktīvo ledāja plūsmu Viduslatvijas zemienē un bremsēto, mazāk aktīvo Vidzemes augstienē. Šajā zonā noteicošā loma reljefa formu un to uzbūves izveidē bijusi glaciotektoniskajiem procesiem, īpaši sāniskajam spiedienam. To rezultātā izveidojās ledāja plūsmai paralēli orientētu vaļņu un atsevišķu pauguru vai paugurainu masīvu sistēmas, kas mijas ar viļņotu līdzenumu un plašām ieplakām. Pauguri sastāv no dislocētām, sabīdītām morēnas mālsmilts zvīņām ar devona iežu atrauteņiem un dažāda biezuma grants, smilts ieslēgumiem. Starppauguru pazeminājumus bieži pārskalojuši ledāja kušanas ūdeņi, pārklājot tos ar saviem nogulumiem un izveidojot sazarotu noteces ieleju tīklu, kurus tagad aizņem upes, strauti vai purvi. Zemes virsmas pazeminājumos seklos lokālos baseinos virs morēnas uzkrājās līdz dažiem metriem biezs smalkrgraudainas vai aleirītiskas smilts slānis. Kvartāra nogulumu sega Madlienas nolaidenumā veidota galvenokārt no Latvijas leduslaikmeta morēnas ar dažāda biezuma (pārsvarā līdz 3 m) aleirītiskas vai granšainas smilts, kuras biezums reti kad pārsniedz 5 m. Ielejveida iegrauzumā pie Suntažiem ir konstatēti arī senāku leduslaikmetu nogulumi (Juškevičs., 2000).

### 3. MATERIĀLI UN METODES

Lai uzrakstītu bakalaura darbu tika izmantotas dažādas vispārīgas un specializētas ģeoloģiskās un ģeogrāfiskās metodes.

Darba teorētiskajai daļai tika izmantota zinātniskās literatūras analīzes metode, kas ļauj iepazīt esošo informāciju par pētāmo objektu, veikt tās apkopojumu un noskaidrot turpmāku pētījumu teorētiskos virzienus. Latviešu valodā galvenā literatūra bija Vitālija Zelča publicētie un npublicētie materiāli latviešu un krievu un valodās, kā arī nedaudz Gunta Eberharda sagatavotās studiju grāmatas un Vernera Zāna osu pētījumi. No Ligītas Krūmiņas un Dainas Vizules diplomdarba (1980) vērtīgu informāciju sniedza viņu sagatavotie atsegumu zīmējumi un ģeoloģiskie griezumumi, tādēļ šajā darbā tie netika vēlreiz sagatavoti. Ģeoloģiskie griezumumi ir iekļauti darba pielikumā.

Liela daļa darba teorētiskā pamatojuma tika iegūta, izstudējot literatūru angļu valodā, galvenokārt balstoties uz šādiem autoriem un autoru kolektīviem – Douglas I. Benn, David J. A. Evans (1998); Knight Peter G. (1999). Atsevišķa informācija tika iegūta arī no citiem avotiem un jaunākām publikācijām. Tika izmantotas dažas sešdesmito gadu grāmatas krievu valodā, lai iegūtu informāciju par pētāmo teritoriju.

Ļoti liela nozīme šī darba izstrādē bija kartogrāfiskajai metodei. Bez šīs metodes pētījums par Kangaru osiem nebūtu iespējams, jo tā ir pamatmetode, pēc kuras notika iepazīšanās ar pētāmo teritoriju un osiem, vēlāk neskaidrie jautājumi tika pētīti lauka darbos. Tika izmantots kartogrāfiskais materiāls, kas pieejams LU ĢZZF datu bāzēs – PSRS Armijas ģenerālštāba topogrāfiskās kartes mērogā 1:25 000 un 1:10 000 un Latvijas ģeoloģiskās kartes mērogā 1: 200 000 un 1: 500 000, kā arī LĢIA sagatavotais Latvijas regulāra tīkla digitālais reljefa modelis ar soli starp punktiem 20 m. Karšu analīze bija galvenā metode, lai noskaidrotu osu izplatību, morfoloģiju, rekonstruētu to attīstības gaitu saistībā ar ledāja malas stāvokļiem, ko reprezentē osu centri jeb iekšējās deltas, kas ir labi redzamas kartēs.

Kartogrāfiskā metode tika izmantota arī, lai sagatavotu jaunas kartes, papildinātu kartes ar jaunu informāciju, izveidotu reljefa modeļus osiem. Reljefa modeļi tika veidoti pēc topogrāfiskajām kartēm mērogā 1:25 000, netika izmantots 1: 10 000 mērogs, jo, lai sagatavotu reljefa modeļus pēc šāda mēroga kartēm būtu nepieciešams divreiz ilgāks laiks, pēc 1: 25 000 mēroga sagatavotie reljefa modeļi pietiekami labi parāda vajadzīgo informāciju par osu morfoloģiju.

Karšu analīze un izveide notika izmantojot attiecīga ĢIS programmatūra, galvenokārt ArcĢis 9.2. (ArcCatalog, ArcMap, ArcScene) versija, bet sākotnēji tika lietota arī jaunāka versija, un vēlāk izmēģināta arī 9.3. versija. Nedaudz tika izmantota atvērtā koda programma

– Quantum GIS (versija 1.0.1.) un MicroStation PowerDraft XM Edition. Attēlu apstrādei tika izmantots Adobe Photoshop CS4.

Nedaudz tika izmantotas arī struktūrģeoloģiskās pētījumu metodes, lineāro struktūrelementu – oļu, kā arī telpiskās orientācijas analīze, kas tika pielietota pēc topogrāfiskajām kartēm un sagatavotajiem reljefa modeļiem. Oļu orientācija tika analizēta ar programmu StereoNet, izveidojot oļu linearitātes izolīniju un rozes diagrammas. Mērījumu dati tika iegūti no Ģeomorfoloģijas un ģeomātikas katedras datubāzes Olis.

Lai iegūtu jaunāko informāciju par osiem, tie, protams, vairakkārt tika apsekoti dabā, tika pielietota lauka darbu metode, kas ietver dažādas metodes lauka datu iegūšanai. Šī metode ir viskomplicētākā, un tai ir vislielākā nozīme pētījuma veikšanā. Tika pielietotas dažādas ģeoloģiskās metodes, kā, zondēšana, atsegumu analīze, slīpslāņojuma mērījumi, fotografēšana, vizuālie novērojumi. Lauka darbi tika veikti laikā no 2007. līdz 2009. gadam. Nozīmīgākie lauka darbi notika 2008. gada 1. un 2. novembrī kopā ar profesoru V. Zelču. Lauka darbos tika apsekoti Kangaru osi, īpaši visi atrastie karjeri, kur tika pētīti nogulumu atsegumi. Lauka darbu gaitā tika atrasti 5 karjeri, kuros ir saglabājušies atsegumi. Divos no tiem (Mazo Kangaru karjerā un Lielo Kangaru posma – Bajārkalni karjerā, 2 km uz ZA no



**3.1. attēls. Darba autors, veicot lauka darbus (foto – Zelčs, 2008).**

Dzelzceļa stacijas Bajāri, karjerā netālu no Lejasriekstiņu mājām (3.1. att.) notiek grants un smilts ieguve). Mazo Kangaru posmā – Lakangari atrodas divi karjeri, vienā tiem vēl pavisam nesen notikusi smilts – grants ieguve, otrā karjerā saglabājusies viena atseguma siena. Ogres Kangaru posmā – Augstie kalni atrodas Dubkalnu karjers, kur agrāk notikusi vērienīga smilts – grants ieguve, pašreiz karjers aizpildīts ar ūdeni, un tiek izmantots rekreācijas nolūkos, karjerā saglabājusies viena atseguma siena, pārējās karjera sienas ir erodētas nogāzu procesu rezultātā. Kangaru osos vēl ir saglabājušās atsevišķas vietas, kur agrāk bijuši karjeri, bet tur

nav saglabājušies atsegumi. Tika arī atrasti daži lokāla mēroga „karjeriņi”, kur varēja redzēt nogulumus. Neliels „karjeriņš” tika atrasts Lielo Kangaru osa sākumdaļā 320° virzienā 250 m no Raģīšu mājām, kur varēja gūt apstiprinājumu tam, ka nelielie pauguri patiešām ir osi.

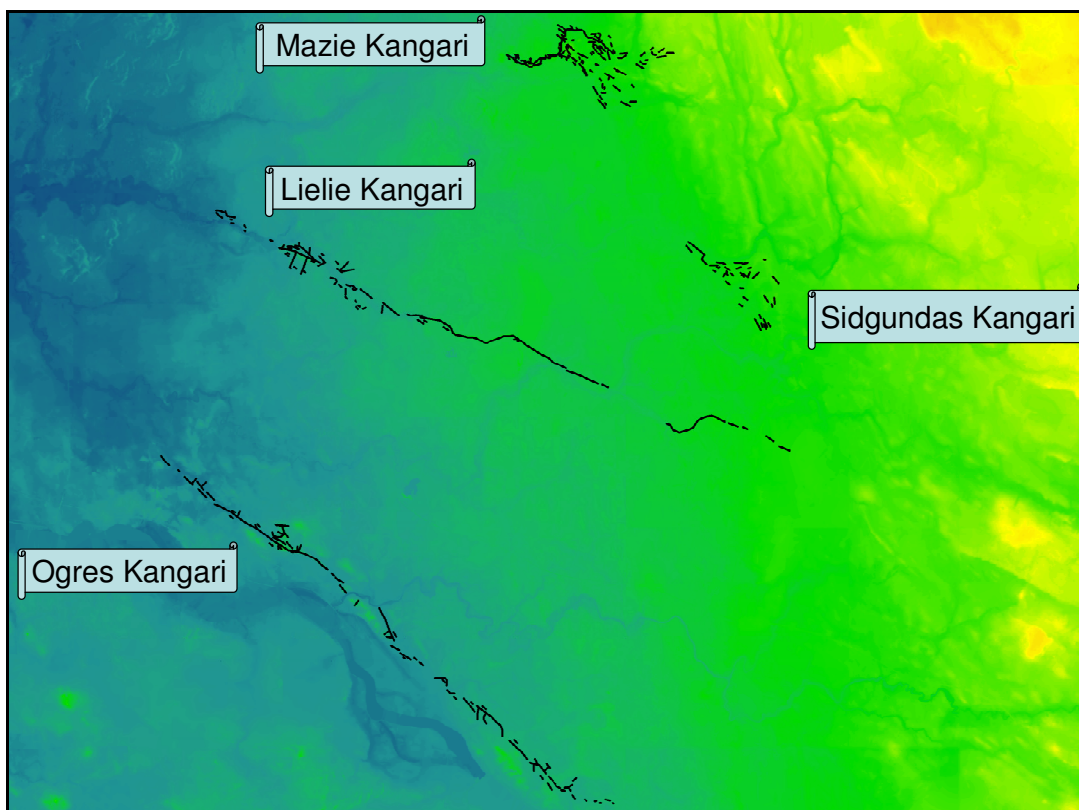
Tika izdarīti mērījumi ar ģeoloģisko kompasu (busoli), nosakot nogulumu krituma leņķi un azimutu. Lauka dati tika fiksēti ar digitālo fotokameru. Karjeros un citās nozīmīgās vietās osos tika fiksēti GPS punkti, izmantojot Magellan Platinum rokas GPS uztvērēju. GPS punkti pēc tam tika importēti ArcGIS vidē, lai varētu precizēt karjeru un citu objektu atrašanās vietu. Lai atsevišķās vietās precizētu nogulumu veidu un osu izplatību, tika izmantota ģeoloģiskā zondēšana.

Visa bakalaura darba izstrādes gaitā, it īpaši beigās tika izmantota kamerālā analītiskā metode. Tā tika izmantota, lai analizētu un interpretētu lauka darbos iegūtos datus, kā arī analizējot literatūras, kartogrāfiskā materiāla, tai skaitā paša izveidotā, datus. Šai metodei ir nepieciešamas visas bakalaura darba izstrādē iegūtās zināšanas, kā arī tā ir galvenā metode, kas nosaka bakalaura darba gala rezultātu.

## 4. PĒTĪJUMA REZULTĀTI

Pētījuma rezultāti tika iegūti, izmantojot zinātniskās literatūras studijās iegūtās atziņas, tās pielietojot kamerālo un lauka datu analīzē. Galvenie secinājumi tika izdarīti, balstoties uz kartogrāfiskā materiāla analīzi un lauka darbos iegūtajiem rezultātiem.

Šajā nodaļā tiks atspoguļoti tikai galvenie iegūtie pētījuma rezultāti, to sīkāka analīze, balstīta uz pievienotā teorētiskā materiāla, ir skatāma nākamajā nodaļā – diskusija un interpretācija.



