

DISERTATIONES GEOLOGICAE UNIVERSITAS LATVIENSIS
Nr. ...

AIVARS MARKOTS

**PLAKANVIRSAS PAUGURU MORFOLOĢIJA,
UZBŪVE UN VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI SALVEIDA
AKUMULATĪVI GLACIOSTRUKTURĀLAJĀS
AUGSTIENĒS LATVIJĀ**

DISERTĀCIJA

RĪGA 2010

DISERTATIONES GEOLOGICAE UNIVERSITAS LATVIENSIS
Nr. ...

AIVARS MARKOTS

**PLAKANVIRSAS PAUGURU MORFOLOĢIJA,
UZBŪVE UN VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI SALVEIDA
AKUMULATĪVI GLACIOSTRUKTURĀLAJĀS
AUGSTIENĒS LATVIJĀ**

DISERTĀCIJA

doktora grāda iegūšanai ģeoloģijas nozares
kvartārģeoloģijas un ģeomorfoloģijas apakšnozarē

LATVIJAS UNIVERSITĀTE

Promocijas darbs izstrādāts:
Latvijas Universitātes Ģeoloģijas nodaļā no 1995. gada līdz 2010. gadam

Promocijas darba vadītājs:
Vitālijs Zelčs, profesors, Dr. ģeol. (Latvijas Universitāte)

Recenzenti:

Promocijas padomes sastāvs:
Vitālijs Zelčs, profesors, Dr. ģeol. – padomes priekšsēdētājs
Ervīns Lukševičs, profesors, Dr. ģeol. – padomes priekšsēdētāja vietnieks
Aija Dēliņa, Dr. ģeol.
Laimdota Kalniņa, asociētā profesore, Dr. ģeogr.
Valdis Segliņš, profesors, Dr. ģeol.
Ivars Zupiņš, Dr. ģeol.
Ģirts Stinkulis, Asociētais profesors, Dr. ģeol. – padomes sekretārs

Promocijas darbs pieņemts aizstāvēšanai ar LU Ģeoloģijas promocijas padomes
2010. gada sēdes lēmumu Nr./2010

Promocijas darba atklāta aizstāvēšana notiks LU Ģeoloģijas promocijas padomes sēdē
2011. gada, Rīgā, Alberta ielā 10, Jāņa un Elfrīdas Rutku auditorijā (313.
telpa).

Promocijas darba kopsavilkuma izdošanu ir finansējusi Latvijas Universitāte.

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

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

© Aivars Markots

Latvijas Universitāte
www.lu.lv

SATURS

Anotācija	4
Annotation	5
IEVADS	6
1. PĒTĪJUMU TERITORIJAS NOVIETOJUMS UN ĢEOLOĢISKI- ĢEOMORFOLOĢISKAIS RAKSTUROJUMS	15
1.1. Alūksnes augstiene	17
1.2. Vidzemes augstiene	19
1.3. Latgales augstiene	22
2. PLAKANVIRSAS PAUGURU PĒTĪJUMU VĒSTURE	25
3. MATERIĀLI UN METODEDES	31
3.1. Ģeotelpisko datu iegūšana, apkopošana un analīze	33
3.2. Lauka pētījumi un tajos iegūto datu statistiskā apstrāde	40
4. REZULTĀTI UN INTERPRETĀCIJA	42
4.1. Plakanvirsas pauguru izplatība, telpiskais sakārtojums un morfoloģija	42
4.1.1. Alūksnes augstiene	43
4.1.2. Vidzemes augstiene	45
4.1.3. Latgales augstiene	52
4.2. Zemvislas virsas raksturs un pēdējā apledojuma slāņkopas uzbūve plakanvirsas pauguru izplatības areālos	58
4.3. Plakanvirsas pauguru iekšējā uzbūve	65
4.4. Plakanvirsas pauguru paleoģeogrāfiskais novietojums	71
4.4.1. Novietojums attiecībā pret leduslobu un mēļu konverģences zonām ledāja uzvirzīšanās laikā	72
4.4.2. Paleoģeogrāfiskais novietojums ledāja deglaciācijas etapā	72
5. DISKUSIJA	75
5.1. Morfoloģijas un iekšējās uzbūves paleoģeogrāfiskās konsekvences	76
5.2. Platovirsas pauguru veidošanās apstākļi	78
SECINĀJUMI	82
PATEICĪBAS	84
LITERATŪRA	85

ANOTĀCIJA

Disertācija balstās uz ilgstošā laikā veikto pētījumu rezultātiem, kas iegūti izmantojot ģeotelpiskās analīzes, datu statistiskās apstrādes un vispāratzītās lauka glaciomorfoloģisko un kvartāra nogulumu pētījumu metodes. Tas ļāvis iegūt jaunus datus par plakanvirsas pauguru izplatību, morfoloģiju un telpiskā sakārtojuma likumsakarībām, kā arī precizēt šo formu iekšējo uzbūvi un vietu salveida akumulatīvi glaciostruktūru augstieņu ledāja reljefa mezoformu kompleksā. Veiktā ledāja plakanvirsas pauguru morfoloģisko īpatnību un savstarpējā sakārtojuma noskaidrošana, uzbūves likumsakarību salīdzinoša analīze starp augstienēm un tajās sastopamajos plakanvirsas pauguru izplatības areālos, deva iespēju analizēt šo pauguru attīstību saistībā ar teritoriju deglaciācijas gaitu.

Raksturvārdi: Plakanvirsas pauguri, izplatība, iekšējā uzbūve, ledāja salveida akumulatīvi glaciostrukturālās augstienes, ledāja mēles, deglaciācija.

ABSTRACT

The dissertation is based on findings of enduring research that have been made using methods of geospatial analysis, statistical processing of data and generally established glaciomorphologic field and Quaternary sediment research. This has enabled to gain new data about distribution of plateau-like hills, morphology and regularity of spatial arrangement, as well as ability to concretize the inner structure of these forms and their place at the complex of the glacial relief mesoform that occur in the insular accumulative – glaciostructural uplands. Clarification of the glacial plateau-like hill morphological features and spatial arrangement, comparative analysis of structure regularity between uplands and distinct areas of distribution of the plateau-like hills that are encounter there, gave an opportunity to analyse the development of these plateau-like hills in context of deglaciation of territories.

Key words: Plateau-like hills, occurrence, internal structure, insular accumulative-glaciostructural uplands, glacier tongues, deglaciation.

IEVADS

„...pēc brīža kāds cilvēks no staigna briksnāju labirinta izspraucās klajumiņā, ko, acīm redzot, bija izveidojuši gan vēja, gan uguns postījumi. No šejienes pavērās skats uz debesīm. Mežnorā bija ne mazums kritušu koku, un tā pieklāvās vienam no tiem augstajiem uzkalniem, kas pacēlās gandrīz visā tanī apvidū. ”Zvērkāvis”, Džeimss Fenimors Kūpers, oriģ. 1841, tulk. 1976.

Pētījumu tēmas aktualitāte

Plakanvirsas pauguri ir vieni no savdabīgākajiem kontinentālā segledāja veidojumiem pleistocēna apledojuumu klātajās teritorijās. Tie izplatīti galvenokārt salveida akumulatīvi glaciostrukturālajās augstienēs, kas raksturojas ar visizteiktāko ledāja radīto zemes virsas saposmojumu un ledāja nogulumu mozaīkveida izplatību. Minētās augstieņu morfoloģijas un uzbūves īpatnības nosaka salīdzinoši augstu nogāžu procesu un lineārās erozijas risku, kā arī izpaužas zemes lietojumveidu struktūrā. Ledāja veidojumu dažādība sekmē ainavu un bioloģiskās daudzveidības veidošanos, kā arī plašas tūrisma un rekreācijas iespējas šajās teritorijās. Kā tas atzīts 2000. gada 20. oktobra Eiropas ainavu konvencijā, ainavas ir „cilvēku dzīves vides būtiska daļa, cilvēku kopīgā kultūras un dabas mantojuma daudzveidības izpausme un identitātes pamats...”. Būdami vieni no nozīmīgākajām salveida akumulatīvo glaciostruktūru augstieņu reljefa sastāvdaļām, plakanvirsas pauguri izceļas ar tikai tiem raksturīgām morfoloģijas, telpiskā sakārtojuma, uzbūves, augšņu un to cilmiežu īpašībām, kuru ietekmē veidojas specifiskas ģeogrāfiskās ainavas, kā arī mikroklimatiskās un bioģeogrāfiskās īpatnības. Plakanvirsas pauguru glaciāli ģeoloģiskie pētījumi un tajos iegūtie rezultāti ir nozīmīgi teritorijas ilgtspējīgā attīstībā. Tie sniedz izejas datus, kas var kalpot par pamatu teritorijas apsaimniekošanas plānu un pasākumu izstrādāšanā. Šie pētījumi ļauj iegūt liecības un izzināt pēdējā apledojuma beigu posmā notikušo klimata izmaiņu ietekmi uz ledāja dinamiku un vides izmaiņām, kas mūsdienu globālās sasilšanas kontekstā ir aktuāli jautājumi mūsdienu ledāju klātajos apgabalos.

Arheoloģiskie pētījumi liecina, ka plakanvirsas pauguri ir bijuši vienas no pirmajām reljefa formām, ko augstienēs ir ietekmējusi līdumu zemkopība. Vidzemes augstienē Pīkaņu kalna plakuma tiešā tuvumā ir konstatēta sena apmetne, bet sengravu

izneses konusus ir daudz ogļīšu, kas liecina par līdumu lišanu šajā teritorijā ar bagātīgu augšnes cilmiezi jau īsi pirms mūsu ēras iestāšanās (Ramans, 1958). Gravu erozijas rezultātā dabiski norobežotie plakanvirsas pauguru segmenti ir kalpojuši par pilskalniem. Izmantojot L. Sietinsones radīto (Sietinsone, 2006) izveidoto datu bāzi par Latvijas pilskalniem un autora radīto plakanvirsas pauguru datu bāzi (Markots, 2010), analizē izskaitļots, ka vismaz 10 pilskalni atrodas uz plakanvirsas pauguriem, bet to izplatības areālos ir konstatēti pavisam apmēram 45 pilskalni un pilenes. Bezakmens māli, kas atsedzas plakanvirsas pauguru plakumā, izmantoti kā derīgie izrakteņi ķieģeļu ražošanai un pat ēku būvēšanā. Mūsdienās tiek izmantots arī pauguru pamatnes daļu veidojošais smilts un grants materiāls.