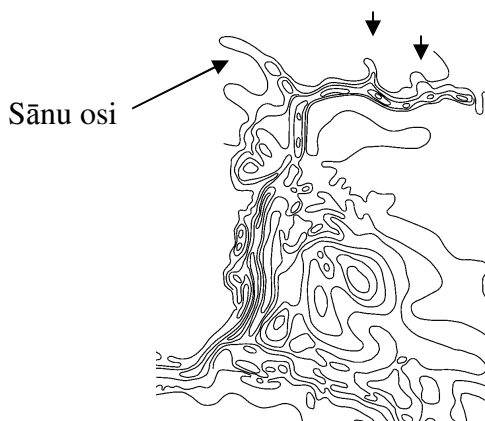
4.1.attēls. **Kangaru osu izvietojums uz Latvijas digitālā reljefa modeļa fragmenta** (sastādījis autors, izmantojot LĢIA sagatavoto Latvijas regulāra tīkla digitālo reljefa modeli ar soli starp punktiem 20 m un PSRS Armijas Ģenerālštāba topogrāfiskās kartes mērogā 1: 10000).

Kangaru osi (4.1. att.) ir veidojušies, apņemstot Zemgales loba ledus masām pēc Linkuvas aktivizācijas perioda. Vēl jāņem vērā, ka lobam bijis diverģents raksturs, un tas bijis sadalījies vairākās mēlēs (Sēlijas, Lobes un Augšrozēs). Iepriekšējos pētījumos ir uzsvērts, ka zemledāja gultnes nelīdzenumi izsaukuši sprieguma uzkrāšanos ledāja ķermenī, līdz ar to veidojušās plaisas, kuras aizpildījušās ar glaciofluviālajiem nogulumiem. Šādiem apgalvojumiem autors īsti nepiekrīt, jo ir vairākas liecības, ka Kangaru osi sākotnēji veidojušies zemledāja kanālos, kuri gan vēlāk varēja atvērties.

Veicot lauka darbus tika iegūti pierādījumi par to, ka osu veidošanās vismaz daļēji notikusi zemledāja tuneļos. Uz to īpaši norāda lielais vietējā pamatiežu materiāla, galvenokārt dolomīta, palielinātais saturs nogulumos. Lielo Kangaru proksimālajā daļā nelielos osa pauguros tika konstatēts rupjš dolomīta šķembu materiāls, ko ledājs ir transportējis pavisam netālu. Šāds materiāls ticis izskalots no zemledāja gultnes, ledājam iegrauzoties tajā un tas varēja notikt tikai zemledāja tuneļa apstākļos, pastāvot liela spiediena un spēcīgas ledāja kušanas ūdeņu straumes apstākļiem. Vēl viens pierādījums tam, ka osi sākotnēji veidojās zemledāja tuneļos, ir pamatiežu un kvartāra virsmas slīpums, samazinoties R virzienā. Osu veidošanās notikusi pret nogāzi, kas var notikt tikai tuneļu apstākļos. (par šo jautājumu ir detāls teorijas apskats pirmajā nodaļā, un pamatiežu virsas slīpums ir analizēts otrajā nodaļā).

Osiem ir raksturīgi deltveida paplašinājumi – osu centri, kur koncentrēts rupjgraudaināks materiāls, ko pārsedz smalkgraudaināki deltu nogulumi. Uzskatāms piemērs ir Augsto kalnu deltveidīgais paplašinājums, kur Dubkalnu karjera sienas atsegumā sastopams ļoti rupjš materiāls, sastāvošs oļiem un laukakmeņiem, no kuriem lielākie sasniedz pat 1 m garumu. Šos kodola fācijas nogulumus pārsedz smalkgraudainas smilts virsas fācijas nogulumi (5.2.1.1., 5.2.1.2. att.).

Distālajās daļās osi beidzas ar deltām, turklāt šie distālie gali izbeidzas Lielvārdes-Jūdažu ledāja malas veidojumu joslā. No tā var secināt, ka šie osi sākuši veidoties, ledājam atkāpjoties no samērā stacionāra stāvokļa, kad notika intensīva tā malas joslas kušana. Deltām raksturīgi smalkgraudaināki nogulumi virspusē. Arī osu centrus var saistīt ar kūstošā ledāja īslaicīgiem malas stāvokļiem.



4.2. attēls. **Sānu osi Mazajos Kangaros** (sastādījis autors pēc PSRS ģenerālštāba topogrāfiskajām kartēm mērogā 1: 25 000, pamathorizontāles ik pēc 5 m).

Kangaru osi veido osu sistēmas, kas ietver osu virknes, kad viens aiz otra novietoti osu vaļņi; osu grupas ar vairākiem paralēliem osiem. Sastopami arī sānu osi (4.2. att.) – atzarojumi no galvenā osa, kuru izcelsme ir saistāma ar zemledus tuneļu sistēmu, kad galvenajam tunelī pieplūst mazāki sānu tuneļi. Šāda noteces sistēma ir veidojusies, jo pastāv

šāda parādība – jo lielāka notece, jo zemāks ūdens spiediens, līdz ar to lielākie kanāli “notver” mazākos sānu kanālus, veidojot kokveida noteces tīklu. Šādi sānu osi īpaši izplatīti Mazajos Kangaros.

Uz osu vaļņu mugurām ir ļoti raksturīgas arī glaciokarsta ieplakas, kas veidojušās izkūstot aprimušā ledus blāķiem zem osa nogulumiem. Tās gan vairāk sastopamas grēdveidīgu osu daļās, kā arī osu centros. Daudz glaciokarsta ieplaku ir Augstajos kalnos.

Apsekojot Lielos Kangarus, tika precizēta to izplatība. Tika konstatēts, ka to proksimālais gals atrodas 2 km uz A no Zaķumuižas pie Birzkalnu mājām. To veido vairāku nelielu pauguru virkne. PSRS Armijas ģenerālštāba M 1:10 000 topogrāfiskajās kartēs redzamais paralēlais paugurs, savulaik ir ticis norakts, tāpēc mūsdienās reljefā nav vairs liecību par tā kādreizējo eksistenci. Osa distālais gals izsekojams uz D no Suntažiem, tālāk tika konstatēti vairāki iegareni drumlini. Garākais drumlins morfoloģiski atgādina osu, bet iekšējā uzbūve atbilst drumlinam, jo tam ir blīvas morēnas pārsegs.



4.3. attēls. Kangaru osu izvietojuma shēma attiecībā pret Lielvārdes – Jūdažu malas veidojumu joslu (sastādījis autors, izmantojot PSRS Armijas Ģenerālštāba topogrāfiskās kartes mērogā 1: 10000).

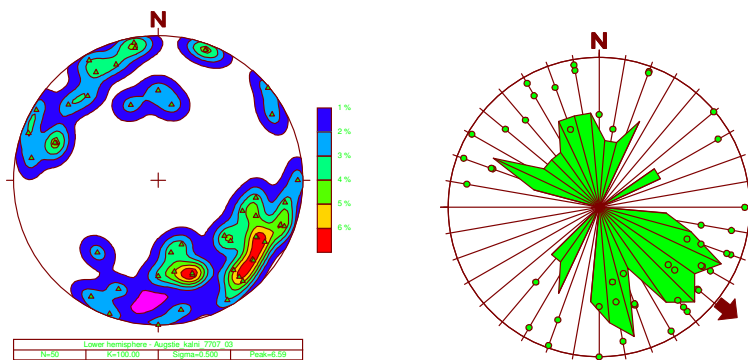
Īpatnēja ir Mazo Kangaru izplatība. To proksimālais gals ir aprakts ar Silciema sprostezera nogulumiem un iekšzemes kāpu smiltājiem. Kāpas ir pārpūstas vairākas reizes, par to liecina apraktā augsne. Distālā daļa izbeidzas ar plašu deltu, kas izzūd Lielvārdes – Jūdažu ledāja malas veidojumos. Tomēr pie Allažu Kalnalapaiņiem tika konstatēts osu grēdas turpinājums, kas izveidojies jau Gulbenes deglaciācijas fāzes laikā. (4.3. att.). Mazie Kangari veidojušies īpatnējā zemledus tuneļu sistēmā, ko veidoja divi paralēli tuneļi, kas vēlāk savā starpā savienojās ar tiem perpendikulāru tuneli, lielākā daļa kušanas ūdeņu tika pievadīta perpendikulārajam tunelim. Acīmredzot ir notikusi spiediena maiņa. Abu paralēlo tuneļu galos vēlāk izveidojušās deltas.

Interesants ir Ogres Kangaru novietojums. Tie ir veidojušies Sēlijas un Lobes ledus mēļu sateces zonā. Par to liecina osveidīgie pauguri, kas novietoti paralēli Ogres Kangariem.

Šie pauguri morfoloģiski nedaudz atgādina osus, bet tie ir platāki, ar mazāk stāvām nogāzēm un saposmotāku virsmu. Šo pauguru izcelsme saistāma ar ledāja sānu morēnu, kas ir glaciotektoniski deformēta. Balstoties uz R. Hindmaršu un K. Stouksu (Hindmarsh, Stokes, 2008), šos paugurus varētu identificēt kā ledāja atšķelšanās sānu morēnas, kas veidojušās bīdes zonā, pastāvot aprimušam ledum, kur veidojās osi, bet blakus notikusi aktīva ledāja kustība, kas gar aprimušā ledus malu sastūmusi morēnas materiālu.

Pēc Kangaru osu apsekošanas var secināt, ka osus veidojušo nogulumu granulometriskais sastāvs var mainīties no māla līdz pat laukakmeņiem. Bieži novērojami sezonālie nogulumi, kad aktīvajā kušanas sezonā uzkrājās rupjāki, galvenokārt grants glaciofluviālie nogulumi, bet ziemas sezonā lēnu straumju nestie smalkgraudainie vai pat baseina nogulumi, galvenokārt aleirīti, nereti māli. Nogulumos dominē lēzeni paralēlais slāņojums un slīpsslāņojums.

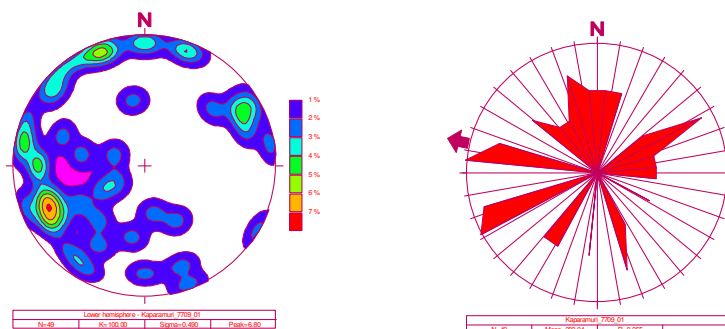
Kangaru osu pētījumos nedaudz tika izmantoti dati par oļu linearitāti, kas ir viens no ūdens paleotraumju un ledāja paleoplūsmu vai lokāla spiediena virziena indikatoriem. Lai noteiktu ledāja kušanas ūdeņu plūsmu raskturu jāņem vērā, ka straumes var mainīt tecēšanas virzienus, īpaši spiediena izmaiņu rezultātā, glaciofluviālie nogulumi arī var tikt deformēti, un oļu linearitātes analīze var neatspoguļot kušanas ūdeņu plūsmu virzienus, jo deformāciju rezultātā oļi var mainīt savu orientāciju. Lai iegūtu priekšstatu par šo metodi un to pielietotu kušanas ūdeņu plūsmu analīzē, tika veikta automatizētu apstrāde ar telpiski statistiskās analīzes datorprogrammu StereoNet. Oļu linearitātes dati tika vizualizēti divdimensiju un trīsdimensiju plaknē.



4.4.attēls. Augsto kalnu oļu linearitātes izolīniju (pa kreisi) un rozes – punktveida diagrammas (pa labi) (sastādījis autors, izmantojot datubāzi – Olis, veikti 50 mērījumi).

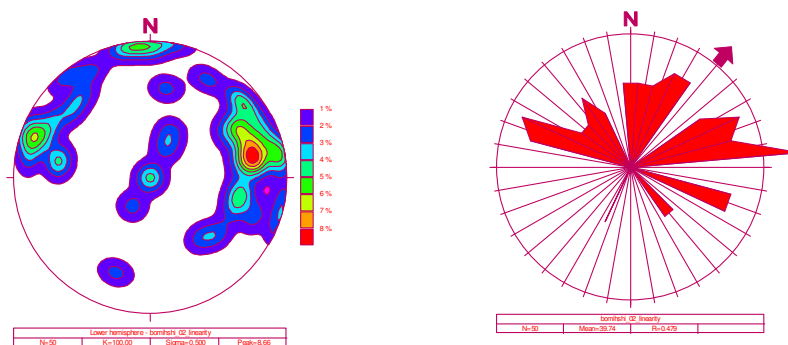
4.4., 4.5., un 4.6. attēlos ir redzamas rozes – punktveida diagrammas, kas atspoguļo oļu garenasu orientācijas sadalījumu (atkārtošanās biežumu) pēc krituma azimutiem un leņķiem un izolīniju diagrammas, kas parāda oļu linearitātes telpisko sadalījumu pēc garenasu krituma azimutiem, krituma leņķiem un novēroto gadījumu atkārtošanās biežumu.

Pēc 4.4. attēla izolīniju diagrammas nolasītais galvenais maksimums ir  $130^{\circ} 17'$  (biežums 6.59% no 100 gadījumiem), bet sekundārais maksimums, kas ir mazāks par 6% ir  $161^{\circ} 33'$ . Nolasījumi rozēs – punktveida diagrammā liecina par to, ka rezultējošais krituma azimuts ir  $128^{\circ}$ . Tas sadalās 2 virzienos attiecīgi  $165^{\circ}, 125^{\circ}$ . Augsto kalnu diagrammu nolasījumi principā parāda dominējošo oļu orientācijas virzienu – ZR – DA, tātad ledāja kušanas ūdeņiem vajadzētu būt plūdušiem ZR – DA virzienā, kā to apstiprina arī paša osu vaļņa orientācija. Tātad oļu linearitāte vēlreiz apstiprina ledāja kušanas ūdeņu plūsmu virzienu, kas sakrīt ar osa vaļņa orientāciju.



4.5. attēls. Oļu linearitātes izolīniju (pa kreisi) un rozēs (pa labi) diagrammas Ogres Kangaru Kaparāmurkalnu karjeram (sastādījis autors, izmantojot datubāzi – Olis, veikti 50 mērījumi).

4.5. attēlā redzamajās diagrammās var izdalīt vairākus krituma azimutus, bet principā šeit apmēram parādās divi virzieni – R – A virziens un Z – D virziens. Osa vaļņa orientācija ir RZR – ADA virzienā, kas gandrīz atbilst R – A oļu orientācijas virzienam. Z – D virziens ir izskaidrojams ar teoriju par gultnes sanesu pārvietošanos, respektīvi slīdšanasesas pārvietošanas ar slīdēšanu pa gultni, to garenasis ir orientētas paralēli ūdens plūsmas virzienam, savukārt vējšanesām raksturīga vējšanas pa gultni, garenasis vērstas šķērseniski plūsmas virzienam.



4.6. attēls. Oļu linearitātes izolīniju (pa kreisi) un rozēs (pa labi) diagrammas Bomīšu karjeram Mazajos Kangaros (sastādījis autors, izmantojot datubāzi – Olis, veikti 50 mērījumi).

4.6. attēlā diagrammās parādās vēl vairāk dažādos virzienos orientēti krituma azimuti, kas izskaidrojams ar to, ka Bomīšu karjers atrodas Mazo Kangaru deltā, kur bija raksturīga kušanas ūdeņu strauņu izplūšana dažādos virzienos.

## 5. DISKUSIJA UN INTERPRETĀCIJA

### 5.1. Kangaru osu morfoloģija un veidošanās īpatnības

Principā osus pēc to morfoloģijas var iedalīt divos veidos – grēdveida un vaļņveida osos, bet pēc zemledāja tuneļu veida var izdalīt arī platmuguras osus, kas Latvijā fiksēti ļoti reti. Osu morfoloģiskie veidi jau nedaudz apskatīti 1. nodaļā (1.7. – 1.9. att.). 5.1.1. tabulā atspoguļota osu klasifikācija pēc dažādām pazīmēm. Ir izdalīti dažādi osu veidi pēc to morfoloģijas, pretī to uzbūves īpatnības, kas atspoguļojas arī Kangaru osos.

5.1.1. tabula.

**Osu un tutānu klasifikācija** (Zelčs, 2007).

Reljefa forma	Morfoloģija	Uzbūve
OSI JEB ESKERI	<b>I. Plānskatījumā</b>	
	vaļņveida	gultnes tipa tekstūras – grants, smilts
	grēdveida	laukakmens kodols ar oļiem un granti
	paugurvirknes	masīva struktūra - smilts
	<b>II. Pēc izvietojuma</b>	
	elementārs oss	vaļņveida osiem raksturīgā
	osu sistēma	jostveida un grēdveida uzbūves īpatnības
	meandrējošs oss	vaļņveida osiem raksturīgā
	zarots oss	vaļņveida osiem raksturīgā
	<b>III. Pēc osa muguras garenprofila</b>	
	taisna vai ieslīpa	vaļņveida osiem raksturīgā
	lēzeni viļņots	vaļņveida osiem raksturīgā
	lēzeni paugurots	grēdveida osiem raksturīgā
	TUTĀNI	vaļņveida osiem raksturīgā

Kangaru osi galvenokārt sastāv no vaļņveida osiem, tikai dažviet ir izveidojušies grēdveida osi. Osu vaļņu morfoloģija tomēr nav vienkārša, ir novērojama meandrēšanās un zarošanās (Sidgundas un Mazajos Kangaros). Osu vaļņos vietām sastopami iekšēji deltveidīgi paplašinājumi – osu centri, kas iezīmē īslaicīgus ledāja malas stāvokļus, kad notika strauja kušana un nogulumu uzkrāšanās.

Vaļņveida un grēdveida osu veidošanās notika atšķirīgos apstākļos. 1. nodaļā jau tika apskatīti vispārīgi to veidošanās aspekti, Kangaru osu gadījumā vaļņveida un grēdveida osi veidojās pēc īpašiem lokāliem apstākļiem.

### **Vaļņveida osi.**

V. Zelčs (1986) rakstīja, ka vaļņveida osi veidojās radiālajās ledāja plaisās un ir saistīti ar Viduslatvijas ledāja mēles sadalīšanos sīkākās strukturāli dinamiskās vienībās. Pēdējā apledošanas Linkuvas fāzes transgresīvajā etapā ledus masu izplūšanas diverģentā rakstura dēļ ledājā notika sprieguma uzkrāšanās, kā rezultātā ledāja darbībai bija selektīvs raksturs. Īpaši nozīmīgi horizontālo sprieguma gradientu attīstībā bija šaurie, lineārie gultnes nelīdzenumi ledāja malas zonā. Virs tām ledus kritiskā lieluma pārsniegšanas gadījumā veidojās radiālās nošķelšanās plaisas, kuras ledāja kušanas dēļ piepildījās ar glaciofluviālajam sanesām. Kā avots šīm sanesām varēja kalpot ne tikai no aprīmušā ledus atnestais materiāls, bet arī iegūtais no aktīva ledus. Osu uzbūves īpatnības apliecina to, ka nogulumu uzkrāšanās vaļņveidīgu formu virszemes daļā lielākoties norisinājās atvērto plaisās, kurās koncentrējās ledāja kušanas ūdeņu plūsmas. Šo osu veidošanās Viduslatvijas nolaidenuma teritorijā notika regresīvā ceļā, tiem palielinoties ledāja atkāpšanās virzienā. Bet nav izslēgts, ka atsevišķu segmentu augšana, īpaši osu distālajās daļās, notika transgresīvā ceļā.

Kā var konstatēt pēc L. Krūmiņas un D. Vizules (1980) sagatvotajiem šķērsgriezumiem, dažos posmos Ogres Kangari ir izgājuši zemledāja gultnes tuneļa (N – kanāla) attīstības stadiju, par to liecina apakšā esošie erozijas iegrauzumi, kā arī lauka darbu gaitā daudzviet tika konstatēti palielināti vietējā pamatiežu materiāla, galvenokārt dolomīta daudzums osu nogulumos, kas norāda uz spēcīgu kušanas ūdeņu eroziju, kas varēja notikt tikai zemledāja tuneļa apstākļos, kušanas ūdenim piemītot lielam hidrostatiskajam spiedienam. N-kanāli drīzāk liecina par auksta ledus pieplūšanu ledāja bazālajā daļā un par auksti bāzētas gultnes apstākļiem. Sākoties ledāja blāķveida (bazālajai) slīdēšanai pa gultni tiek ģenerēts liels ledājkušanas ūdeņu daudzums, sāk attīstīties tuneļi ledājā (R-kanāli) un silti bāzētā ledāja gultnē veidojas osi.

Ledāja gultnes topogrāfija liecina par to, ka osu veidošanās visdrīzāk notikusi pret nogāzi, kas arī ir iespējams vienīgi zemledāja tuneļa apstākļos. V. Zelčs (1986) norāda, ka ledāja kušanas ūdeņu plūsmu intensitāte pavājinājās ledāja malas virzienā. Tas bija par cēloni tam, ka ledāja kanāli samazinājās plūsmu lejasdaļās, kā arī tas, kas eksistēja lēzens reljefa virsmas kāpums ledāja malas virzienā, kas veicināja pārplūšanu un kanālu caurteces samazināšanos. Turklāt tādi apstākļi bija labvēlīgi, lai osu morfoloģiskās īpatnības varētu saglabāties.

### **Grēdveida osi.**

V. Zelčs (1997) raksta, ka „grēdveida osi (Mūrumuižas, Aģes, Riebiņu, Sāruma osi) ir 3,0 – 5,0 kilometru garas, 350 – 650 metru platas un līdz 25 metriem augstas paugurgrēdas ar laukakmeņiem vai oļu kodoliem ielejveida pazeminājumu dibenā. Grēdveida osi radušies tuneļos un ar tiem saistītajos ledāja caurkumos. Ledum vēlāk nokūstot un ūdens straumju ledus krastiem izzūdot, sanestais materiāls palika un izveidoja osu vaļņus un grēdas.”

Grēdveida osu veidošanās notika savādāk kā vaļņveida osu veidošanās. Var pieņemt, ka ielejveida pazeminājumos, kuros tie bieži sastopami, ledāja uzvirzīšanās laikā notika mikroplūsmu attīstība. Šajos pazeminājumos ledus masu dinamikai bija zināma līdzība ar ledus plūsmas nosacījumiem starpvaļņu pazeminājumos, kur veidojās Somijas flūtingi un drumlini. Atkarībā no ledus plūsmas ātruma diferenciācijas un sprieguma virziena ielejveida pazeminājumos veidojās divas ledus plūsmu sistēmas. Spirālveida vai arī mazāk intensīva plūšana notika gar ielejas nogāzēm, un noteica to pavadošo ledāja akumulācijas formu apveidu. Līnijveida vai intensīvāka kustība aizņēma ielejas dibenu. Tās ātruma palielināšanās un nepārtraukta materiāla izmešana gar ielejveida formu malām ne tikai palielināja ledus masu un ledāja atlūzu materiāla pieplūdi, bet arī izsauca gultnes eksarāciju, kā rezultātā notika berzes palielināšanās ledāja un gultnes kontaktzonā un sākās gultnes ledus kušana. Tālāk ledus apīmšanas stadijā tajās vietās, kur notika ledāja kušanas ūdeņu hidrostatiskā spiediena samazināšanas, formējās osu grēdas, kas sastāvēja no vaļņiem.

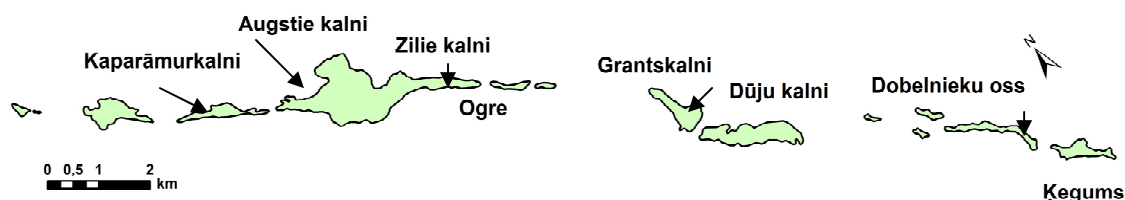
Kā liecina pārsedzošo nogulumu tekstūras, vaļņveida grēdu apaugšana notika jau vaļējos kanālos, kuri sašaurinājās. Vaļņveida grēdu veidošanās, īpaši to zemākajās daļās, notika nepārtrauktas materiāla nogulsnešanās pret tecēšanas virzienu rezultātā, samazinoties plūsmu intensitātei. Dažu osu distālajās daļās noslēdzošajos etapos eksistēja vāji caurtekoši ledāja kušanas ūdeņu baseini (Zelča, 1986).

No Kangaru osiem tikai Ogres Kangaru centrālajā daļā – Augstajos kalnos un, iespējams, Lielo Kangaru proksimālajā daļā virs dzelzceļa stacijas – Kangari ir sastopami grēdveida osi. Augstos kalnos var uzskatīt osa deltu, kas reprezentē ledāja malas stāvokli, tās veidošanās visdrīzāk notika tuvu ledāja malai, kušanas ūdeņiem strauji noplūstot, tika nogulsnēts rupjš materiāls – grants, oļi, laukakmeņi, kā tas redzams Dubkalnu karjera sienās. Turklāt arī Lielo Kangaru grēdveida daļu var uzskatīt par osu centru, un, izsekojot līdzī horizontālēm, var pamanīt ledāja malas veidojumus, līdz ar to var teikt, ka šo abu osu centru veidošanās saistīta ar vienotu ledāja malas stāvokli.

No Kangaru osiem lielākā daļa ir vaļņveida osi, Ogres Kangari sastāv no vairākiem atsevišķiem vaļņiem, no kuriem viens pāriet osu grēdā. Vēl vien osa grēda konstatējama Lielajos Kangaros.

### 5.1.1. Ogres Kangari

Ogres Kangari ir vaļņveida un grēdveida osu virkne Viduslatvijas nolaidenuma R malā. Ogres Kangari ar nelieliem pārtraukumiem stiepjas 25 km garumā paralēli Daugavai starp Selēku ezeru un Lielvārdi. Ogres Kangari ir orientēti ziemeļrietumu – dienvidaustrumu virzienā. Tiem ir deltveidīgi paplašinājumi – osu centri, iespaidīgākais ir Augstie kalni. 5.1.1.1 attēlā redzams osu vaļņu un grēdu savstarpējais izvietojums Ogres Kangaros.



5.1.1.1. attēls. Osu vaļņu un grēdu savstarpējais izvietojums Ogres Kangaros (sastādījis autors pēc PSRS Armijas Ģenerālštāba topogrāfiskajām kartēm mērogā 1: 25000).