Neskatoties uz plakanvirsas pauguru savdabīgumu un saimniecisko izmantošanu, Latvijā, pārējās Baltijas valstīs un pat visā pleistocēna segledāju klātajā teritorijā plakanvirsas pauguri nav bijuši speciālo glaciāli ģeoloģisko un ģeomorfoloģisko pētījumu objekts. Krievijā veiktie šo pauguru pētījumi aprobežojas galvenokārt ar to izplatības un morfoloģijas, kā arī augšējās glaciolimniskās izcelsmes nogulumu slāņkopas izplatības noskaidrošanu (Isachenkov, Tatarhikov, 1972; Malahovskiy, Vigdorchik, 1963). Arī Latvijā šī augšējā, mālaino nogulumu slāņkopa pagājušā gadsimta 50. un 60. un 70. gados tika uzlūkota kā potenciāla derīgo izrakteņu (galvenokārt māla) iegula (Kuršs, Stinkule, 1969; Stinkule, 1977). Tomēr minētie pētījumi, kā arī vēlāk ģeoloģiskās kartēšanas (oficiāli pārskatos sauktas “kompleksā hidroģeoloģiskā un inženierģeoloģiskā kartēšana ar kvartāra nogulumu kartēšanu melioratīvās būvniecības vajadzībām”) laikā iegūtie dati, nesniedz pietiekami detālu un telpiski precīzi piesaistītu informāciju par plakanvirsas pauguru hipsometrisko novietojumu dažādās augstienēs, to savstarpējo telpisko sakārtojumu atsevišķu areālu robežās un pauguru pamatnes daļu veidojošo nogulumu saguluma apstākļiem un attiecībām ar mālaino nogulumu segkārtu. Plakanvirsas pauguru areāli ilgstoši tika kartēti vai atspoguļoti derīgo izrakteņu kartēs kā nozīmīgi māla kā derīgā izrakteņa izplatības areāli (Ansbergs *et al.*, 1955; Kuršs, Stinkule, 1972), pat uzsverot, ka zemes garozas augšējās kārtās visvairāk izplatītie ieži ir māli (Kuršs, Stinkule, 1969).

Ieviešot struktūrģeoloģiskās metodes ledāja reljefa mezoformu un to teritoriālo sakopojumu izpētē (Āboltiņš, 1978a, 1978b; Āboltiņš, Zelčs, 1988; Āboltiņš, 1989; Markots, Āboltiņš, 1998), attīstoties ģeomātikas metodēm un, pateicoties arvien plašākai daudzveidīgu telpisko materiālu pieejamībai un izmantošanai, kā arī vispārējai zinātniskās

domas virzībai, ir būtiski mainījušies priekšstati par atsevišķu reljefa formu izvietojuma likumsakarībām, uzbūvi un veidošanās apstākļiem (Lhevkov, 1980; Boulton, 1987; Aber *et al.*, 1989; Āboltiņš, Zelčs, 1988; Āboltiņš, 1989; Alley, 1991; 1993; Arnold, Sharp, 2002; Benn, Evans, 1996; Zelčs, Dreimanis, 1997; Markots, 2010).

Plakanvirsas pauguri ieņem noteiktu vietu augstieņu reljefā un tie noteikti definējami kā saliktas ģenēzes un uzbūves ledāja reljefa formas (Āboltiņš, 1989; Bitinas, 2004; Markots, 2010). To izpēte ļauj noskaidrot, kādi vides apstākļi pastāvēja kontinentālās segledāja salveida deglaciācijas (pēc Āboltiņš *et al.*, 1972; Āboltiņš 1975b) lietotās terminoloģijas) pirmsākumos, kad salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu iekšējā zonā sākās ledāja sarukšana, kas ārēji vispirms izpaudās kā tā biezuma samazināšanās, un radās stagnantā ledus lauki, iezīmējot pāreju no ledāja gultnes deformācijas uz ledājukušanas ūdeņu baseinu veidošanos.

Darba novitāte

Lai gan ar dažādiem nosaukumiem apzīmētais plakanvirsas pauguru reljefs ir aprakstīts daudzās publikācijās un tā izplatība ir atspoguļota dažādās, sākotnēji maza, vēlāk galvenokārt maza vai vidēja mēroga ģeomorfoloģiskajās kartēs (Isachenkov, Tatarnikov, 1972; Malahovskiy, Vigdorčik 1963; Vanaga, 1970; Āboltiņš *et al.*, 1974, 1976; Meirons, 1976; Eberhards, 1977; Straume, 1979; Ginters, 1984; Bitinas, 1990, 1994; Guobyte, 2007b), pat detālākajās no tām nav sniegta vienlīdz kvalitatīva informācija par šo savdabīgo augstieņu reljefa formu un to kompleksu izvietojumu, morfoloģiju un uzbūvi.

Pētījuma novitāte izriet no iegūto un darba izmantoto materiālu kopuma un pielietojamo metožu klāsta. Izmantojot daudzveidīgu telpiskās informācijas avotu klāstu, šajā pētījumā ir iegūta augstas precizitātes un ticamības pētāmo reljefa formu izplatības digitālā karte, kas ĢIS vidē papildināta ar plakanvirsas pauguru datubāzi. Datubāzē satur 354 plakanvirsas pauguru reljefa formu izvērstus morfoloģiskos rādītājus un informāciju par iekšējo uzbūvi (Markots, 2010). Tas ļauj kritiski izvērtēt citu pētnieku agrāk iegūtos datus un izdarīt secinājumus par formu izvietojuma, morfoloģijas un uzbūves īpatnībām saistībā ar augstieņu reljefa un uzbūves attīstību, bet it īpaši ar jaunāko pētījumu rezultātiem par apledošanas deglaciācijas gaitu un tās hronoloģiju Latvijā un blakus esošajās valstīs (Rinterknecht *et al.*, 2006; Raukas *et al.*, 2004; Guobyte, 2004; Zelčs, Markots 2004; Karabanov *et al.*, 2004; Marks, 2004; Velichko *et al.*, 2004; Zelčs *et al.*, 2010, in preparation). Pirmo reizi plakanvirsas pauguru pētījumos izmantoti arī zemes

virsmas digitālie modeļi (DTM), radīti gan no liela mēroga topogrāfiskajam kartēm, gan no lāzerskenēšanas datiem. Par īpaši nozīmīgu veikumu ir jāuzskata atsevišķu plakanpauguru izplatības areālu telpiskā sakārtojuma analīze, kas aptver hipsometriskā novietojuma, relatīvā augstuma, formu linearitātes un platības salīdzinošu analīzi. Minētie morfoloģiskie rādītāji sniedz informāciju par plakanvirsmas pauguru raksturojumu horizontālā (plakniskā) un vertikālā griezumā, un ļauj veikt to izplatības likumsakarību analīzi trīsdimensionālā skatījumā.

Pētījumu teritorijā ir veikta detāla mēroga (1:10 000) augšējo nogulumu slāņkopas kartēšana ar rokas ģeoloģisko urbi. Pauguru šķērs- vai atsevišķu nogāžu profila līnijās veikta nivelēšana ar ciešo nivelieri N-3. Atsegumos veikti oļu linearitātes un slāņu saguluma apstākļu mērījumi. Šo mērījumu datu apstrādē izmantotas statistiskās apstrādes metodes datorizētā vidē (StereoNet datorprogrammu).

Agrāk daudzviet pleistocēna mālus (līdz 20. gs. 70. gadu sākumam) izmantoja ķieģeļu, drenu cauruļu ražošanā vai keramikā. Kā viens no telpisko datu avotiem lauka pētījumiem bija arī autora sagatavotā esošo derīgo izrakteņu karjeru, galvenokārt grants, smilts un māla datubāze, kur fiksējot derīgā izrakteņa veidu (tipu), praktiski pēdējos 40 gadus jau vairs nekur māli netiek uzrādīti, bet gan tikai grants, grants – smilts, vai smilts. Tādējādi mūsdienās plakanvirsmas pauguros esošajos karjeros iegūst vai nu smilti, vai granti, bet derīgā izrakteņa ieguves vietas no pauguru virsotnēm ir pārcēlušās uz pauguru nogāzēm. Tādējādi darba novitāte izriet no iegūto un darba izmantoto materiālu kopuma un pielietojamo metožu klāsta.

Darba hipotēze

Līdz ar ledāja cilmes augstieņu kā kontinentālo līdzenumu makroformu ģenētiskās daudzveidības atklāšanu (Āboltiņš, 1972) to glaciomorfoloģisko uzbūves atšķirību noskaidrošanai, salīdzinājumā ar glaciodepresiju zemieņu reljefa formām, Latvijā un citur Baltijas jūras reģionā un tam pieguļošajā teritorijā, tika pievērsta pastiprināta uzmanība. Pateicoties pētījumu kompleksajam raksturam, tie noveda pie atziņas, ka ledāja reljefa mezoforamas, kurām pieder arī plakanvirsmas pauguri, ir radušās gan ledāja nogulumu nevienmērīgas uzkrāšanās, gan arī ledāja deformējošās iedarbības uz gultni rezultātā (Āboltiņš, 1972; 1975, 1989; Āboltiņš, Zelčs, 1988; Piotrowski et al., 2004). Plakanvirsmas pauguru morfoloģijas un uzbūves atšķirības ļāva izvirzīt darba hipotēzi, ka to veidošanās ir vairākpakāpju process, kura sākotnējā fāzē norisinās dažādas izcelsmes ledāja nogulumu

pieledāja un zemledāja uzkrāšanās, ko nomaina aktīva ledus radītās ledāja gultnes nogulumu deformācijas, kas noslēdzas ar mālaino un aleirītisko nogulumu nogulsnešanu iekšledāja un virsledāja ledusezeros.

Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

Plakanvirsas lielpauguri ieņem nozīmīgu vietu Latvijas salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu - Alūksnes, Vidzemes un Latgales reljefā un virskārtas nogulumu segas raksturā. Balstoties uz šī tipa pauguru, kas parasti atbilst lielpauguru izmēram (Straume, 1979) ģenētisko saistību ar pārejām zemledāja izcelsmes reljefa formām, telpisko izvietojumu, morfoloģiju un iekšējās uzbūves īpatnībām aizstāvēšanai tiek izvirzītas šādas galvenās tēzes:

1. Plakanvirsas pauguru veidošanās ir sarežģīts vairākpakāpju process, kas aizsācies zemledāja gultnes deformācijas apstākļos, bet noslēguma fāzē norisinājies stāvošu ledājkušanas ūdeņu vidē.
2. Plakanvirsas pauguru areālu izvietojumu ir noteikusi aktīva ledāja ledus masu dinamika, tāpēc tie izvietojušies ledāja mēļu un mikromēļu malas zonā, proksimālā virzienā no galvenajām ledsaplūdes zonām, kas iezīmē ledāja lobu konverģences joslas un kurās atrodas pirmmasīvpauguri.
3. Ledājkušanas ūdeņu baseinu veidošanās un glaciolimnisko nogulumu uzkrāšanās procesā nozīmīga loma bija arī zemledāja ledājūdeņiem, kuru uzkrāšanos ledāja gultnē veicināja plašie zemledāja glaciostrukturū pacēlumi un ledāja gultnē izskaloto nogulumu transports hidrostatiskā spiediena gradienta ietekmē un ledus plaisām un caurkusumiem recesējošā ledāja malas zonā.

Pētījuma mērķis un uzdevumi

Darba mērķis ir izzināt plakanvirsas pauguru izplatības, morfoloģijas, telpiskā sakārtojuma, iekšējās uzbūves un attīstības reģionālās un lokālās likumsakarības Latvijas salveida akumulatīvi glaciostrukturālajās augstienēs.

Darbā izvirzītā mērķa sasniegšanai tika izvirzīti šādi galvenie uzdevumi: 1) apzināt un apkopot līdzšinējos pētījumus par plakanvirsas pauguriem Latvijā un pleistocēna apledojumu apgabalos; 2) izmantojot mūsdienu ģeotelpiskās analīzes metodes, iegūt un apkopot datus par plakanvirsas pauguru morfoloģiju, izplatību, sakārtojumu un izvietojumu attiecībā pret citām ledāja reljefa formām salveida akumulatīvi

glaciostrukturālajās augstienēs; 3) noskaidrot un analizēt pētīto reljefa formu uzbūves īpatnības, izmantojot vispārpieņemtās kvartāra nogulumu un ledāja reljefa formu pētīšanas metodes; 4) pamatojoties uz plakanvirsas (platovirsas) pauguru morfoloģisko tipizāciju, telpiskā izvietojuma un iekšējās uzbūves pētījumu rezultātiem, noskaidrot šo formu veidošanās apstākļus.