Morfoloģiski un pēc uzbūves īpatnībām nodala trīs Ogres Kangari daļas. To distālā daļa ir 11,5 km gara. Uz D no Ogres tā sastāv no vairākiem 1,1 – 2,0 km gariem, 100 – 300 m platiem, 10 – 38 m augstiem vaļņiem ( Dūju kalni, Grantskalni), kas piekļaujas Pārogres un Ķeguma ledāja atšķelšanās sānu morēnām. Osu nogāžu slīpums ir līdz 30 grādiem. Jaunāka un reljefā izteiktāka ir Ogres Kangaru centrālā daļa, kas gandrīz nepārtraukti 12 km gara vaļņa veidā, kurā ir deltveidīgie paplašinājumi jeb osu centri, stiepjas starp bijušo Kaparāmura ezeru un Ogrī.



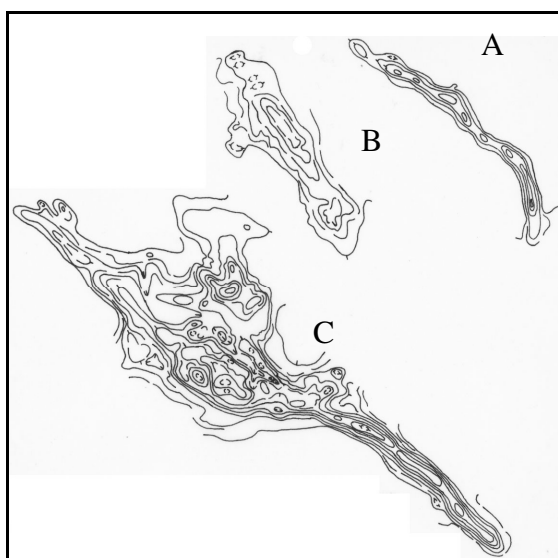
5.1.1.2. attēls. Zilo kalnu osa vaļņa sākums pie Ogres pilsētas robežas (autora fotogrāfija).

Nepārtrauktais osa valnis – Zilie kalni sākas pie Ogres pilsētas robežas (5.1.1.2. att.). Zilie kalni ir izteikts vaļņveida oss ar šauru pārdesmit metru platu kori, vietām pat mazāk kā 10 m. (5.1.1.3. att.). Osa valnim raksturīga pauguraina virsa, stāvas nogāzes. Zilajiem

kalniem ir liela nozīme Ogres pilsētas iedzīvotājiem, tas kalpo kā pastaigu vieta vasarā un ziemā kā slēpošanas trase.



5.1.1.3. attēls. Zilo kalnu osa vaļņa kore (autora fotogrāfija).



5.1.1.4. attēls. Osu morfoloģiskie paveidi Ogres Kangaros (Zelčs, 1986)

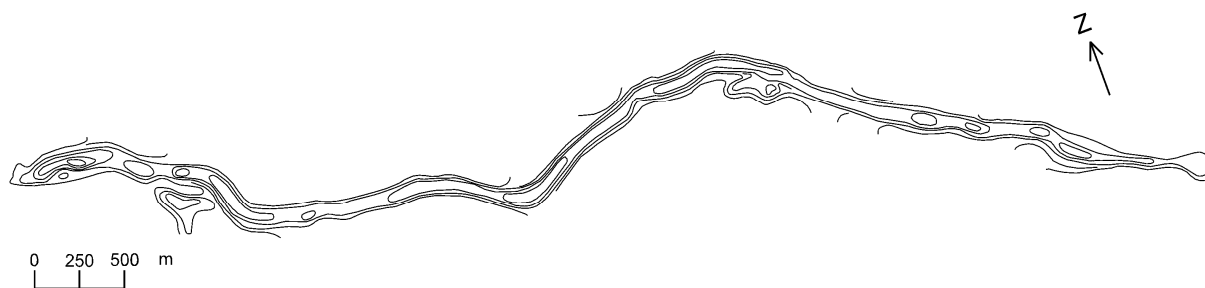
A, B – osu vaļņi distālajā daļā; C – osu vaļņi un grēdveida formas ar glaciokarsta ieplakām vidusdaļā (Zilie kalni un Augstie kalni). Pamathorizontāles ik pēc 5 m.

Virzienā uz ZR Zilo kalnu osa valnis pāriet Ogres Kangaru augstākajā daļā – Augstajos kalnos (66,7 m vjl., relatīvais augstums 38,0 m), kas no blakus esošajām iespējamajām ledāja atšķelšanās sānu morēnām (Liepukalniem, Lazdukalniem, Ozolkalniem) atdalīta ar osu grāvjiem, kuros atrodas purvi, Velnezers un bijušais Kaparāmura ezers. ZR daļā Ogres Kangari pakāpeniski pāriet zemā (relatīvais augstums līdz 5 m), relatīvi šaurā un lēzenā, no smiltīm veidotā valnī, kas 1,5 km garumā izsekojams līdz Selēku ezeram. Tālāk uz DR līdz Saulkalnei stiepjas ar Ogres Kangariem ģenētiski saistīta iegarena kēmu pauguru virkne. Osu morfoloģiskie paveidi Ogres Kangaros ir redzami 5.1.1.4. attēlā. Ogres Kangaru Augsto kalnu daļa ir ļoti komplicēta, sastopamas grēdveida formas ar glaciokarsta ieplakām.

### 5.1.2. Lielie Kangari

Lielie Kangari jeb Suntažu Kangari ar nelieliem pārtraukumiem un virziena maiņām stiepjas gandrīz 30 km garumā virzienā RZR – ADA no Birzkalnu mājām (2 km uz AZA no Zaķumuižas) līdz 3,5 km uz DA no Suntažiem. Lielie Kangari A beidzas ar mežiem apaugušiem, lēzeniem, 2,5 – 4 m augstiem smilšainiem pacēlumiem, kas atgādina osu deltu purvainā zemumā. Osi ir nedaudz izlocīti. Reljefā vislabāk izteikta mežiem klātā grēdas daļa starp Kangarīšiem un Mazo Juglu (upe šķērso Lielos Kangarus un tek pa D piekāji). Šajā posmā pa Lielo Kangaru muguru 11 km iet Rīgas – Ērgļu ceļš. Tas ir visiespaidīgākais osa valnis Latvijā, tā absolūtais augstums 78 m vjl, relatīvais augstums aptuveni 27 m, platums pie pamatnes 60 – 100 m, nogāžu slīpums līdz 30 m. Osu vaļņa Z pusē atrodas Kangaru ezers un Lielais Kangaru purvs ar akačiem. Mazās Juglas ieleja sakrīt ar apraktu senleju.

Lielie Kangari pārsvarā veidoti no osu vaļņiem. Proksimālā daļa sākas ar nelieliem osa pauguriem, tālāk uzreiz aiz Lielās Juglas pie Bajārkroga ir lielāks osa valnis, gandrīz 350 m platumā un vairāk kā 2 km garumā ar plakanu muguru, kuru gandrīz jau var pieskaitīt pie plakanmuguras osiem, osam raksturīgi vairāki pievadosi, kas liecina par zarota kušanas ūdeņu noteces tīkla pastāvēšanu osa veidošanās laikā. Tālāk pirms un pēc Kangariem izsekojami vairāki nelieli osu vaļņi.

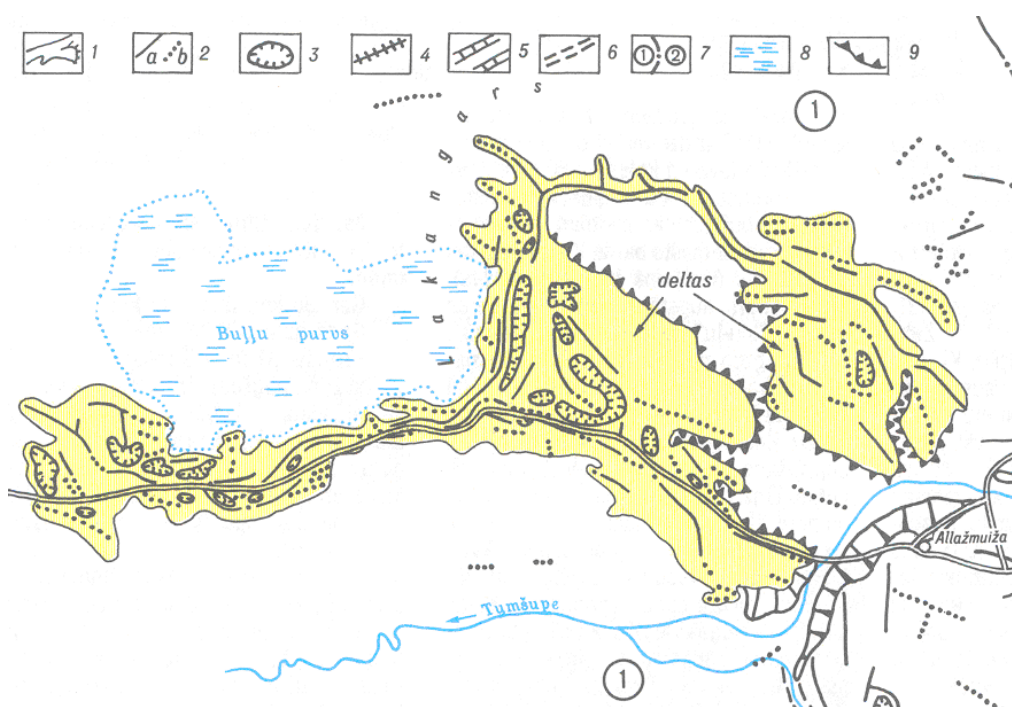


5.1.2.1. attēls. **Garākais Lielo Kangaru osu valnis** (sastādījis autors pēc PSRS Armijas Ģenerālštāba topogrāfiskajām kartēm mērogā 1: 25000). Pamathorizontāles ik pēc 5 m.

Pie Vāverkroga sākas garākais osa valnis, kas nepārtraukti stiepjas nedaudz vairāk kā 7 kilometru garumā līdz Lielkangariem (5.1.2.1. att.). Šajā posmā pa Lielo Kangaru vaļņa muguru iet Rīgas – Ērgļu ceļš. Osa absolūtais augstums ir 78 m vjl., relatīvais augstums aptuveni 27 m, platums pie pamatnes 60 – 100 m, nogāžu slīpums līdz 30 m. No Lielkangariem līdz Juglai izsekojams vēl viens osa valnis. Aiz Juglas daži nelieli vaļņi, bet uz D no Suntažiem atrodas Lielo Kangaru osa distālā daļa, kas reljefā redzama kā 4 km garš izlocīts osa valnis, kurš orientēts ZR, tad R un atkal ZR virzienā. Aiz osa vaļņa sastopami daži nelieli osa pauguriņi, kas izbeidza Lielvārdes – Jūdažu ledāja malas veidojumu joslā.

### 5.1.3. Mazie Kangari

Mazie Kangari jeb Allažu Kangari ir izlocīti gandrīz nepārtraukti 10 km garumā. Proksimālā daļa sākas gar Tumšupi pie Gateru mājām 500 uz A no Buļļu purva. Distālais gals izsekojams līdz 2,5 km uz A no Allažmuižas. Osu absolūtais augstums līdz 81 m vjl., relatīvais augstums līdz 16 m, platums pie pamatnes no 50 m līdz 200 m paplašinājumos, nogāžu slīpums līdz 30 grādiem. Uz R no Allažmuižas Mazie Kangari sazarojas; krasi uz Z gar Buļļu purvu pagriežas augstākais atzars Lakangars, kas saglabā vaļņveida formu, aizlokoties uz ADA. Šī daļa tiek dēvēta par Sarkankalniem. Mazo Kangaru D atzars deltveidīgi paplašinās un kā gandrīz paralēlu, lēzenu pauguru virkne stiepjas gar Mālpils ceļu līdz Dūņupes ielejai. 5.1.3.1. attēlā redzama mazo Kangaru ģeomorfoloģiskā karte.



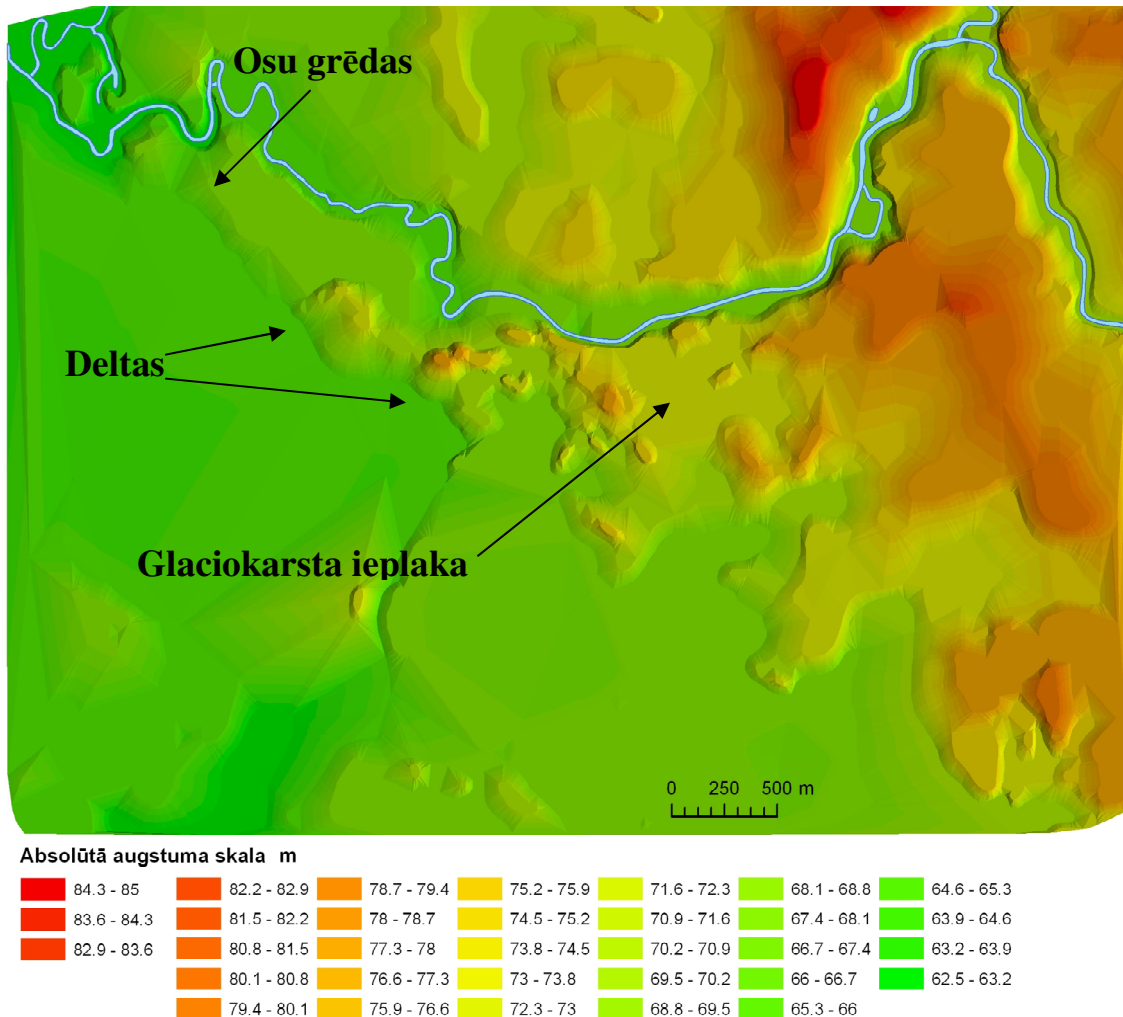
5.1.3.1. attēls. Mazo Kangaru ģeomorfoloģiskā karte.

1 = osa un deltu kontūra; 2 = osa un osveida vaļņu muguras (a = relatīvais augstums 5-15 m; b = līdz 5 m); 3 = glaciokarsta ieplakas; 4 = iegareno pauguru un galamorēnas vaļņu garenasis; 5 = Tumšupes ledājkūšanas ūdeņu noteces ieleja; 6 = ledājkūšanas ūdens plūsmu izskalotas lejas; 7 = robeža starp glaciolimnisko (1) un morēnas (2) līdzenumu; 8 = purvi; 9 = stāva deltas nogāze (Zelčs, 1986).

Mazie Kangari izceļas starp pārējiem Kangaru osiem tieši ar to, ka tie ir izlocīti gandrīz 90 grādu leņķī. Osu veidošanās laikā no sākuma eksistēja divi paralēli zemledāja tuneļi, vēlāk kūšanas ūdeņi no D tuneļa novirzījās uz Z, tādējādi pieslēdzoties Z tunelim. Mazajiem Kangariem labi redzamas divas deltas, no kurām viena atrodas Sarkankalnu distālajā daļā, bet otra uz A no Lakangara.

#### 5.1.4. Sidgundas Kangari

„Sidgundas Kangarus veido divas lēzenas, paralēlas vaļņveida osu grēdas, no kurām viena drīz izbeidzas, bet otrai vērojamas vispirms meandrēšanas, pēc tam zarošanās iezīmes. Pēdējais posms noslēdzas ar deltu un glaciokarsta ieplaku. Iespējams, ka osa lejasdaļā materiāla nogulsnešanās notikusi aprimuša ledus plaisās un uz tā” (V. Zelčs, 1986).



5.1.4.1. attēls. Sidgundas Kangaru reljefa modelis (sastādījis autors, izmantojot PSRS Armijas Ģenerālštāba topogrāfiskās kartes mērogā 1: 25 000).

Sidgundas Kangari ir visīsākie un neizteiksmīgākie starp Kangaru osiem, kā jau minēts augstāk, tos veido tikai divi osu vaļņi, no kuriem garākais ir 1,5 km, īsākais 500 m, abi osu vaļņi platumā nedaudz pārsniedz 100 m (5.1.4.1. att.). Diemžēl, apsekojot Sidgundas Kangarus netika atrasts neviens atsegums. Osu vaļņu morfoloģija liecina par to, ka osu veidošanās laikā eksistējuši divi nelieli zemledāja tuneļi, vienu tuneli ledāja kustība drīz aizspiedusi ciet, savukārt otram tunelim vērojama meandrēšanās, distālajā daļā kušanas ūdeņi izplūduši deltā. Delta arī fiksē ledāja malas stāvokli.

## 5.2. Kangaru osu iekšējā uzbūve un veidošanās apstākļi

Osi galvenokārt sastāv no glaciofluviālajiem nogulumiem, reizēm sastop arī glaciolimnisko nogulumu starpslāņus. Kā norāda G. Eberhards (1977), „osi parasti sastāv no rupja ledāju kušanas ūdeņu akumulatīvā oļu, grants, laukakmeņu un smilts materiāla. Var būt arī formas, kas sastāv no smalka smilts vai aleirītiska un mālaina materiāla. Osus veidojošos slāņos labi izteikts tekošo ūdeņu veidots materiāla slīpkārtojums, kā arī bieži vien zsekojamas pakāpeniskas sastāva izmaiņas no rupjāka uz smalkāku kušanas ūdeņu straumju plūšanas virzienā.”

Arī V. Zelčs (1997) atzīmē, ka „osi sastāv no ledāja kušanas ūdeņu nogulumiem – slāņotas smilts, grants un oļiem ar laukakmeņu piejaukumu, dažkārt, it īpaši osu malās un atzarojumos – no stāvošu ledāja kušanas ūdeņu smalkgraudainas smilts vai putekļveida mālainiem nogulumiem. Horizontāli un slīpi slāņotie, rupjgraudainie nogulumi, dažkārt laukakmeņi veido osu kodolu, bet lēcveidīgi slīpslāņotie, smalkgraudainie nogulumi ar apliecošu slāņojumu – nogāzes. Nogulumiem raksturīgas glaciokarsta (galvenokārt pārrāvuma tipa) deformācijas.”

Kā norāda V. Zelčs (1996), izšķir šādas osu nogulumu fācijas: kodola fāciju, nogāžu (laterālo un distālo) fāciju un virsas fāciju.

**Kodola fācijas** nogulumi: veido osa lielāko daļu, oļu, oļu – grants un grants – smilts slīpslāņotu sēriju mija, ko vietām pārtrauc izskalojuma kontakti un lēzeni paralēlas sīki slāņotas dažādas graudainības smilts starpkārtas. Virsotnes un nogāžu virzienā parādās starpkārtas ar tecējuma ripsnājumu. Bieži vien oļu starpkārtās slāņojums ir izteikts vāji vai nav izšķirams. Dažiem osiem raksturīgas galvaskausa izmēra laukakmeņu (oļakmeņu) starpkārtas. Parasti katra eskera segmentu veidojošie nogulumi kļūst smalkgraudaināki distālā un osa virsmas virzienā.

Slīpslāņoto sēriju biezums mainās no dažiem decimetriem līdz 1 m, tās izsekojamas vairāku metru attālumā. Slīpslāņoto sēriju šuves taisnas vai vāji izlocītas, nedaudz noliektas distālā virzienā. Sērijas izsekojamas dažādu desmitu metru attālumā.

Osus veidojušiem nogulumiem raksturīga ritmika, kas saistīta ar ledājukušanas ūdeņu sezonālā vai ilglaicīgākām neregulārām izmaiņām. Vietām vērojama eskera gultnes diagonāla migrācija, kas liecina par zemledāja tuneļa paplašināšanos, iespējams siltās sezonas laikā.

Kodola fācijas nogulumi, īpaši rupjākais materiāls ir raksturīgs osu centriem (5.2.1.1. att.), kas veidojušies ledāja pastiprinātas plaisainības zonās, un tajos koncentrēts horizontāli slāņots vai maz kārtots oļu un nelielu laukakmeņu materiāls, bet dažās vietās satopamas arī

līdz 0,3 m biezās māla starpkārtas. Osu vaļņiem (Kaparāmuri, Granstkalni, Ogres Zilie kalni) raksturīgi slīpi slāņoti, retāk horizontāli slāņoti oļi, grants – oļi un grants – smilts nogulumu.

**Nogāžu fācijas** nogulumu pārklāj kodola fācijas nogulumus osa nogāzēs. Osu nogāžu virzienā kodola fācijas nogulumu sērijas kļūst plānākas vai izķīlējās. Pārsvaru gūst dažādgraudaina, vidējgraudaina un smalkgraudaina smilts ar grants un oļi vai pat aleirīta un māla starpkārtām. Šie nogulumu osa nogāzēs pārklāj kodola fācijas nogulumu. Nogāžu fāciju nogulumu raksturīgas slīpslāņotas sērijas, tecējuma ripsnājums, kā arī apliecošais slāņojums.

Osu kodola un nogāzes nogulumus pārklāj līdz 60 cm biezs, neslāņots vai lēzeni paralēli slāņots smilts un grants materiāls ar retiem sīkiem oļiem. Šie nogulumu veido osu **virsas fācijas** nogulumus, kas ir pārveidoti sala un augsnes procesu iedarbībā (Zelčs, 2009).

Interesanti ir, kā noris tuneļa aplūšana. J. A. Piotrovskis (Piotrowski, 1997) raksta, ja tuneļis dehermetizējas, tad hidrostatiskais spiediens krītas un zemledāja straume vairs nespēj pārvarēt reljefa kāpumu. Tuneļis applūst. Gadījumos, ja ledājūdens pieplūde izbeidzas, tad ledus tuneli aizspiež ciet. Jāņem vērā, ka liela daļa Kangaru osu ir veidojušie tuneļos, kas vērsti pret reljefa kāpumu. Tuneļa dehermetizāciju varēja veicināt liela kušanas ūdeņu pieplūde galvenajam tunelim no sānu tuneļiem. Osu veidošanās pēdējos etapos notika jau pavisam atvērtos ledāja kanālos, kad ledus no augšas bija iegruvis, tas viss sekmēja atvērta tuneļa pārplūšanu, kur uzkrājās smalkāki nogulumu.

Osus veidojošajiem nogulumu ir raksturīga ritmika, kas izpaužas kā smalkgraudaināku un rupjgraudaināku slāņu mija. Šādi nogulumu uzkrājušies attiecīgi aukstajā un ziltajā sezonā.

Kā norāda D.I. Benns un D.J.A. Evans (Benn, Evans, 1998), agri ziemā ir maz kušanas ūdeņu un zems spiediens, tādēļ tuneļi daļēji vai pilnīgi aizveras, savienotie dobumi pārdzīvo ziemu. Vēlā ziemā notiek kušanas ūdens palielināšanās, piegultnes kušanas rezultātā, kušanas ūdeņu spiediens lēnām pieaug un bazālā slīdēšana lēnām palielinās. Pavasarī jau ir augsts kušanas ūdeņu pieplūdums savienotajos dobumos, ūdens spiediens pieaug, bazālā slīdēšana joprojām palielinās. Agri vasarā ir pārlieku liels ūdens pieplūdums savienotajos dobumos, tādēļ ledāja virsma paceļas, dobumi savienojas un sāk veidoties tuneļi, bet bazālā slīdēšana sasniedz maksimumu. Vasaras vidū ūdens plūst zema spiediena tuneļos, zemledāja kušanas ūdeņi labi drenējas, bet bazālā slīdēšana samazinās.

### 5.2.1. Ogres Kangari

Tā kā Ogres Kangaros pašlaik ir tikai viens bijušais karjers, kur nedaudz ir saglabājusies atseguma siena, par to uzbūvi palīdz spriest Krūmiņas L. un Vizules D. (1980) sagatavotie ģeoloģiskie griezumi. Pirmajā un otrajā pielikumā ir ievietotas svarīgākās griezumu daļas, kas ļauj spriest Ogres Kangaru uzbūvi. Pirmajā pielikumā redzam Dūju kalnu ģeoloģiskais griezums. Dūju kalni ir vaļņveida oss Ogres Kangaru vairāk proksimālajā daļā. Osa virsējo daļu veido smalkgraudaina smilts, vietām vidēgraudainas smilts izķīlējumi. Šie nogulumi var tikt pieskaitīti nogāžu fācijas nogulumiem. Apakšējo daļu veido smilts ar grants un oļu piemaisījumu, kas jau ir tipiskāk kodola fācijas nogulumiem. Griezumam pa vidu redzams aleirolītu slānis, kas varētu liecināt par kanāla noslēgšanos, pārplūšanu, izveidojoties vāji caurtekošam baseinam. Šajā griezumā ļoti labi atsedzas arī morēnas nogulumi, kas varētu liecināt par to, ka oss nav veidojies uz ledāja gultnes pamatnes iežiem, bet uz ledus virsmas, no kuras vēlāk izksususi morēna. Osa distālajā daļā gan atsedzas dolomīti, tātad ledāja gultne ir bijusi nelīdzena.