Rezultātu aprobācija

Pētījuma rezultāti ir publicēti 10 zinātniskās publikācijās, no kurām 5 ir publicētas vai pieņemtas starptautiski citējamās žurnālos vai kolektīvās monogrāfijās un ir pieejamas starptautiski citējamo izdevumu datubāzēs. Pētījumu rezultāti ir izmantoti Starptautiskās kvartāra pētniecības savienības (INQUA) pēckongresa lauka zinātniskās ekskursijas (INQUA 1995. Quaternary field trips in Central Europe; C-3 Baltic Traverse), maršruta sagatavošanā un vadīšanā, un Peribaltijas darba grupas lauka simpozija „International Field Symposium on Glacial Geology and Quaternary Environment in Latvia”, kas notika 1998. gadā no 25. līdz 31. maijam, maršruta sagatavošanā un vadīšanā. Tie publicēti divos lauka zinātnisko ekskursiju ceļvežos (skat. publikāciju sarakstu). Divas publikācijas ir sagatavotas kā norādījumi par ģeoloģiskās informācijas, tajā skaitā, reljefa formu un nogulumu kā ģeoloģiskās vides potenciāla, izmantošanu telpiskajā plānošanā (Zelčs, Markots, 1999a, 1999b).

Par promocijas darba rezultātiem ir sagatavoti 8 referāti un ziņots zinātniskos kongresos, starptautiskās konferencēs un simpozijos un 9 vietējas nozīmes zinātniskās konferencēs.

Publikācijas

Monogrāfijas un raksti kolektīvajās monogrāfijās:

Zelčs, V., Markots, A., Nartišs M., Saks, T., 2010, *in press*. Pleistocene glaciations in Latvia. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L., Hughes, P. (eds.), *Quaternary Glaciations - Extent and Chronology. Part IV: A closer look*. Elsevier, 21 pp.

Zelčs, V., Markots, A., 2004. Deglaciation history of Latvia. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L. (ed.), *Quaternary glaciations – extent and chronology. Part I: Europe*. Elsevier. pp. 225 – 243.

Zelčs, V., Markots, A., 1999a. *Ģeoloģiskās informācijas izmantošana teritorijas attīstības plānošanā*. ZB "Zalktis", Rīga, 123 lpp.

Zelčs, V., Markots, A., 1999b. *Derīgie izrakteņi. Rajonu plānošana Latvijā. Kuldīgas rajons kā piemērs*. Jumava, Rīga. 87 lpp.

Raksti starptautiskos izdevumos

Markots, A., *in review*. Distribution, spatial arrangement and internal composition of plateau-like hills in insular accumulative-glaciostructural uplands of Latvia. *In: Eiszeitalter und Gegenwart – Quaternary Science Journal*. 12 p

Markots, A., Āboltiņš, O., 1998a. STOP 7 and 8. Morphology and internal structure of Smetes composite hills. *In: Zelčs, V. (ed.), Field Symposium on Glacial Processes and Quaternary Environment in Latvia, Excursion guide*. Rīga. pp. 51 – 57.

Markots A., Āboltiņš O. 1998b. STOP 9. Morphology and internal structure of plateau-like hills at Skujene. *In: Zelčs, V. (ed.), Field Symposium on Glacial Processes and Quaternary Environment in Latvia, Excursion guide*. University of Latvia, Rīga, pp. 57–62.

Markots, A., Zelčs, V., Strautnieks, I., 1995. Zabegi exposure, Feimanka microglaciodepression. *In: Schirmer W. (ed.), INQUA 1995. Quaternary field trips in Central Europe, 1. C-3 Baltic Traverse*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munchen, pp. 159 - 160.

Āboltiņš, O., Markots, A., Strautnieks, I., 1995. Smetes hills primary massif. *In: Schirmer W. (ed.), INQUA 1995. Quaternary field trips in Central Europe, 1. C-3 Baltic Traverse*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munchen, p. 161.

Āboltiņš, O., Markots, A., 1995. Skujene plateau - like hills area. *In: Schirmer W. (ed.), INQUA 1995. Quaternary field trips in Central Europe, 1. C-3 Baltic Traverse*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munchen, pp. 161 – 162.

Konferenču tēzes

Markots, A., 2010a. Distribution, spatial arrangement and internal composition of plateau-like hills in insular accumulative-glaciostructural uplands of Latvia. *In: Ice, Water, Humans – Quaternary landscape evolution in the Peribaltic region*. 35. *Hauptversammlung der Deutschen Quartärvereinigung DEUQUA E.V., 12th Annual meeting of the INQUA Peribaltic Working group. Conference proceedings*. 13. - 17. september in Greifswald, Germany, pp. 126 - 127.

Dzelzītis, J., Markots, A., Zelčs, V., 2004. Database and map of Late Weichselian directional ice flow features of Latvia. *In: Zelčs, V., Segliņš, V., (eds.), International Field Symposium on Quaternary Geology and Modern Terrestrial Processes, Western Latvia, September 12-17, 2004: Abstract of papers and posters*. Rīga, University of Latvia, pp. 13 - 14.

Zelčs, V., Markots, A., Dzelzītis, J., 2003. Map of Late Weichselian directional ice-flow features of Latvia. Paper No. 24-12. Sesion No. 24. T10. Glaciogeological and geomorphological evidence of ancient ice streams and outlet glaciers. *In: Shaping the Earth: A Quaternary Perspective. The XVI INQUA Congress Programs with Abstracts*. Reno, Nevada, p 118.

Zelčs, V. and Markots, A., 2003. Deglaciation history of Latvia. *Paper No. 40-8. Sesion No. 40. T6. Glacier Extent and Ice Thickness in Eurasia at the Last (?) Glacial Maximum*. *In: Shaping the Earth: A Quaternary Perspective. The XVI INQUA Congress Programs with Abstracts*. Reno, Nevada, p 144.

Dzelzītis, J., Markots, A., Zelčs, V., 2003. Mapping of directional ice flow features during Late Weichselian deglaciation of Latvia. *In: Raukas, A., Kukk, H., (eds.), International symposium on Human impact and geological heritage. Excursion Guide and abstracts*. Tallinn, pp. 63 - 64.

Zelčs V., Markots A., Strautnieks I., 1998. Novije dannije ob uslovijah zaļeganija Raunskih sloev, Centraļnaja Vidzeme, Latvija. *Krāj.: Glavnheisije itogi v izucheniji*

chetvertichnogo perioda i osnovnije napravlhenija isslhedovanhij v XXI veke. Sanktpeterburg, s. 158. - 159.

Markots, A., 1998. Uporjadochennosts i osnovnije osobennosti vnutrenhnego strojenija krupnoholmistogo relhjefa ostrovnih glhaciostrukturno – akkumuljativnih vozvisjennostei Latvii. *Krāj.: Glavnheisije itogi v izucheniji chetvertichnogo perioda i osnovnije napravlhenija isslhedovanhij v XXI veke.* Sanktpeterburg, s. 166.

Markots, A., 1992. Formirovanije glaciostrukturnogo relhjefa severnoi chasti Latgalhskoj vozvishennosti. *Grām.: Geologija chetvertichnih otlozhenij i noveishaja tektonika lhednhikovih oblastei Vostochnoi Evropi.* Rossijskaja AN, Kolhskij nauchnij centr, Apatiti (*in Russian*).

Citas publikācijas

Markots, A., 2001. Geographical location. *In: ProGEO Working Group Nr. 3 Meeting. Guidebook & abstracts.* University of Latvia, Rīga, p. 8.

Markots, A., Zelčs, V., 2001. Overview of surface topography and Quaternary geology. *In: ProGEO Working Group Nr. 3 Meeting. Guidebook & abstracts.* University of Latvia, Rīga, pp. 13-16.

Markots, A., Zelčs, V., 2001. Geological and geomorphological nature monuments as specifically protected nature areas of state significance in Latvia. *In: ProGEO Working Group Nr. 3 Meeting. Guidebook & abstracts.* University of Latvia. pp. 32 - 33.

Markots, A., 1997. Rāznavas pauguraines. *Grām. Kavacs, G. (red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba*, 4. sēj. Preses nams, Rīga, 226.-228. lpp.

Markots A. 1995. Feimaņu pauguraine. *Grām. Kavacs, G. (atb. red.), Latvijas Dabas Enciklopēdija*, 2. sēj.. Rīga, Latvijas Enciklopēdija. 70.-71. lpp.

Markots, A., 1994. Burzavas pauguraine. *Grām. Kavacs, G. (atb. red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba*. 1. sēj. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 177.-178. lpp.

Markots, A., 1994. Dagdas pauguraine. *Grām. Kavacs, G. (atb. red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba*. 1. sēj. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 207.-208. lpp.

Latvijas konferenču tēzes

Markots, A., 2010b. Plakanvirsas lielpauguru morfoloģisko īpatnību raksturs Latvijas austrumdaļas augstienēs. *Krāj.: Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 68. zinātniskās konferences referātu tēzes.* Rīga, LU Akadēmiskais apgāds. 332. - 333. lpp.

Zelčs, V., Dzelzītis, J., Markots, A., 2004. Ledāja plūsmas virzieni Latvijā pēdējā apledojuuma laikā. *Krāj.: Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Latvijas Universitātes 62. zinātniskā konference. Referātu tēzes.* Latvijas Universitāte, Rīga, 185. -187. lpp.

Zelčs, V., Dzelzītis, J., Markots, A., Menniks, M., 2001. Neparasti ledāja kustības virzieni Latvijā pēdējā apledojuuma deglaciācijas laikā. *Krāj.: II Pasaules latviešu zinātnieku kongress, Rīga, 20001. gada 14.-15. augusts. Tēžu krājums*, 277. lpp.

Markots, A., Āboltiņš, O., 1999. Vidzemes augstienes zvoncu morfoloģiskie tipi. *Grām. Zeme. Daba. Cilvēks LU 57. konference*, Tēžu krājums, LU, Rīga, 95.–99. lpp.

Markots, 1996. Osveidīgās reljefa formas salveida glaciostruktūru - akumulatīvajās augstienēs. *LU 55. zinātniskās konferences tēzes un programmas.* LU, Rīga, 33.lpp.