5.2.1.1. attēls. **Kodola fācijas nogulumi – oļi un laukakmeņi, ar lielu dolomīta īpatsvaru Ogres Kangaru centrālajā daļā – Augstajos kalnos** (autora fotogrāfija).

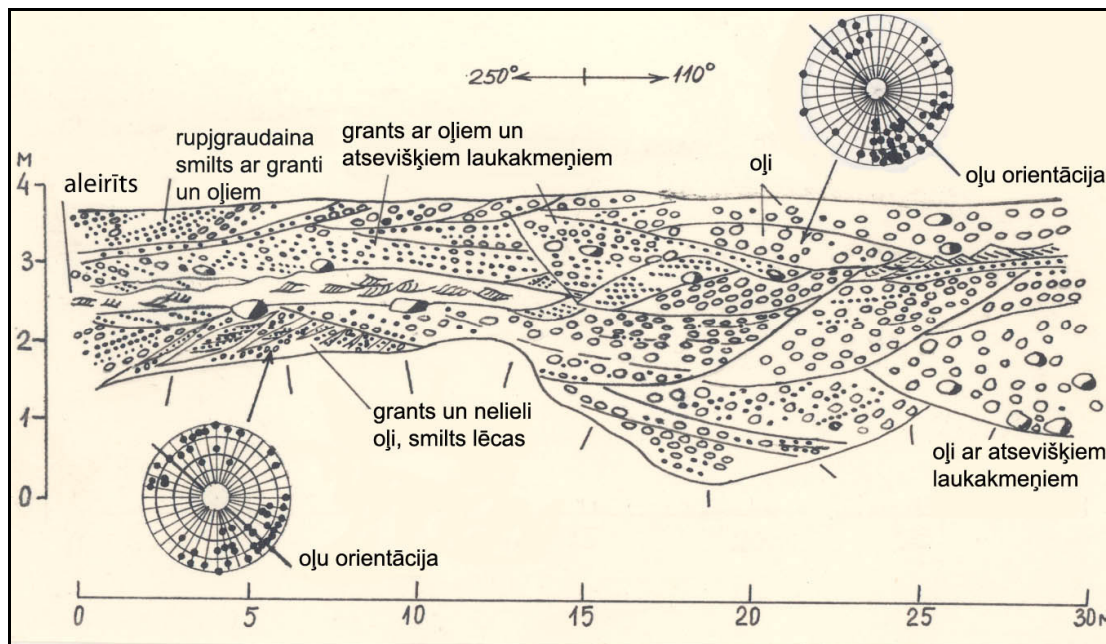
Otrajā pielikumā redzams ģeoloģiskais griezums posmā no Augstajiem kalniem līdz pat Zilo kalnu beigu daļai. Augstie kalni ir tipisks osa centrs, kurā koncentrēts grants, oļu, laukakmeņu kodola fācijas materiāls ar astevišķām vidēgraudainas un smalkgraudainas smilts lēcām. Lai uzkrātos šādi nogulumi, vajadzēja būt spēcīgām ledāja kušanas ūdeņu straumēm, kas strauji izplūda pie ledāja malas. Kodola fācijas nogulumus (5.2.1.1. att.) – oļus un laukakmeņus Augstajos kalnos pārklāj virsas fācijas nogulumi – smalkgraudaina smilts

(5.2.1.2. att.), šos nogulumus ir ietekmējusi eolā darbība, kā arī augsnes procesi. Smilts nogulumu veidojušies deltā, tai ieplūstot lokālā ledāja kušanas ūdeņu baseinā.



5.2.1.2. attēls. Virsas fācijas nogulumu – smalkgraudaina smilts – Augstajos kalnos (autora fotogrāfija).

Arī 5.2.1.3. attēlā redzama Augsto Kalnu iekšdelta, kur dominē grants, oļu un laukakmeņu materiāls, vietām smilts lēcas. Šeit redzama arī oļu orientācijas punktveida diagrammas, kas liecina par to, ka ledāja kušanas ūdeņu straumes ir plūdušas ZR - DA virzienā, kas pilnībā atbilst arī pašas osa grēdas orientācijai.



5.2.1.3. attēls. Atsegums Augstie kalnu iekšdeltā (Zelčs, 1986, ar autora pārveidojumiem).

Zilo Kalnu osu galvenokārt veido smalkgraudainas smilts nogulumu, īpaši virsējā daļā un nogāzēs. Kodolā smalkgraudainas smilts slāņi mijās ar vidējgraudainas smilts un smilts ar grants un oļu piemaisījumu slāņiem. Šiem nogulumiem raksturīga ritmika, kas varētu būt

sastīta ar sezonālām kušanas ūdeņu straumju izmaiņām, kad vasaras sezonā tiek nogulsnēts rupjākais, bet ziemas – smalkākais materiāls.

Ogres Kangaru distālā daļa, kā norāda V. Zelčs (1986), sastāv galvenokārt no oļu, oļu – grants (ar laukakmeņu piejaukumu) un smilts – grants materiāla, kam ir izteikts diagonāls slīpslāņojums, lēzeni slīps vai horizontāls slāņojums. Rupjgraudainākajos nogulumos ir galvenokārt vietējais dolomīts. Pret ledāju vērstajos galos sastopami līdz 7 – 8 m dziļi iegrauzumi augšdevona dolomītos.

### 5.2.2. Lielie Kangari

Lielie Kangari raksturojas ar tipisku vaļņveida osu uzbūvi, kur dominē smilts, grants nogulumi, Vietām īpaši osa proksimālajā daļā sastopami rupjgraudaināki nogulumi.

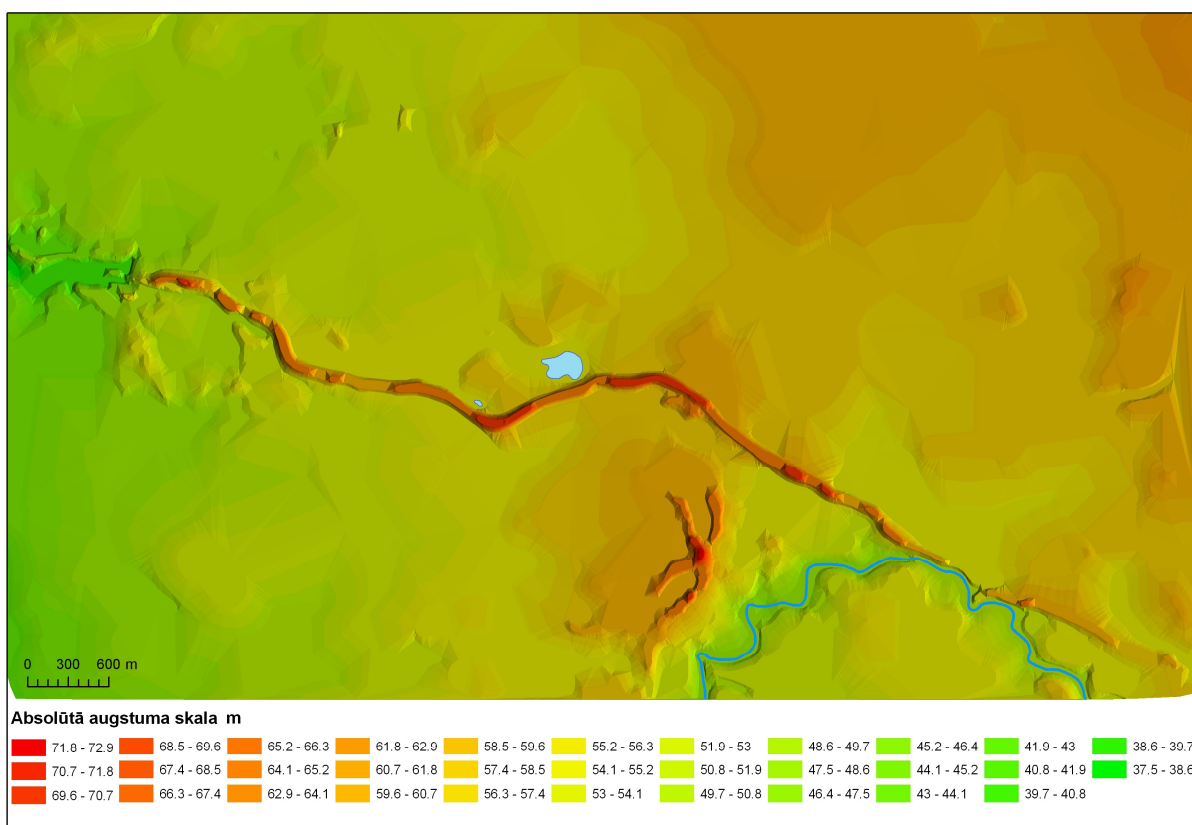


5.2.2.1. attēls. Atsegums Lielo Kangaru proksimālajā daļā (autora fotogrāfija).

Lielo Kangaru uzbūvē, kā tas ir redzams 3. pielikumā dominē dažāda granulometriskā sastāva smilts nogulumi. Apakšējā un centrālajā daļā ir dažādgraudainas smilts nogulumi ar grants un oļu piemaisījumu, tie pieder pie kodola fācijas. Šķērsgriezuma centrālajā daļā ir arī redzams smilts slānis, kur ir ievērojami liels grants un oļu piemaisījums. Kodola fācijas nogulumus pārsedz nogāžu fācijas nogulumi, kas sastāv no vidējgraudainas smilts, pašā osa virspusē nelielā slānī uzguļ virsas fācijas nogulumi - smalkgraudaina smilts. Osa pamatnē nedaudz atsedzas arī pirmskvartāra ieži – Daugavas svītas dolomīti.

Lielo Kangaru proksimālajā daļā atrodas neliels „karjeriņš” ar nogulumu atsegumu (5.2.2.1. att.). Karjers atrodas 320° virzienā 250 m no Raģīšu mājām, kur varēja gūt

apstiprinājumu tam, ka nelielie pauguri patiešām ir osi. Sienas vērsums  $335^\circ$ , dominējošais materiāls – rupja grants ar dolomīta šķembām. Grants diagonāli slīpslāņota ar krituma azimutu  $222^\circ$  un krituma leņķi  $17^\circ$ . Arī karjera pamatā redzams dolomīta šķembu materiāls. Tuvākajā apkārtnē daudz lielu kristālisko laukakmeņu, ar garenasīm 1 m un vairāk. Tas viss liecina par to, ka Lielo Kangaru proksimālā daļa veidojusies ledāja tunelī, kas atradies uz dolomīta pamata. Lielā ūdens spiediena dēļ notikusi vietējā dolomīta erozija, kanāls iegrauzies pamatiežos. Šeit jāpiemin, ka dolomītam ir raksturīga liela horizontālā plaisainība, tādēļ kušanas ūdeņi, var pa horizontālajām plaknēm erodēt to. Vietām zem osa var konstatēt zemledāja straumju erozijas iegrauzumus pamatiežos.



5.1.2.2. attēls. **Lielo Kangaru garākā osa vaļņa reljefa modelis** (sastādījis autors, izmantojot PSRS Armijas Ģenerālštāba topogrāfiskās kartes mērogā 1: 25000).

Lielie Kangari tāpat kā pārējie Kangaru osi ir veidojušies, pēc Linkuvas aktivizācijas fāzes, aprimstot Viduslatvijas ledāja lobam. Lielo Kangaru centrālo daļu veido izlocīts osa valnis 7 km garumā (5.1.2.2. att.), šāda gara vaļņa pastāvēšana liecina par to, ka bijusi stabila ledāja notece zemledāja tunelī. Attēla centrālajā daļā ir redzams osa paplašinājums, kas varētu iezīmēt ledāja malas stāvokli. Paugurs D daļā no osa iekšzemes kāpa, kas veidojusies eolo procesu rezultātā, vēja, pārpūšot lokālo sprostezeru nogulumus.

5.1.2.3. attēlā redzams Lielo Kangaru posma – Bajārkalni karjera sienas atsegums, 2 km uz ZA no dzelzceļa stacijas Bajāri, netālu no Lejasriekstiņu mājām). Redzami kodola fācijas

lēzeni slīpslāņotie grants nogulumi ar nelielām nosēduma tipa deformācijām. Kodola fācijas nogulumus pārsedz virsas fācijas nogulumi, virspusē nelielā slānī redzamas eolās segsmiltis.



5.1.2.3. attēls. Atsegums Bajārkalnu karjera sienā, kur atzīmētas slāņu saguluma elementu mērījuma vietas (autora fotogrāfija).

Baltie aplīši 5.1.2.3. attēlā parāda slāņu saguluma elementu mērījuma vietas. Sienas vērsums  $12^\circ$ , krituma leņķis pārsvarā ir  $20^\circ$ , bet krituma azimuti ir mainīgi  $175^\circ$ ,  $44^\circ$ ,  $85^\circ$ .