Referāti starptautiskos kongresos, konferencēs un simpozijos:

Vācijā:

Markots, A.: Distribution, spatial arrangement and internal composition of plateau-like hills in insular accumulative-glaciostructural uplands of Latvia. *Quaternary Landscape Evolution in the Peribaltic Region; 13-17 September 2010, in Greifswald, Germany. Quaternary Landscape Evolution in the Peribaltic Region; 13-17 September 2010, in Greifswald, Germany.*

ASV:

Zelčs, V., Markots, A., Dzelzītis, J.: Map of Late Weichselian directional ice-flow features of Latvia. *Paper No. 24-12. Sesion No. 24. T10. Glaciogeological and geomorphological evidence of ancient ice streams and outlet glaciers. In: Shaping the Earth: A Quaternary Perspective. The XVI INQUA Congress Programs with Abstracts. Reno, Nevada, July 23 - 30, 2003.*

Zelčs, V., Markots, A.: Deglaciation history of Latvia. *Paper No. 40-8. Sesion No. 40. T6. Glacier Extent and Ice Thickness in Eurasia at the Last (?) Glacial Maximim. In: Shaping the Earth: A Quaternary Perspective. The XVI INQUA Congress Programs with Abstracts. Reno, Nevada, July 23 - 30, 2003.*

Krievijā:

Markots, A.: Uporjadochennosts i osnovnije osobennosti vnutrenhnego strojenija krupnoholmistogo relhjefa ostrovnih glhaciostrukturno – akkumuljativnih vozvisjennostei Latvii. *Vserossijskoje soveščanije: Glavneishije itogi v izuceniji chetvertichnogo perioda i osnovniye napravleniya issledovaniy v XXI veke. Sanktpeterburg, 12. – 19. septembris 1998.*

Baltijā:

Dzelzītis J., Markots A., Zelčs V.: Database and map of Late Weichselian directional ice flow features of Latvia. *International Field Symposium on Quaternary Geology and Modern Terrestrial Processes, Western Latvia, September 12-17, 2004.*

Dzelzītis J., Markots A., Zelčs V.: Mapping of directional ice flow features during Late Weichselian deglaciation of Latvia. *International symposium on Human impact and geological heritage. Tallinn, 12-17 May, 2003.*

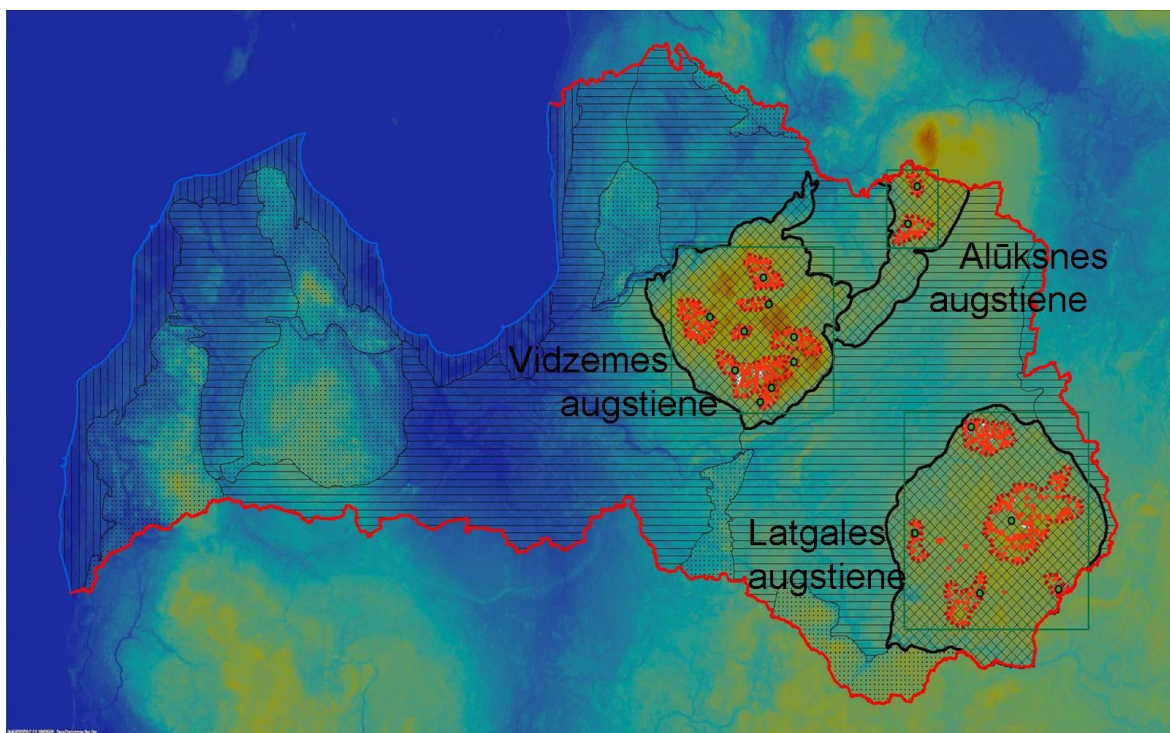
Markots A., Zelčs V.: Overview of surface topography and Quaternary geology. *Ģeoloģiskā mantojuma saglabāšanas Eiropas Asociācijas (The European Association for the Conservation of the Geological Heritage - ProGEO), 3. - Ziemeļeiropas - darba grupas (ProGEO Working Group No. 3 North Europe) darba sanāksme Latvijā 2001.g. 24. - 28. maijs.*

Vienlaicīgi ar dalību starptautiskās konferencēs, darba autors ar pētījumu rezultātiem ģeomorfoloģijā un kvartārģeoloģijā ir iepazīstinājis Latvijas zinātnisko sabiedrību, laikā no 1996. līdz 2010. gadam piedaloties 9 konferencēs, kur individuāli vai kopā ar līdzautoriem nolasīti 9 referāti par promocijas darba tematiku.

Izstrādātie materiāli un metodes tāpat tiek aprobēti un izmantoti LU studijuursos “Zemes tālīzpēte”, “Tālīzpētes materiālu apstrāde un interpretācija (TMAI), “Kartes, tālīzpēte un ĢIS”, “Ģeomorfoloģija” un “Vides ģeomorfoloģija”, kā arī lauka kursā “Ģeomorfoloģija”.

1. PĒTĪJUMU TERITORIJAS NOVĪETOJUMS UN ĢEOLOĢISKI ĢEOMORFOLOĢISKAIS RAKSTUROJUMS

Pētījumu teritorija aptver Austrumlatvijas salveida akumulatīvi glaciostrukturālās augstienes. Šajā augstieņu grupā ietilpst Alūksnes, Vidzemes un Latgales augstiene. Visas tās atrodas pēdējā Fenoskandināvijas ledusvairoga periferiālās segas iekšējā joslā (Āboltiņš, 1972, 1975, 1989; Asejev, 1974; Āboltiņš *et al.*, 1988, 1989; Straume, 1979; Zelčs, Markots, 2004). Tās kopā ar Hānja un Otepes augstieni Igaunijā, Žemaitijas un Telšu augstieni Lietuvā, Bežanicu un Sudomas augstieni Krievijas Federācijā un daudzām citām augstienēm Ziemeļpolijā un Vācijā veido izometriskas formas glacioelevāciju joslu (Basalikas, 1969), kurā šī tipa augstienes vienu no otras šķir ledāja zemienes (Āboltiņš, 1972, 1975, 1989; Āboltiņš *et al.*, 1988, 1989).



1.1. attēls. Salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu novietojums saistībā ar mūsdienu zemes virsas reljefu, izmantojot SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) zemes virsas digitālo modeļa datus.

Figure 1.1. Location insular accumulative glaciostructural uplands in Latvia with respect to DEM derived from SRTM.

Pēdējā apledošanas transgresīvajā etapā salveida akumulatīvi glaciostrukturālās augstienes atradās ledus lobu ledsaplūdes (konverģences) zonā (Āboltiņš, Zelčs, 1988; Zelčs, Markots, 2004), kaut gan daudzās zinātniskajās publikācijās tā tiek neprecīzi definēta, kā ledusšķirtņu zona (Āboltiņš, 1972, 1975; Raukas, 1978; Raukas, Karukäpp, 1979; Āboltiņš *et al.*, 1977a, b, c; 1988, 1989; Straume, 1979). Par termina „ledusšķirtne”

neprecīzu interpretāciju un izmantošanu salveida augstieņu paleoglacioģiskā novietojuma apzīmēšanā norādījis jau L. Serebrjannijs (Serebrjannij, 1978, 61. lpp.).

Salveida akumulatīvi glaciostrukturālās augstienes atrodas uz subkvartārās virsmas samērā maz saposmotiem lielpacēlumiem (Āboltiņš, 1972, 1975; Āboltiņš *et al.*, 1975, 1975, 1988, 1989; Meirons *et al.*, 1974). Tās raksturojas ar palielinātu pleistocēna, galvenokārt ledāja izcelsmes, nogulumu biezumu (Āboltiņš, 1972, 1975, 1984; Straume, 1979; Dreimanis, Zelčs, 1995; Zelčs, Markots, 2004) un stratigrāfiski vispilnīgāko griezumu (Meirons, 1986; 1992). Galvenā loma mūsdienu virsas saposmojumā un reljefa formu veidošanā ir pēdējā apledošanas nogulsnētajiem nogulumiem (Āboltiņš, 1972, 1989). Šie nogulumi ir pārsvarā deformēti ledāja dinamiskās iedarbības rezultātā. Dažāda tipa glaciotehtoniskās deformācijas struktūras atspoguļojas mūsdienu reljefā kā pirmmasīvpauguri, plakanvirsas pauguru pamatnes daļas, morēnpauguri, dauguļi, osveida formas un orientētu paugurgrēdu reljefs. Vairāki autori (Āboltiņš, 1975, 1989; Āboltiņš *et al.*, 1988, 1989) arī norāda, ka salveida akumulatīvi glaciostrukturālās augstieņu reljefā izdalās divas zonas.

Iekšējā jeb centrālajā zonā ir izplatītas pārsvarā ledāja glaciostrukturālās lielpauguru un vidējpauguru reljefa formas un ledāja akumulācijas sīkpauguru reljefs, kas izvietoti dažādā hipsometriskā līmenī (Āboltiņš, 1975), bet kopumā augstākās no tām veido šo augstieņu mūsdienu virsas augstākos punktus (Āboltiņš, 1989; Āboltiņš *et al.*, 1988, 1989). Pēc B. N. Možajeva (Mozhajev, 1973) domām augstienēs izdalāmo reljefa līmeņu veidošanās saistīta ar ledāja akumulatīvo darbību, un uzskatāma kā ledāja nogulumu paraģenētiskās rindas veidošanās un uzkrāšanās likumsakarību atspoguļojums. Tā kā šajā darbā galvenā uzmanība pievērsta plakanvirsas pauguriem, kurus minētais autors dēvē par zvonciem, tad vislielāko interesi izraisa B.N. Možajeva (*ibid*) izdalītais trešais, visaugstākais reljefa hipsometriskais līmenis, kurā noteicošā loma piemīt zvonciem. O. Āboltiņš (1975) gan norāda, ka šajā līmenī visaugstākos zemes virsas punktus veido ledāja pirmmasīvpauguri, bet plakanvirsas pauguri izplatīti nedaudz zemākā hipsometriskā stāvoklī. Salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu centrālās zonas reģionālās studijas (skat. Āboltiņš *et al.*, 1975, 1976, 1988, 1989; Meirons, 1976) apstiprina šo O. Āboltiņa slēdzienu, gan ar izņēmumu, jo augstākais Latvijas mūsdienu zemes virsas punkts – Gaiziņkalns raksturojas ar ļoti biezu glaciolimniska māla segu, bet atbilst pirmmasīvu grupai tikai pēc hipsometriskā novietojuma (Āboltiņš, 1989), bet morfoloģijas un uzbūves ziņā ir pieskaitāms plakanvirsas pauguriem (Zelčs, Markots, 1999a, 2004).

Salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu periferiālo daļu veido orientētais paugurgrēdu reljefs, ko parasti apzīmē kā ledāja marginālos veidojumus (Āboltiņš, 1975, 1989; Meirons *et al.*, 1976; Straume, 1979). Starp dažādiem ledāja malas veidojumu pētniekiem (Āboltiņš *et al.*, 1972; Meirons *et al.*, 1976; Straume, 1979; Zelčs, Markots, 2004; Zelčs *et al.*, *in press*) pastāv vienots uzskats, ka periferiālās zonas paugurgrēdu reljefs, un tātad arī deglaciācija Latgales augstienē aizsākās agrāk nekā Vidzemes un Alūksnes augstienē. Latgales augstienē pēc O. Āboltiņa *et al.* (1972), Z. Meirona *et al.* (1976), J. Straumes (1979) uzskatiem par tās sākumu fiksē Indras fāzes malas veidojumi. Pēdējos gados veiktie pētījumi ar SRTM un Latvijas zemes virsmas digitālā modeļa izmantošanu liecina, ka teritorija, kas pirmā atbrīvojās no pēdējā kontinentālā segledāja bija daudz plašāka un aptvēra arī Latgales augstienes augstāko daļu (Zelčs *et al.*, *in press*) un tāpēc ierosina šo deglaciācijas fāzi saukt par Dagdas fāzi. Alūksnes un Vidzemes augstienes periferiālais reljefs veidojās Gulbenes fāzes laikā, kas agrākajos pētījumos (Āboltiņš *et al.*, 1972, 1974, 1977a, b, 1988; 1989; Chebotareva *et al.*, 1965a; Chebotareva, 1972; Chebotareva, Makaricheva, 1974; Meirons *et al.*, 1976; Straume, 1979; Punning *et al.* (1967, 1968), Raukas *et al.*, 1995a, b; Serebryanny, Raukas, 1966, 1967; Zarina, Krasnov, 1965; Raukas *et al.*, 2004; Guobyte, 2004; Velichko *et al.*, 2004; Zelčs, Markots, 2004) tika korelēta Viduslietuvas fāzi Lietuvā.

Turpmāk tekstā sniegts to augstieņu īss raksturojums, kurās sastopami plakanvirsmas pauguri, pievēršot uzmanību šo formu novietojumam un ietverošo reljefa veidojumu īpatnībām.

1.1. Alūksnes augstiene

Alūksnes augstiene atrodas vistālāk ziemeļaustrumos no visām Latvijas akumulatīvi glaciostrukturālajām salveida augstienēm. Tās platība ir 887 km². Tādējādi, tā ir vismazākā salveida akumulatīvi glaciostrukturālā augstiene Latvijā. Uzbūves, morfoloģijas un mūsdienu reljefa veidošanās apstākļu ziņā tā tikai nedaudz atšķiras no Vidzemes augstienes (Āboltiņš *et al.*, 1975; 1976; Straume, 1979; Āboltiņš, 1989).

Alūksnes augstienes pamatnē atrodas lēzens pamatiežu lielpacēlums, kura virsu veido augšdevona Pļaviņu, Salaspils, Daugavas, Ogres un Katlešu svītas karbonātieži un terigēnie nogulumu (Mūrnieks, 2002). To virsmas absolūtais augstums mainās no 110-115 m augstienes dienvidu daļā Jaunannas un Zeltiņu apkārtnē, bet Veclairēnes paugurainē ziemeļos sasniedz pat 150-160 m. Subkvartāro virsmu nedaudz saposmo atsevišķi lokāli

pacēlumi Veclaicenes paugurainēs centrālajā daļā (145 m) un Jaunlaicenes tuvumā (130 m), un neliela ieplaka dienvidos no Alsviķiem (92 m). Rietumos pie robežas ar Trapenes līdzenumu devona iežu virsas paaugstinājums pāriet lēzenā nogāzē, bet austrumos tas turpinās Adzeles pacēluma teritorijā (Āboltiņš *et al.*, 1976; Āboltiņš, 1994).

Kvartāra nogulumu biezuma izmaiņas saistītas galvenokārt ar izmaiņām mūsdienu reljefu raksturā. Augstākajos masīvos Veclaicenes un Malienas pauguraiņu centrālajās zonās kvartāra nogulumu biezums sasniedz 90 līdz 100 m, bet augstienes malas joslā tas samazinās līdz 30-40 m (Āboltiņš *et al.*, 1976; Āboltiņš, 1994). Pamatiežu virsas reljefa īpatnības daļēji atspoguļojas arī mūsdienu reljefā kā dažāda augstuma pacēlumi augstieņu (Alūksnes un Vidzemes) un pauguraiņu pamatnē (Mūrnieks, 2002).

Alūksnes augstienes teritorijā nodala Veclaicenes un Malienas pauguraini. Tās šķir Vaidavas pazeminājums (Zelčs, Šteins, 1989). Ziemeļaustrumos no Veclaicenes ar šauru paugurainu reljefa joslu Veclaicenes pauguraine savienojas ar Hānjas augstieni Igaunijā. Reāli tās veido vienotu augstieni, ko nenodalot valstu robežas, visbiežāk sauc par Hānjas augstieni. Abu Latvijas teritorijā ietilpstošo Alūksnes augstienes pauguraiņu ģeoloģiskā uzbūve ir līdzīga. Nelielas atšķirības novērojamas tikai ledāja reljefa formu hipsometrijā, morfoloģijā un izvietojumā. Abās Alūksnes augstienes paugurainēs ir labi izteiktas salveidīgajām augstienēm raksturīgās centrālās zonas (Āboltiņš *et al.*, 1976). Kā norāda O. Āboltiņš (1989, 1994), to reljefs galvenokārt izveidojies zemledus akumulācijas un nogulumu deformācijas apstākļos vēl laikā, kad augstieni pārklāja vienlaidus ledus sega. Turpretim perifērijas zona pārsvarā sastāv no marginālajām reljefa formām, kas veidojušās ledāja recesijas procesā Gulbenes deglaciācijas fāzes laikā saskarsmes zonā starp aprimušo ledāju paugurainu centrālajā daļā un vēl aktīvajām plūsmām zemienēs (Straume, 1979).

Augstākā un saposmotākā ir Veclaicenes pauguraine, kuras austrumu daļu no Hānjas augstienes norobežo relatīvi plašais Pērļupes (Perlijogi) pazeminājums. Pēdējā apledošanas deglaciācijas etapā to aizņēma Pērļupes (Perlijogi) ledus mēle (Zelčs, Markots, 2004). Pauguraines centrālajā daļā raksturīgi līdz 40-50 m augsti lielpauguri un pārsvarā dažāda izmēra, pārsvarā kupolveida, formu kompleksi, kuru augstākās virsotnes atrodas 230-270 m vjl. (Dēliņkalns – 271,5 m, Sauleskalns – 266,7 m vjl.). Hipsometriski nedaudz zemāku līmeni ieņem ar māla segu pārklātie plakanvirsas pauguri ziemeļos no Māriņkalna. Paugurus pārsvarā veido glaciotektoniski deformēti ledāja nogulumi, kuru sastāvā nereti dominē smilts un grants slāņkopas. Paugurus atdala dziļas ieplakas, kas ir pārpuvotas vai tās aizņem mazi ezeri. Perifērijas zonā galvenokārt izplatīti zemāki vaļņveida pauguri,

grēdas un kupolveida nedaudz iegareni vai izometriski morēnas pauguri. Izteikti lineāro vai nedaudz iegareno reljefa formu muguras stiepijas paralēli augstienes nogāzei. Ziemeļos šo zonu šķērso Kornetu-Peļļu subglaciālā vāga. Pauguri un grēdas sastāv no sabīdītām un sakrokotām morēnas zvīņām, kas mijas ar dažāda biezuma dažādgraudainas vai granšainas un oļainas smilts slāņkopām. Pēdējās nereti veido arī atsevišķas reljefa formas, piemēram, Ziemeru atšķelšanās paugurvalni (Straume, 1979; Āboltiņš, 1994).

Malienas pauguraine aizņem Alūksnes augstienes austrumu un dienvidu daļu. Tās centrālās zonas, kas stiepta ziemeļaustrumu-dienvidrietumu virzienā. Tajā pauguri atrodas zemākā hipsometriskā līmenī un raksturojas ar mazāku relatīvo augstumu. Lielākas platības aizņem plakanvirsas pauguri, kā arī morēnas sīkpauguri, kas veido sīkpauguraines, it īpaši ziemeļos no Mārkalnes un augstienes austrumu nogāzē. Kupolveidīgas glaciostruktūru formas sastopamas tikai Alūksnes tuvumā. Marginālais reljefs veido pauguraines perifēriju, kā arī ietver arī Alūksnes ezera ieplaku. Tas sastāv no 5-7 m līdz 10-15 m augstu vaļņveida pauguru virknēm un sistēmām, kas iezīmē dažādas aktivitātes ledāja plūsmu un mēļu saskarsmes zonas.

Vaidavas pazeminājums lokveidīgi atdala Veclaicenes un Malienas pauguraini. Tā virsa pakāpeniski paaugstinās no 140-150 m rietumos līdz 170-190 m vjl. Igaunijas pierobežā. To aizņem viļņots glaciofluviāls līdzenums ar atsevišķiem zemiem izometriskas formas morēnas pauguriem un to grupām un pārpurvotām ieplakām. Pazeminājuma centrālajā daļā atrodas Vaidavas ieleja. Tās platums mainās no 70-100 m līdz 500-700 m, dziļums nepārsniedz 5 m (Āboltiņš, 1994). Pēdējā apledošanas deglaciācijas etapā Vaidavas pazeminājumu aizņēma Vaidavas ledus mēle, bet Alūksnes ezera ieplakā un tai ziemeļaustrumos pieguļošajā augstienes pazeminātajā daļā izvietojās Alūksnes ledus mēle (Āboltiņš *et al.*, 1976; Zelčs, Markots, 2004).

1.2. Vidzemes augstiene

Vidzemes augstiene ir uzskatāma par tipomorfu akumulatīvi glaciostrukturālu salveida augstieni (Āboltiņš, 1972, 1989, 1995; Āboltiņš *et al.*, 1975; Straume, 1979).

Vidzemes augstienes pamatni veido subkvartārās virsas lielpacēlums, kas tās ziemeļos Rīgas - Pleskavas lūzumu zonas tuvumā izbeidzas ap 40-50 m augstu kāpļveida nogāzi, kas iezīmē litoloģisko robežu starp devona terigēno iežu un karbonātiežu svītām. Denudācijas kāpļes pakājē devona iežu virsa atrodas vidēji ap 60 m vjl., bet dienvidos no Smiltenes un tās augšējās krotas - ap 100-110 m vjl., paaugstinoties līdz 140-145 m Drustu

apkārtnē (Meirons, 2002). Tālāk dienvidu virzienā Ērgļu un Madonas tuvumā tā pakāpeniski pazeminās līdz 80-90 m vjl.. Pamatiežu lielpacēluma virsma ir lēzeni viļņota un tajā dziļāki iegrauzumi nav konstatēti (Āboltiņš *et al.*, 1975; Meirons *et al.*, 1976; Straume, 1979; Āboltiņš, 1995, 1998).

Augstienes lielākajā daļā kvartāra nogulumu biezums pārsniedz 60-80 m, bet Vestienas pauguraines hipsometriski augstākajos iecirkņos - pat 150 un vairāk metrus. Tikai augstienes nogāzes lejasdaļā un Augšgaujas pazeminājumā tas samazinās līdz 30-40 m (Āboltiņš *et al.*, 1975; Straume, 1979; Āboltiņš, 1995, 1998; Juškevičs, 2000; Juškevičs, Skrebels, 2002).

Kvartāra nogulumu pamatā atrodas Lētīžas leduslaikmeta veidojumi, kuri gandrīz nepārtraukta slāņa veidā pārklāj devona iežus, izņemot Augšgaujas un Augšogres pazeminājumus (Juškevičs, 2000). Tur tie konstatēti tikai atsevišķos urbemos. Nogulumi pārsvarā sastāv no ļoti blīvas, samērā viendabīgas sarkanbrūnas vai brūnsarkanas morēnas mālsmilts. Tā aizpilda devona iežu virsmas pazeminājumus vai veido nelielus izciļņus Piebalgas un Vestienas paugurainu centrālajās daļās, kuros morēnas biezums sasniedz 20 m. Mežoles paugurainē un Vidzemes augstienes perifērijā morēnas biezums reti pārsniedz 5 m. No augstāk gulošajiem Kurzemes leduslaikmeta veidojumiem Lētīžas morēnu bieži atdala smilšainu, aleirītisku nogulumu slāņkopa, kuras biezums Piebalgas paugurainē sasniedz pat 30 m (Āboltiņš, 1998; Juškevičs, 2000).

Vidzemes augstienes reljefā morfoģenētiski ļoti labi nodalās centrālā un perifērijas zona, ko noteica akumulācijas un glaciotehtonisko procesu, reljefa veidošanās apstākļu atšķirības abās zonās (Āboltiņš *et al.*, 1975; Straume, 1979; Āboltiņš, 1989). Centrālajā zonā zemes virsas absolūtais augstums pārsvarā pārsniedz 180-200 m. Tajā atrodas paugurainu reljefa hipsometriski augstākie iecirkņi. Šajā zonā ledāja reljefa formu veidošanās un nogulumu uzkrāšanās īpatnības lielā mērā noteica ledāja plūsmas mijiedarbība ar tās gultni. Senāko nogulumu izveidotie pacēlumi radīja ledāja plūsmu diferenciāciju, mainot to virzienu un dinamisko stāvokli (Āboltiņš, 1975). Tā rezultātā ievērojami pieauga spiediena gradienti, īpaši horizontālā virzienā. Ledāja atkāpšanās fāzē, samazinoties tā biezumam, gultnes izciļņu bremsējošais iespaids sekmēja morēnas slāņu pastiprinātu akumulāciju. Ledāja spiediena rezultātā šie slāņi tika atrauti no kopējās plūsmas, sabīdīti, sakrokoti vai izspiesti un augšu ne tikai dažādā dinamiskā stāvoklī esošo plūsmu saskares vietās, bet arī pašas gultnes paaugstinājumos, īpaši to pret ledāja kustību vērstajās nogāzēs. Šie apstākļi kopumā veicināja pamatmorēnas biezuma palielināšanos, kā arī augsto pauguraino masīvu izveidošanos virs senāko kvartāra nogulumu izciļņiem

Gaiziņkalna un Nesaules kalna apkārtnē Vestienas pauguraine, Klētskalna apkārtnē Piebalgas pauguraine un Dzērbenes tuvumā Mežoles pauguraine. To virsotņu absolūtie augstumi pārsniedz 250 m (Gaiziņkalns – 311,6 m, Sirdskalns - 296,8 m, Abrienas kalns – 287,3 m, Nesaules kalns – 284,2 m, Mazais Gaiziņkalns - 283,5 m, Ķelēnu kalns – 283,4 m un citi, kopumā vismaz 85 virsotnes paceļas virs 250 m vjl. atzīmes. Šie paugurainie masīvi sastāv no glaciotehtoniski deformētiem nogulumiem - sarkanbrūnas vai brūnas smilšainas morēnas ar biežām smilts, grants, retāk aleirīta dislocētām starpkārtām (Āboltiņš, 1989). Tikai atsevišķas virsotnes veido glaciofluviālie nogulumi. Hipsometriski zemākā līmenī (200-240 m vjl.) atrodas plakanvirsas pauguru virsotnes Ērgļu, Vestienas, Liezeres un Drustu apkārtnē. Tie ir līdz 25-30 m augsti un no 0,5 km² līdz 5 km² plaši pauguri ar stāvām, gravu saposmotām nogāzēm un līdzenām, nereti terasveidīgām virsotnēm. Paugurus veido glaciotehtoniski deformēti ledāja nogulumi, bet virsotnes pārklāj 8-10 m biezs mālu slānis (Āboltiņš, Markots, 1995b, Āboltiņš, Markots, 1998b). Ap minētajiem masīviem un plakanvirsas pauguriem grupējas pārsvarā hipsometriski zemāki dažāda augstuma un formas morēnas pauguri un pauguraini masīvi ar atsevišķiem kupolveida pauguriem, kurus veido dislocēti smilšaini, granšaini vai aleirītiski nogulumi. Starp pauguriem atrodas dažādu izmēru un formas pārpurvotas ieplakas, kuras nereti pārklāj glaciolimniskie vai glaciofluviālie nogulumi.

Ledāja kustībai aprimstot augstienes centrālajā zonā, tās perifērijā no apkārtējām zemienēm turpināja uzvirzīties vēl aktīvās ledāja plūsmas (Āboltiņš, 1975; Āboltiņš *et al.*, 1975; Meirons *et al.*, 1976; Zelčs, Markots, 2004). To saskares zonās sānu, frontālajos un starpmēļu apstākļos izveidojās sarežģīts vaļņveida vai iegarenu pauguru un paugurgrēdu komplekss ar ledāja kustības virzienam paralēli vai frontāli orientētu pauguru un tos atdalošo ieplaku orientāciju (Āboltiņš, 1975; Āboltiņš *et al.*, 1975). Šāds labi izteikts magģinālo formu komplekss aptver Piebalgas pauguraines centrālās zonas austrumu un dienvidu daļu posmā starp Cesvaini un Odzienu, kā arī atdala Mežoles pauguraini no Aumeisteru paugurvaļņa Smiltenes apkārtnē. Minētās reljefa formas veido deformēti ledāja vai fluvioglaciālie nogulumi. Pazeminājumus starp tiem bieži pārklāj dažādgraudaina vai aleirītiska smilts. Zemes virsas absolūtie augstumi augstienes perifērijā reti pārsniedz 160-180 m.

1.3. Latgales augstiene

Latgales augstiene ir lielākā augstiene Latvijā. Tā aizņem Latvijas dienvidaustrumu stūri, kur tikai tās pati dienvidaustrumu mala iziet mazliet ārpus Latvijas (Meirons, 1976). Plakanvirsas pauguri izvietoti salīdzinoši nevienmērīgi. Viskompaktākais to izvietojums atrodas augstienes ziemeļu daļā un visas formas ietilpst Burzavas paugurainē (47 pauguri). Arī pārējās formas ir pauguraiņu ietvaros - Rāznavas paugurainē (84 pauguri, taču izvietoti ļoti nevienmērīgi, to nemaz nav pauguraines rietumu daļā), Feimaņu paugurainē (15 pauguri), Dagdas paugurainē (35 pauguri). Stingri pieturoties fiziogēogrāfiskās rajonēšanas apvidu robežām (Zelčs, Šteins, 1989), četri plakanvirsas pauguri it kā atrodas Maltas pazeminājuma dienvidaustrumu galā. Drīzāk gribas apgalvot, ka, ņemot vērā, ka šī augstienes daļa atrodas lielā absolūta augstuma nogabalā, kā arī ņemot vērā līdzšinējos areālu nodalīšanas kritērijus, tad arī šis minētās 4 pauguru formas jāpieskaita Rāznavas paugurainei.

Burzavas pauguraine ir dabas apvidus Latgales augstienes ziemeļu daļā ar platību apmēram 656 km². Tā labi izceļas virs apkārtējiem, īpaši ziemeļu pusē, plašajiem, purvainajiem pazeminājumiem un pārpurvotajiem mežu masīviem, bet dienvidos Rēzeknes pazeminājums šaurā joslā pauguraini atdala no Rāznavas pauguraines (Markots, 1994).

Pauguraines pamatiežu virsu veido augšdevona Daugavas svītas karbonātieži, dolomīti, kā arī retas dolomītmerģeļu un mālu starpkārtas. Pamatieži zemes virspusē neatsedzas, tos klāj dažāda biezuma un ģenēzes kvartāra nogulumi, tomēr pauguraines ziemeļu daļā tie vairāk vai mazāk pārveidotā stāvoklī atrauteņu veidā ietilpst pozitīvajās reljefa formās. Pie Rogovkas un Kaziniekiem iegūst dabiski sadrupinātas dolomītu šķembas. Vietām pamatieži ir jau sajaukti ar ledāja nogulumiem un piešķir tiem neraksturīgu pelēcīgu vai zaļganpelēcīgu nokrāsu. Pamatiežus sedz kvartāra, galvenokārt ledāja nogulumi, kuru biezums Latgales augstienes piekājē ir 10-20 m, bet augstākajos pauguros sasniedz pat 100-120 m (Juškevičs, Skrebels, 2003, Meirons, 2004).

Šo Latgales augstienes daļu sauc arī par Burzavas glaciopacēlumu (Straume, 1979; Markots, 1994). Tā centrālo daļu aizņem zvonci jeb plakanvirsas lielpauguri, kuru virsotnes ir 160-180 m vjl. augstumā, bet atsevišķi morēnu pauguri paceļas arī augstāk. Starp zvonciem atrodas pazeminājumi un ieplakas, kurās bieži ir nelieli purvi vai ezeri. Lielpauguru stāvās, 25-35 m augstās nogāzes saposmo biezs gravu tīkls. Ārpus plakanvirsas pauguru izplatības lauka reljefu veido arī morēnu pauguri, starp kuriem ir arī

lieli ezeri. Plakanvirsas pauguros ir vietējas nozīmes glaciolimnisko mālu, grants un smilts atradnes (Meirons, 1976; Markots, 1994; Juškevičs, Skrebels, 2003, Meirons, 2004).

Rāznavas pauguraine aptver Latgales augstienes centrālo un arī augstāko daļu (Markots, 1994). Pauguraines augstākās virsotnes pieder pie relatīvi augstākajiem (50-89 m) pauguriem Latvijā. Uz dienvidaustrumiem no Rāznavas ezera virs augsta reljefa pacēluma šie lielpauguri veido izteiktu Latgales augstienes ass zonu ar Lielo Liepukalnu (289,3 m vjl.), kas ir trešā augstākā virsotne Latvijā, Dzerkaļu kalnu (286,3 m vjl.), Dubuļu kalnu (273,8 m vjl.), Karaļu kalnu (272,2 m vjl.), Kromaņu kalnu (271,1 m vjl.), Greizo kalnu (Mazo Liepukalnu; 263,7 m vjl.) un citām virsotnēm, kuru absolūtais augstums pārsniedz 250 m vjl. (Markots, 1994). Visas vismaz 19 virsotnes, kas Latgales augstienē pārsniedz 250 m atzīmi, atrodas Rāznavas paugurainē un tieši tās centrālajā daļā. Tikai šīs zonas rietumu galā esošā Mākoņkalna virsotne ir 247,9 m vjl. Dienvidos no Rēzeknes un Rogaižu ezera apkārtnē izplatīts kēmu - sandru reljefs (Meirons, 1975), ko raksturo viļņota virsma, virs kuras paceļas pārsvarā zemi pauguri un grēdveida formas, kā arī daži līdz 25 m augsti morēnas pauguri. Paugurainē atrodas otrs lielākais Latvijas ezers - Rāznavas ezers (57,56 km²). Starppauguru ieplakās izplatīti galvenokārt nelieli purvi.