### 5.2.3. Mazie Kangari

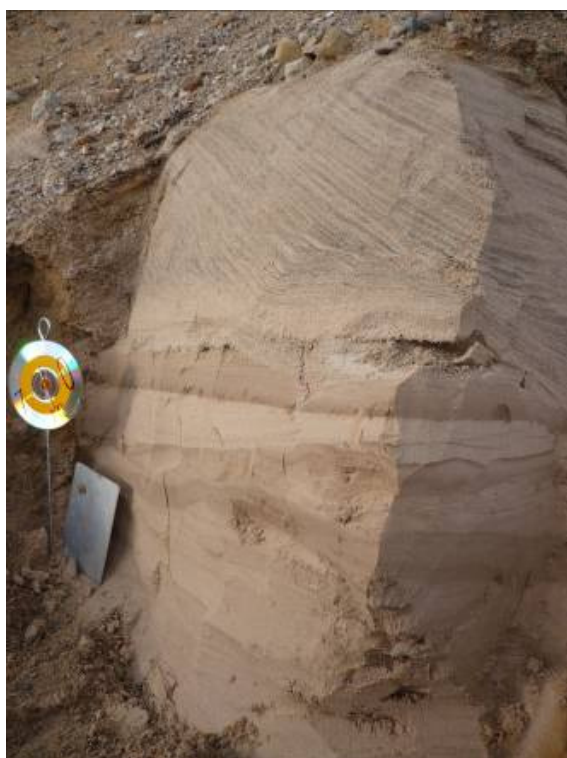
Mazos Kangarus galvenokārt veido grants un oļu materiāls ar akmeņu piejaukumu, osa deltā – smalkgraudaināks materiāls. Mazo Kangaru karjerā tika izpētīti daudzi atsegumi, tie visi ļoti labi parāda osus veidojošo nogulumu raksturīgākās īpašības un dažādas īpatnības. Karjers atrodas Mazo Kangaru proksimālajā daļā. Tur osu nogulumi ir aprakti ar biezu, pārpūstu baseina nogulumu, galvenokārt smalkgraudainu smilšu slāni. Osa kodolu pārsvarā veido rupjš materiāls no grants un ļoti daudz oļiem, vietām ir ļoti blīva deformētu oļu koncentrācija (5.2.3.1. att.).

5.2.3.2. attēlā ir redzami osa nogulumi Mazo Kangaru karjerā – pašā osa proksimālajā daļā. Atsegumā labi atspoguļojas sezonālie baseina nogulumi – smalkgraudainu smilšu slāņi mijās ar aleirīta slāņiem, tie raksturo vasaras un ziemas sezonu. Nogulumi ir uzkrājušies pārplūdušā ledāja kanālā, ziemā nogulsnējušās smalkākās aleirītiskās daļiņas, bet vasarā – smalkgraudaina smiltis. Baseina nogulumus augšpusē nomaina deltas nogulumi – grants ar lēzeni paralēlo slīpslāņojums, kur redzamas arī atūdeņošanās tekstūras, šie nogulumi iezīmē straujāku ledāja kušanas ūdeņu noplūšanu. Virs grants atrodas oļu materiāls, ko nogulsnējušas

jau pavisam ātras ledāja kušanas ūdeņu straumes atvērtā ledāja kanālā. Šie nogulumi pieder kodola fācijai un ir veidojušies Mazo Kangaru osu pēdējā veidošanās etapā. Pašā virsējā daļā, kas nav redzama fotogrāfijā atrodas eolās smiltis.



5.2.3.1. attēls. Kodola fācijas nogulumi – oļi un laukakmeņi, ar lielu dolomīta īpatsvaru Mazajos Kangaros (autora fotogrāfija).



5.2.3.2. attēls. Atsegums Mazo Kangaru karjera sienā (autora fotogrāfija).

5.2.3.3. attēlā redzami grants un oļu nogulumi Mazo Kangaru Lakangara osā, kas pieder pie kodola fācijas, tos pārklāj smilts nogulumi ar tecējuma ripsnājumu, kas varētu tikt pieskaitīti pie virsas fācijas nogulumiem, kas veidojušies apūdeņotā kanālā, pastāvot nelielai kušanas ūdeņu straumei.



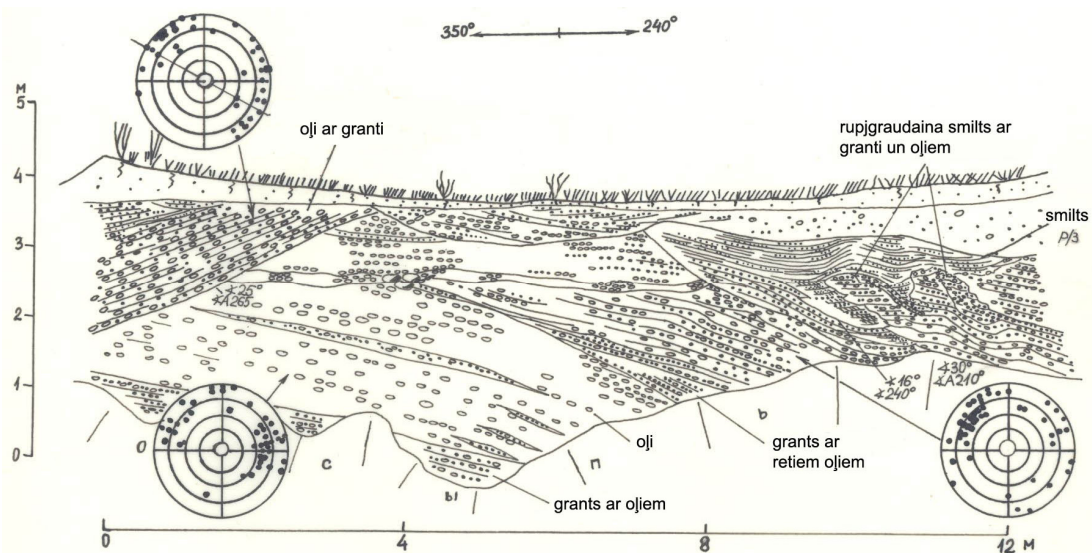
5.2.3.3. attēls. Atsegums Lakangara karjera sienā (autora fotogrāfija).

5.2.3.4. attēlā ir redzami nogāzes fācijas nogulumi Mazo Kangaru osa rietumu galā, kur osa nogulumi ir aprakti ar eolojām smiltīm. Attēlā redzamais fleksūrveida pārliekums smiltīs un pārrāvums oļainajā materiālā domājams ir veidojies izkūstot osa aprimušā ledus kontaktnogāzei vai apraktā ledus blāķim. Fleksūrveida izliekuma kritums ir 40 grādi, krituma azimuts apmēram 60 grādi.



5.2.3.4. attēls. Atsegums Mazo Kangaru karjera sienā (autora fotogrāfija).

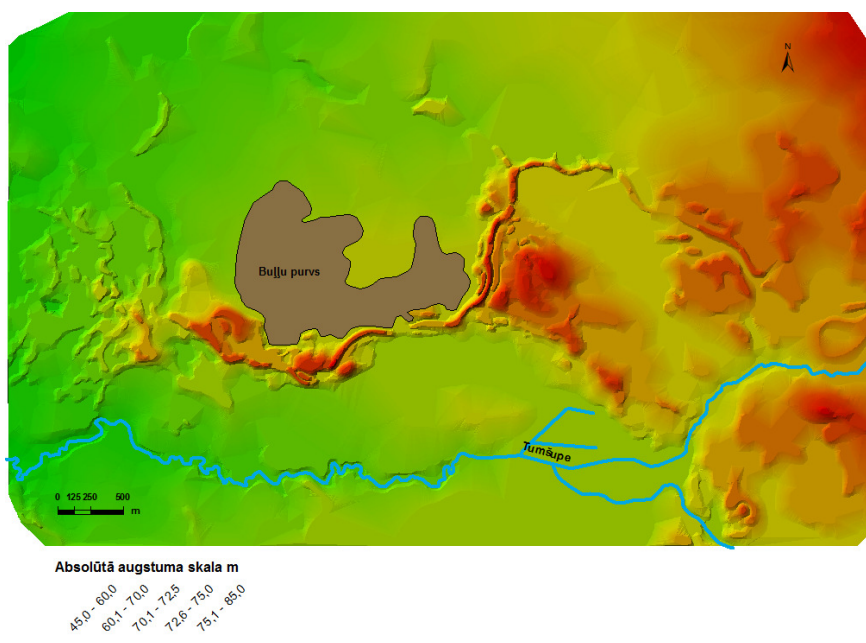
Atsegumā redzami galvenokārt smilts nogulumi ar neliela biezuma oļu un grants slāņa ar smilts piejaukumu starpkārtām, ko varēja noguldīt ātras ledāja kušanas ūdeņu straumes, iespējams galvenajam kanālam bija kušanas ūdeņu straumju pieplūdes no sāniem.



5.2.3.5. attēls. Atsegums Mazo Kangaru Bomīšu karjera sienā (Zelčs, 1986 ar autora pārveidojumiem).

5.2.3.5. attēlā ir redzams atsegums kādreizējā Bomīšu karjera sienā. Karjers atrodas Mazo Kangaru distālajā daļā, tas tika arī fiksēts lauka darbu laikā, bet neviens atsegums vairs nebija saglabājies. Kā redzams osa vaļņa uzbūvē dominē pārsvarā rupjgraudaini nogulumi – grants ar oļiem. Oļu garenasis orientētas ZR – DA virzienā, kas sakrīt ar osu vaļņa orientāciju. Osa valnis ir veidojies senākajā Mazo Kangaru veidošanās etapā. Rupjais materiāls uzkrājies pie ātrām kušanas ūdeņu straumēm ledāja malas zonā. Vienā oļu orientācijas diagrammā ir redzams dominējošais orientācijas virziens uz AZA, mērījumi ir iegūti slānī, kur dominē liela izmēra oļi, kas visdrīzāk ir pārvietoti pa

gultni ar velšanu, līdz ar to, oļu garenasis ir vairāk sagriezušs perpendikulāri ledāja kušanas ūdeņu straumju virzienam.



5.2.3.6. attēls. Mazo Kangaru reljefa modelis (sastādījis autors).

5.2.3.6. attēlā redzams mazo Kangaru reljefa modelis, kas labi atspoguļo osu vaļņu telpisko orientāciju, un ļauj labāk spriest par osu veidošanās etapiem, kas jau tika minēti iepriekš.

## SECINĀJUMI

Izstrādājot bakalaura darbu, autors ir devis savu ieguldījumu agrāko pētījumu apkopošanā, jaunākās zinātniskās literatūras analīzē un tulkošanā, karšu un reljefa modeļu izveidē, jaunu lauka datu iegūšanā un visas minētās informācijas analīzē un interpretācijā.

Kangaru osi galvenokārt ir veidojušies, apņemot Zemgales loba ledus masām pēc Linkuvas aktivizācijas perioda, bet Mazajos Kangaros, kuru distālā daļa izbeidzas ar plašu deltu, kas izzūd Lielvārdes – Jūdažu ledāja malas veidojumos, pie Allažu Kalnalapaiņiem tika konstatēts osu grēdas turpinājums, kas izveidojies jau Gulbenes deglaciācijas fāzes laikā.

Kangaru osi sākotnēji veidojušies zemledāja tuneļos, kuri gan vēlāk varēja atvērties, pārplūst. Daudzviet tika konstatēts vietējā pamatiežu materiāla, galvenokārt dolomīta, palielinātais saturs nogulumos. Šāds materiāls ticis izskalots no zemledāja gultnes, ledājam iegrauzoties tajā, tas varēja notikt tikai zemledāja tuneļa apstākļos. Arī ģeoloģiskajos griezumos tika konstatēti iegrauzumi pamatiežos, kas liecina par sākotnēju N kanālu pastāvēšanu, vēlāk veidojās R kanāli, kur uzkrājās osus veidojošais materiāls.

Ģeoloģiskajās kartēs tika konstatēts pamatiežu un kvartāra virsmas slīpums, samazinoties apmēram R virzienā. Osu veidošanās notikusi pret nogāzi, zemledāja tuneļos. Zemkvartāra virsas slīpums ir bijis vēl nedaudz lielāks glacioizostāzijas dēļ.

Osus veidojošo nogulumu granulometriskais sastāvs var mainīties no māla līdz pat laukakmeņiem. Nogulumos dominē lēzeni paralēlais slāņojums un slīpsslāņojums. Bieži novērojama nogulumu sezonāla ritmika.

Osiem ir raksturīgi deltveida paplašinājumi – osu centri, kur koncentrēts rupjgraudaināks materiāls, ko pārsedz smalkgraudaināki deltu nogulumi. Osu centrus arī var saistīt ar ledāja malas stāvokļiem.

Lielo Kangaru proksimālais gals, kā tika konstatēts lauka darbos, atrodas 2 km uz A no Zaķumuižas pie Birzkalnu mājām. To veido vairāku nelielu pauguru virkne, kur sastopams vietējā dolomīta šķembu materiāls. Osu distālais gals izsekojams uz D no Suntažiem, tālāk konstatēti vairāki iegareni drumlini.