Rāznavas pauguraine atrodas virs līdzena devona iežu pacēluma, kura virsma atrodas 105-120 m vjl. Tās austrumu daļā šī virsma nedaudz pazeminās (90 -100 m vjl.).

Rāznavas paugurainei raksturīgs liels (50-80 m) kvartāra nogulumu biezums (Meirons, 1976; Juškevičs, Skrebels, 2003; Meirons, 2004). Dienvidaustrumos no Rāznavas ezera tas palielinās līdz 120 m, bet atsevišķos augstajos pauguros sasniedz pat 140-170 m (Markots, 1997).

Rāznavas paugurainē kvartāra nogulumu ģeoloģiskā griezumā pamatā nelielās platībās, pārsvarā pauguraines dienvidos, saglabājusies Lētīžas leduslaikmeta morēna - ļoti blīvs sarkanbrūns morēnas smilšmāls, kuru retos gadījumos pārklāj plāns (2-8 m) smalkgraudainas un dažādgraudainas smilts un aleirītu slānis. Morēnas biezums sasniedz 10 m. To savukārt sedz Kurzemes leduslaikmeta nogulumi, kas pauguraines lielākajā daļā uzguļ devona iežiem (Juškevičs, Skrebels, 2003, Meirons, 2004). Šo nogulumu sastāvā dominē brūna, sarkanīgi un pelēcīgi brūna blīva morēnas mālsmilts un smilšmālsno 3-5 līdz 25 m biezumā. Nereti morēnu pārklāj 10-20 m biezas ledāja kušanas ūdeņu slāņkopas - dažādgraudaina smilts ar grants un oļu piejaukumu, smalkgraudaina smilts, aleirīts (Markots, 1997).

Dagdas pauguraine ir dabas apvidus Latgales augstienes dienvidu daļā. Tās platība apmēram 2367 km². Dagdas pauguraine atrodas uz pamatiežu virsas pacēluma, kas

lielāko augstumu - 121 m vjl. - sasniedz Drīdža ezera apkārtnē. Pamatiežu virsu pauguraines ZA daļā veido augšdevona Pļaviņu svītas dolomīts un dolomītmerģelis ar retām mālu starpkārtām, D un DA daļā Gaujas un Amatas svītas smilšakmens, aleirolītd, retāk māli un konglomerāts. Senajos iegrauzumos, it īpaši pauguraines A daļā, kur subkvartārā virsa ir ļoti nelīdzena, sastopami arī vidusdevona smilšakmens, aleirolīts un māli. Pamatiežus sedz 60-100 m biezi dažādas ģenēzes kvartāra, gk. glaciģēnie, glaciofluviālie un glaciolimniskie nogulumu (Meirons, 2004). To biezums palielinās virzienā no pauguraines malām uz centru, augstākajos pauguros sasniedzot 120-130 m, bet senajos iegrauzumos - pat 160 m (uz D no Višķiem) (Meirons, 1976, 2004; Markots, 1994).

Dagdas paugurainē zemes virsas absolūtie augstumi tikai dažviet pārsniedz 200 m vjl. (Asaru k. - 229 m vjl., Sauleskalns - 211 m vjl.). Dagdas paugurainē var nodalīt 6 submeridionāli vai DA - ZR virzienā orientētas marginālā reljefa joslas (veidošanās vecuma kārtībā): Biķernieku, Romuļu, Sīvera, Indras, Asūnes un Andžānu joslu (Āboltiņš *et al.*, 1972a; Meirons, 1976; Starume, 1979; Āboltiņš, 1995). Tās veido 180-200 m augstas, 1-8 km platas un līdz 30 km garas paugurgrēdas ar atsevišķām augstākām virsotnēm. Starp grēdām atrodas zvonci, morēnu pauguri, atsevišķi kēmi vai to grupas, ielejveida pazeminājumi un subglaciālās iegultnes (it īpaši starp Skaistu un Indru, Sīvera ez. un Aglonu). Dziļākajos pazeminājumos un iegultnēs ezeri (Garais, Ormijas, Lielais Gusena ez.).

2. PLAKANVIRSA PAUGURU PĒTĪJUMU VĒSTURE

Plakanvirsas pauguri, platopauguri jeb *zvonci* ir ģeomorfoloģiskajā literatūrā īsās formas dēļ kādu laiku pat visbiežāk lietotais izsmeļošāka termina - plakanvirsas lielpauguru ar glaciolimnisko nogulumu segu apzīmējums.

Plakanvirsas pauguri kā atsevišķs reljefa formu tips zinātniskajās publikācijās vai pārskatos izdalīts kopš pagājušā gadsimta 30.gadiem (Zāns, 1936). Ģeomorfoloģiskajā literatūrā zināmi arī daudzi citi lietotie apzīmējumi – „plakanvirsas mālpauguri”, „platoveida pauguri” (Vanaga, 1970), „plakanvirsas pauguri” (Lazdāne, 1963), „platoveida papaaugstinājumi” (Danilāns, 1965), „plakanpauguri” (Ramans, 1975, Jaunputniņš 1975), „galamorēnas plato”, „galdkalni”, „zvonci” (Āboltiņš, Straume, Juškevičs, 1976), „plakanvirsas lielpauguri ar limnoglaciālo nogulumu segu” (Eberhards, 1977), „plakanpauguri, platopauguri, zvonci” (Grīne, Zelčs, 1997) „limnoglaciālie masīvi”, „kēmu plato”, „prēriju plato”, „galdveida augstienes”, „pararie plateaux” (Slater 1929), „a flat-topped moraine plateau”, „plato-like hill”, „moraine plateaux” (Stalker, 1960; Prest, 1975), „glaciolimnic kames”, „конечноморенные плато”, „водно - ледниковые платообразные возвышенности”, „озерно - ледниковые плато”, “озерно - ледниковые массивы”, „столообразные возвышенности или озерно - ледниковые плато” (Malahovskiy, Vigdorčik, 1963), „столообразные возвышенности ("звонцы")”, „столбообразные холмы- «звонцы»”, „камовое плато”, „zvontsy” (Bitinas, 1994; Velichko *et al.*, 2004), „flat glaciolacustrine hills with till foundation” (Bitinas, 1994) u.c., kas ne vienmēr viennozīmīgi nodala tieši šīs reljefa formas un to nosaukumi vai nosaukumu variācijas bieži sastopamas ārpus ledāja klātajām teritorijām, dažādos ģeogrāfiskajos un vertikālās zonalitātes reģionos.

V. Zāns (1936) vispārīgi saistīja deglaciācijas gaitu un reljefa veidošanos, t. sk. ievēroja plakanvirsas pauguru ievērojamo klātbūtni vismaz Vidzemes augstienē un skaidroja to veidošanos ar iekšledāja sprostezeriem: „Vidzemes centrālā augstiene, kurai pieder augstākie Latvijas morēnu pauguri, savā uzbūvē ir ļoti sarežģīts apgabals. Ļoti biežas morēnu akumulācijas šē veido stipri nemierīgu reljefu, kurā nav saskatāmi gandrīz nekādi norādījumi par ledus kustību un atkāpšanās gaitu. Vismaz tās dienvidu daļā, kas no abām pusēm ieslēgta no Zemgales un Lubānas mēlēm, bija tipisks ledus sastrēguma apgabals, kur leduslaikmeta beigās izveidojās aprimušā ledus blāķi, starp kuriem pie kušanas radās augsti nosprostoti ezeri. Pēdējos nogulsnējās īpatnējais bezakmeņu

sedzējmais, kas lielākiem vai mazākiem laukumiem sedz morēnmālu un sastopams līdz pat augstāko kalnu virsotnēm, kā, piemēram, Gaiziņkalnā” (Zāns, 1936, 97. lpp.).

Kā viens no pirmajiem, kas ievēroja plakanvirsas pauguru klātbūtni ledāja klātajās teritorijās, bija A. Stalkers (Stalker, 1960), pētot Kanādas Albertas provinces ledāja plūsmas spiediena formas (*ice-pressed drift forms*) un to nogulumus. Viņa 1960. gada publikācija tiek minēta kā klasisks darbs par plakanvirsas pauguriem jeb „*dead-ice plateaux*”, iedalot tos sīkāk: a) morēnas plato (*moraine plateaux*) un b) līdzenumu plato (*plains plateaux*). Taču pats A. Stalkers par saviem priekšgājējiem šo formu izpētē min C.P. Gravenora 1958. gada publikācijas, kur ir minēti morēnas plato, tāpat G. Hoppes 1952. gada publikācijas (Stalker, 1960).

Latvijā viens no pirmajiem autoriem, kas sistemātiski pētījis augstieņu reljefu un atzīmēja „platoveida pauguru” nozīmīgo lomu Vidzemes Centrālās (Vidzemes pēc Straumes, 1979) augstienes reljefa formu kompleksos, ir A. Lazdāne (Lazdāne, 1959), aprakstot šīs augstienes elementāro ģenētisko kompleksu tipus, kā arī sniedzot tam laikam detālu priekšstatu par visas augstienes un arī reljefa elementāro ģenētisko kompleksu tipu veidošanos. A. Lazdānes (Lazdāne, 1963) ir nodalījusi vairāku veidu plakanvirsas paugurus. Minētā pētniece (jau kā A. Vanaga), aprakstot 1970. gadā Alūksnes augstienes reljefa morfometriju un attīstības īpatnības, tāpat lietoja terminu „platoveida pauguri” un jau sniedza salīdzinoši detālu ģeomorfoloģisko karti, kurā parādītas konkrētas ledāja reljefa formas (Vanaga, 1970). Vēlāk šī karte tika modificēta un starp apzīmējumiem Latvijā ieviešas nosacīti jauns reljefa formu apzīmējums - „zvonci” (Āboltiņš *et al.*, 1976; Straume, 1979).

Ilgāku laiku Latvijā lietotais termins „zvoncs” cēlies no morfoloģiski līdzīgu reljefa formu apzīmējuma Tihvinas grēdā, kura iekļaujas Valdaja, Ziemeļeiropā un Viduseiropā - Vislas, apledojuma galvenajā malas veidojumu joslā un fiksē Fenoskandijas ledsuvairoga maksimālās izplatības robežu augšējā pleistocēnā (Asejev, 1973; Čebotareva, Makaričeva, 1974). Šādas formas Zvonca (Звонец) sādžas Dregeļas rajonā Novgorodas apgabalā Krievijā aprakstīja M. Vigdorčiks un D. Malahovskijs (Malahovskiy, Vigdorčik, 1963), uzskatot sevi par to pirmatklājējiem un dodot tām nosaukumu „zvonci”.

Pagājušā gadsimta 70. un 80. gados šis termins izometrisko (glaciostrukturāli - akumulatīvo) salveida augstieņu centrālo zonu savdabīgos platoveida lielpauguru apzīmēšanai strauji ieviešas arī Latvijā (Āboltiņš *et al.*, 1975, 1976; Āboltiņš, 1975, 1989; Meirons, 1976; Straume, 1979), ko ievērojami sekmēja lielmēroga ģeoloģiskās kartēšanas

metodisko rekomendāciju un instrukciju izstrādāšana visā PSRS teritorijā un atsevišķos tās reģionos (piemēram, Osnovnye položenija..., 1968; Basalikas, 1970; Instrukcija ..., 1977; Grigelis, 1981) un M 1:50 000 ģeoloģiskās kartēšanas uzsākšana. Jau D. Malahovskis un M. Vigdorčiks (Malahovskiy, Vigdorchik, 1963) norādīja, ka „zvonci ir izplatīti grupās”. Latvijā šīs formas tika konstatētas tikai salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu centrālajā zonā, kur parasti veido plakanvirsas pauguru grupas. Šajā disertācijā termins „grupa” aizvietots ar terminu „areāls”, kas precīzāk apzīmē šo formu telpiskās izplatības galveno īpatnību. Tomēr lauka apsekojumi liecina, ka atsevišķi plakanpauguri ir sastopami arī starplobu paugurainēs un arī salveida cokoltipa eksarācijas-akumulācijas augstieņu augstākajā daļā (Strautnieks, 1998) un Augstrozes paugurvalnī, kas ir veidojies Zemgales un Burtnieka ledus lobu saplūdes zonā, tā hipsometriski augstākajiem pauguriem pieguļošajā teritorijā Daibes apkārtnē (Zelčs, 1992; 1995).