Ogres Kangari ir veidojušies Sēlijas un Lobes ledus mēļu sateces zonā. Par to liecina osveidīgie pauguri, kas novietoti paralēli Ogres Kangariem. Tos varētu identificēt kā ledāja atšķelšanās sānu morēnas, kas veidojušās bīdes zonā, aktīvam ledum gar aprimušā ledus malu sastumjot morēnas materiālu.

Autors izsaka pateicību Dr. ģeol., prof. Vitālijam Zelčam par vērtīgo atbalstu visā bakalaura darba izstrādes gaitā un Ģeomorfoloģijas un ģeomātikas katedras akadēmiskajam personālam par noderīgajiem padomiem un materiāliem.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

### Publicētie avoti:

1. Ancāne I. (2000) *Dabas ģeogrāfija. Skaidrojošā vārdnīca*, Zvaigzne, Rīga, 335 lpp.
2. Brangulis A.J., Juškevičs V., Kondratjeva S., Gavena I., Pomeranceva R. (2000) *Latvijas ģeoloģiskā karte, mērogs 1: 200000, 43. lapa – Rīga, 53. lapa – Ainaži, paskaidrojuma teksts un kartes*, Valsts ģeoloģijas dienests, Rīga, 68 lpp. (ĢZZF datubāze).
3. Douglas I. Benn, David J. A. Evans (1998) *Glaciers and glaciation*, reprinted by Arnold in 2006, London, 734 p.
4. Eberhards G. (1977) *Glaciālā ģeomorfoloģija*, LVU, Rīga, 123 lpp.
5. Flint. R.F. (1971) *Glacial and Quaternary geology*, Wiley, New York, 892 p.
6. Goldthwait Richard P. (eds.) (1975) *Glacial deposits*, Stroudsburg, Pa.: Dowden, Hutchinson & Ross, distributed by Halsted Press, New York, 464 p.
7. Juškevičs V. (1995) *Latvijas kvartāra nogulumu karte*.
8. Knight Peter G. (1999) *Glaciers*, Cheltenham: Stanley Thornes, 261 p.
9. Krūmiņa L., Vizule D. (1980) *Diplomdarbs: Viduslatvijas nolaidenuma Austrumu daļas osu morfoloģijas, uzbūves un ģenēzes īpatnības*, LVU Ģeogrāfijas fakultātes Fiziskās ģeogrāfijas katedra, Rīga, 134 lpp.
10. *Latviešu – angļu – vācu – krievu ilustrētā ģeomorfoloģijas terminu vārdnīca* (1997) Grīnes I., Zelča V. redakcijā, Rīga, 204 lpp.
11. Meirons Z., Misāns J., Mūrnieks A. (2002) *Latvijas ģeoloģiskā karte, mērogs 1: 200000, 33. lapa – Ogre, paskaidrojuma teksts un kartes*, Valsts ģeoloģijas dienests, Rīga.
12. Menzies J. (eds.) (1996) *Past glacial environments: sediments, forms and techniques*, Butterworth-Heinemann, 598 p.
13. Nartišs M., Markots A., Zelčs V. (2008) Late Weichselian and Holocene shoreline displacement in the Vidzeme costal plain, Latvia, book *Quaternary of the gulf of Gdansk and lower Vistula regioans in northern Poland: sedimentary environments, stratigraphy and paleogeography*, Polish Geological Institute, Warszawa, p. 39 – 40.
14. Ó Cofaigh C. (1996) Tunnel valley genesis. *Progress in Physical Geography* 20: 1-19.
15. Peter U. Clark, Joseph S. Walder (1994) Subglacial drainage, eskers, and deforming beds beneath the Laurentide and Eurasian ice sheets, *Bulletin Geological Society of America* 106: 304-314.
16. Piotrowski, J.A. (1997) Subglacial hydrology in northwestern Germany during the last glaciation: groundwater flow, tunnel valleys, and hydrological cycles, *Quaternary Science Reviews*, 16(2), 169-185. p.
17. Rattas, M., Piotrowski, J. A. (2003) Influence of bedrock permeability and till grain size on the formation of the Saadjarve drumlin field, Estonia, under an east-Baltic Weichselian ice stream. *Boreas*, Vol. 32, p. 167–177, Oslo.
18. Reineck H. – E, Singh I. B. (1975) *Depositional sedimentary environments : with reference to terrigenous clastics*, 2nd, revised und updated edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 439 p.
19. Richard C. A. Hindmarsh, Chris R. (2008) Formation mechanisms for ice-stream lateral shear margin moraines. *Earth Surface Processes and Landforms*, Volume 33, Issue 4, John Wiley & Sons, Ltd. p. 610 – 626.
20. Ritter, D.F., Kochel, R.C. and Miller, J.R. (1995) *Process Geomorphology*, third edition, W.M.C. Brown Publishers, 546p.
21. Sugden D.E., John B.S. (1976) *Glaciers and Landscape: a geomorphological approach*, London, Edward Arnold, 376 p.
22. Topogrāfiskās kartes mērogā 1: 10000. ĢZZF datubāze.
23. Topogrāfiskās kartes mērogā 1: 25000 (C-51-23-A-6; C-51-23-A-B; C-51-23-A-Г; C-51-23-B-a; C-51-23- B- б; C-51-23- B- г; C-51-23-B-6; C-51-23-Г-a; C-52-23- Г- B; C-52-23- Г- r).

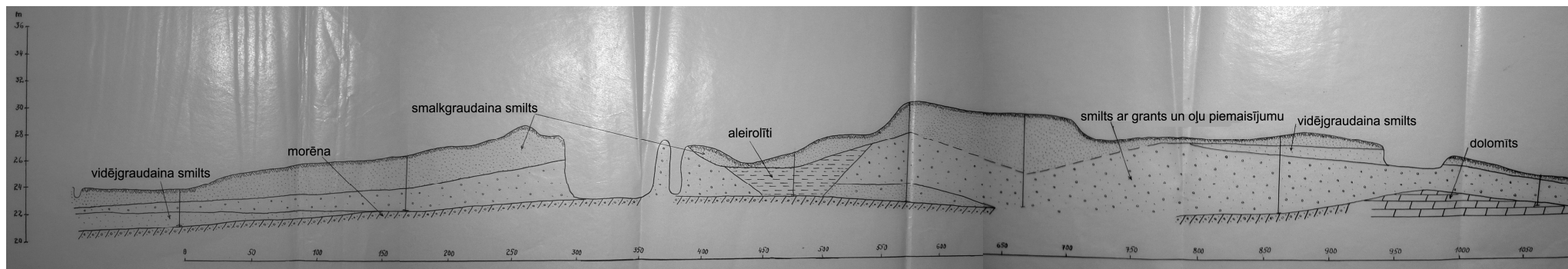
24. Zāns V. (1933) Osi un citi diluviālie veidojumi Limbažu apkārtnē, (Atsevišķs atspiedums no „Ģeogrāfiski raksti” 3. un 4.) *Latvijas Universitātes Ģeoloģijas institūta raksti Nr. 30*, Rīga, 26 lpp.
25. Zelčs V. (1996) Lielie Kangari, grām. *Latvijas daba: Enciklopēdija*, Rīga, 134. – 135. lpp.
26. Zelčs V. (1997) Ogres Kangari, grām. *Latvijas daba: Enciklopēdija*, Rīga, 51. – 52. lpp.
27. Zelčs V. (1997) Oss, grām. *Latvijas daba: Enciklopēdija*, Rīga, 60. – 61. lpp.
28. Zelčs V. (1998) Viduslatvijas nolaidenums, grām. *Latvijas daba: Enciklopēdija*, Rīga, 70. – 71.
29. Zelčs V. (1996) Mazie Kangari, grām. *Latvijas daba: Enciklopēdija*, Rīga, 205. – 206. lpp.
30. Аболтиньш О.П. (1989) Гляциоструктура и ледниковый морфогенез, Латвийский государственный университет им. П. Стучки, Рига : Зинатне, 284 с.
31. Гринсбергс Э. Ф. (1957) *Позднеледниковая и послеледниковая история побережья Латвийской ССР*, издательство академии наук Латвийской ССР, Рига.
32. Зелч В. (1986) Особенности морфологии, строения и генезиса Кангарских озовых гряд, *Морфогенез рельефа и палеография Латвии. Сборник научных трудов*, ЛГУ, Рига, 69. – 87. с.
33. Зелч В. (1986) Некоторые разновидности озов сопряженных с долинообразными формами подчетвертичной поверхности на территории среднелатвийской гляциодепрессионнои низменности, *Морфогенез рельефа и палеография Латвии. Сборник научных трудов*, ЛГУ, Рига, 95. – 121. с.

#### **Nepublicētie avoti:**

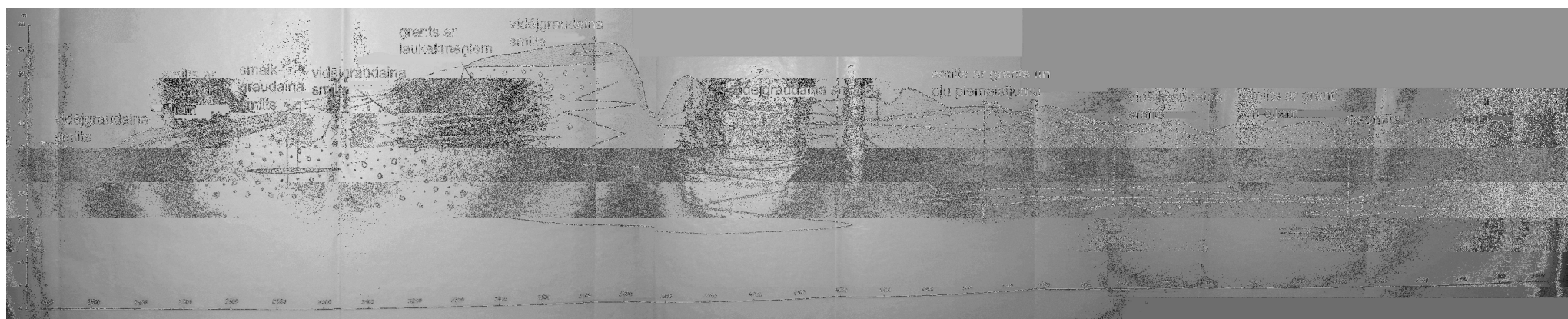
34. Zelčs V. (2009) *Ledāja slāņotie nogulumi*, Lekciju materiāls.
35. Zelčs V. (2007) *Ledāja hidroloģija*, Lekciju materiāls.
36. Zelčs V. (2007) *Glaciofluviālie nogulumi un reljefa formas*, Lekciju materiāls.
37. Zelčs V., Markots A., Dzelzītis J., Mape of late Weichselian directional ice – flow features of Latvia, skat. 31.03.2009.  
<http://www.lu.lv/fakultates/gzzf/geografija/geomorfologija/resursi/publikacijas-inqua16-1.jpg>
38. Hooke R. LeB. Glacial and Archeological Features of the Penobscot Lowland, Central Maine. *A guidebook prepared for the 69th annual field conference, of the Northeastern Friends of the Pleistocene*, June 2-4, 2006, Orono, Maine, skat. 31.03.2009.  
<http://www.climatechange.umaine.edu/friends/pdf/2006MaineCoast.pdf>
39. Boulton G.S., Hagdorn M., Maillot P.B., Zatsepin S. (2008) Drainage beneath ice sheets: groundwater – channel coupling, and the origin of esker systems from former ice sheets, *Quaternary Science Reviews*, Volume 28, Issues 7-8, April 2009, 621 – 638 p., skat. 31.03.2009.  
[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6VBC-4V0VC3J-2&\\_user=10&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_view=c&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=58dec9efe9669334e051a70223cf0375](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VBC-4V0VC3J-2&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=58dec9efe9669334e051a70223cf0375)
40. Cold Climate - Glaciers and Ice Ages, skat. 31.03.2009.  
<http://www.kean.edu/~csmart/Lectures/chapter15v.ppt>
41. Glaciers and Glacial Geology: A hypertext for the appreciation of glaciers, and how they work. (1999) Montana State University – Bozeman, skat. 31.03.2009.  
<http://www.homepage.montana.edu/~geol445/hyperglac/>
42. *Block diagram of the glacial drainage system*, skat. 01.05.2009.  
<http://gemini.oscs.montana.edu/~geol445/hyperglac/meltwater1/block.JPG>
43. *Tunels in glaciers*, skat. 01.05.2009.  
[http://notendur.hi.is/~thorstur/science/jhlaup/pipe\\_flow.gif](http://notendur.hi.is/~thorstur/science/jhlaup/pipe_flow.gif)
44. *Water flow in glaciers*, skat. 17.05.2009.  
[www.geography.otago.ac.nz/Courses/454/454\\_Water\\_in\\_Glaciers.ppt](http://www.geography.otago.ac.nz/Courses/454/454_Water_in_Glaciers.ppt)

## PIELIKUMI

1. pielikums. Ogres Kangaru ģeoloģiskais griezumš Dūju osa posmā (Krūmiņa L., Vizule D., 1980, ar autora pārveidojumiem).



2. pielikums. Ogres Kangaru Ģeoloģiskais griezumš posmā Augstie kalni – Zilie kalni (Krūmiņa L., Vizule D., 1980, ar autora pārveidojumiem).



3. pielikums. Lielo Kangaru Ģeoloģiskais griezum (Krūmiņa L., Vizule D., 1980, ar autora pārveidojumiem).