D. Malahovskijs un M. Vigdorčiks (Malahovskiy, Vigdorchik, 1963) uzsvēra arī aprakstīto formu plašu izplatību Krievijas ZR daļas salveida akumulatīvajās augstienēs. Lai noskaidrotu platoveida pauguru ģenēzi, viņi (*ibid*), pamatojoties uz vairāku autoru publicētajiem darbiem, izdalīja minētās reljefa formas pēc šādām pazīmēm:

- 1) veidoti no horizontāli slāņaina sīkdispersa limnoglaciālas ģenēzes materiāla;
- 2) tajos nav glacioidislokāciju pēdu;
- 3) izvietoti katrā rajonā augstākajos hipsometriskajos līmeņos, aizņemot "pakarinātu stāvokli";
- 4) raksturīgi ievērojami relatīvie augstumi un stāvas nogāzes, kuras mazāk posmotas, piemēram, nekā kēmu nogāzes;
- 5) saistās ar kontrastainu morēnas pauguru, kēmu, reizēm galamorēnu grēdu reljefu.

Minētie autori veikuši arī vienu no pirmajām platoveida pauguru tipizācijām.

Plakanvirsas lielpauguri sastopami Krievijas ziemeļrietumu daļā: Valdaja augstienē, Baltijas grēdā, Bežanicas augstienē, Sudomas augstienē, Lugas augstienē.

Valdaja augstiene ir sarežģīta, komplicēta reljefa mezoforma, kuras uzbūvē piedalās subkvartārās virsas reljefs un pleistocēna nogulumi. Valdaja augstiene izstiepta 500 km no dienviddienvidrietumiem uz ziemeļziemeļaustrumiem. Zvonci aizņem augšējo līmeni - to virsas atrodas līdz 260-270 m vjl. augstumam, bet piekājēm raksturīgas 180-190 m un arī lielākas augstuma atzīmes (Shultz *et al.*, 1963; Isačenkov, Tatarnhikov, 1972; Asejev, 1974; Tatarnhikov, 1985).

Bežanicas augstiene atrodas Lovates un Veļikajas ūdensšķirtnes dienviddaļā (Assejev, 1973; Isačenkov, Tatarņhikov, 1972; Isachenkov, 1974). Augstienei ir ovāla forma, izstiepta no ziemeļaustrumiem uz dienvidrietumiem, apmēram 85 km caurmērā, platums ap 35-45 km, platība 4125 km². Tā paceļas 100-150 m pār apkārtējām zemienēm ar labi izteiktām nogāzēm. Kvartāra nogulumu sedz devona nogulumus no 60 līdz 180 m biezumā. Maksimālie augstumi sasniedz 338 m - Lobno kalns. Augstienei ir trešais - augstākais līmenis: tajā izdalās 2-4 km gari zvonci ar augstumu 30-40 m, stāvām nogāzēm un plakanām virsotnēm. Paugurus parasti veido smalks materiāls (māli, aleirīti, smilts), to kodolā atrodas morēnas smilšmāls (Isachenkov, 1974; Isačenkov, Tatarņhikov, 1972; Tatarņhikov, 1980, 1981, 1985). Zvonci izteikti grupējas augstienes A malā, stūru masīvos, kur ieņem augstāko stāvokli, augstākā satāvoklī un augstienes cantra virzienā atrodas pirmmasīvi (Tatarņhikov, 2007)

Sudomas augstienē plakanvirsas pauguri jeb zvonci izplatīti galvenokārt tās centrālajā daļā norobežotu teritoriju, kas izvietotas augstienes gareniskās ass virzienā, veidolā (Isačenkov, Tatarņhikov, 1972). Šis reljefa tips ietver sevī plakano augsto ūdensšķirtņu miju ar dziļām, nereti plakandībena katlienēm, kurās atrodas ezeri. Zvoncu virsu absolūtie augstumi svārstās no 155-160 m augstienes rietumos līdz 200-240 m centrā un 200-210 m austrumos. Tādi pati attiecība vērojama virzienā no ziemeļiem uz dienvidiem: 165-170 m ziemeļos, 240-250 m centrā, 190 m dienvidos. Taču samazinoties formu absolūtajiem augstumiem, zvonci joprojām paceļas ievērojami augstāk pār citām formām (Isačenkov, Tatarņhikov, 1972). Zvoncu virsa parasti plakana ar ļoti lēzeniem nelieliem pazeminājumiem, nereti vāji viļņota vai sīkpaugurota (Shultz *et al.*, 1963). Tieši Sudomas augstiene tiek minēta kā tāda augstiene, ar kuras metodisko un detālo izpēti sākās salveida augstieņu metodiska izpēte, jo tika noraidīts priekšstats par to kā tektonisku pacēlumu, un pierādīta ledāja akumulatīvā loma augstienes uzbūves ģenēzē (Āboltiņš *et al.*, 1989). Ir ļoti maz datu par augstienes uzbūvi, ieskaitot to vai tās pamatnē atrodas pamatiežu pacēlums, jo iespējams, ka šādu pacēlumu tomēr veido vecāko apledojumu nogulumu (Āboltiņš, 1989).

Lugas augstiene atrodas uz austrumiem no Pleskavas ezera. Tā aizņem apmēram 2900 km² platību, ieapaļa pēc formas, 65 km caurmērā, forma plānā ovāla (Isačenkov, Tatarņhikov, 1972). Vidējais augstienes augstums 145 m, maksimālās atzīmes sasniedz 204 m – Kočebuža kalns, kas paceļas pār apkārtesošajām starppauguru ieplakām 60-80 m augstumā. Tās diametrs 45-50 km. Augstākais līmenis sastopams vietām kā plakano

ūdensšķirtņu un to atdalošo katliņu reljefs. Zvoncu augstums augstienē mazāks (15 - 20 m) un ledāja akumulācijas augšējais līmenis atrodas zemāk (170-190 m) nekā Valdaja un Sudomas augstienē (Mozhajevs, 1973).

Hānjas augstiene (ieskaitot arī Alūksnes augstieni) veido Pleskavas un Lubānas ezeru, kā arī Gaujas baseina ūdensšķirtni. Plānā tai ir ovāla forma. Augstākais līmenis tiek izdalīts centrālajā un dienvidu daļā (t. i. - Alūksnes augstienē) (Mozhajev, 1973.). Augstienes platība ap 2500 km², vidējais augstums ap 200 m, maksimālie augstumi sasniedz 318 m – Munameģis (Raukas, 1978). Pleistocēna nogulu segas biezums pārsniedz 150 m, subkvartārā virsma paceļas līdz 150 m vjl.. Centrālajā daļā atrodas augsti pauguri un grēdas, veidoti no ledājkūšanas ūdeņu nogulumiem un pārsegti ar morēnu vai slokšņu māliem. Tomēr glaciolimnisko nogulumu klātbūtne mālu veidā neliela, tie atrodas 120-150 m augstumā un visbiežāk klāj sīkos un vidējos paugurus, reti lielos, reti biežumā pārsniedzot 1 m biezumu (Raukas, 1978).

Otepē augstiene Igaunijā veido Pleskavas ezera un Virtsjarva ezera ūdensšķirtni. Augstienes platība ap 1180 km², vidējais augstums ap 127 m, maksimālie augstumi sasniedz 217 m – Kuutses kalns (Raukas, 1978). Augstienē labi izteikts ledāja akumulācijas augšējais līmenis. Šī līmeņa izdalīšanas pamats ir reljefa formas, kuru augšējās daļas sastāv no mālainiem limnoglaciālajiem nogulumiem (Hang, Karukäpp, 1979). Plakanvirsas pauguri atrodas Otepē augstienes centrālajā daļā kopā ar vidēja augstuma morēnas pauguriem un ledājkūšanas ūdeņu pauguriem ar morēnas pārsegu (Karukäpp, 1978). Ledāja limnoglaciālie nogulumi izvietojas dažādos augstumos un dažādos novietojumos: slokšņu māli galvenokārt vidusdaļā, un pārklāj sīkos un vidējos paugurus, bet neslokšņotie – vidējos un augstos paugurus, rietumdaļā slokšņu māli sedz gan sīkos, gan lielos paugurus. Spriežot pēc mālu izvietojuma, baseinu līmenis, kad veidojās augstienes vidusdaļā, pēc A. Raukas uzskatiem, bijis 150-160 m augstumā, bet rietumdaļā 180-190 m augstumā vai augstāk (Raukas, 1978).

Žemaitijas augstiene atrodas Rietumlietuvā. Tā ir viena no lielākajām salveida augstienēm – garums līdz 140 km, bet platums līdz 100 km, platība apmēram 9000 km², augstākā virsotne Medvegalis kalns – 234,6 m, kas ir plakanvirsas paugura virsotne, kā arī pilskalns (Guobyte, 2007a, 2007b, 2009a). Subkvartārajā reljefā daudz aprakto ieleju, kvartāra nogulumu biezums mainās no 50-100 m līdz 150-200 m (Guobyte, 2007a). Centrālo, augstāko daļu aizņem zvonci (lielu kēmu pauguru, kuru līdzenās virsmas klātas ar limnoglaciālajiem māliem, sakopojums). Žemaitijas augstienē zvonci sastopami

grupās (Basalikas, 1969). Augstienes centrālajā daļā esošie platanvirsas pauguri dalās trīs grupās: glaciolimniskie, glaciofluviālie un morēnas (bez māla, aleirītu un smilts segas). Centrālajā jeb Ūdensšķirtnes masīvā tiek izdalīti trīs plakanvirsas pauguru areāli – Medvegalis, Girždūte, Šatrija. Medvegalis areālā māla nogulumu biezums svārstās no 1-2 m līdz 8-10 m (Guobyte, 2007b), vai pat līdz 12 m (Kudaba, 1979), kas gan tur esošos plakanvirsas paugurs devē par limnokēmiem. Tāpat plakanvirsas pauguri atrodas Plateliai masīvā, uz austrumiem no Plateliai ezera (Guobyte, 2009b).

Baltijas grēda ir arī vairāk vai mazāk izteikts lineārs veidojums, kas stiepjas vairāk kā 2500 km attālumā no rietumiem, dienvidrietumiem uz ziemeļaustrumiem (arī caur Baltijas valstīm un Baltkrieviju, plašākā izpratnē no Dānijas līdz pat Somu līcim) un iezīmē pēdēja apledošanas maksimālās izplatības robežu (Asejev, 1974; vēl literatūras avoti). Ar šādu nosaukuma to izdala kā marginālo augstieņu virni arī Lietuvā (Basalikas, 1969, Bitinas, 1990, 1994). Arī šajā augstienē, kas tāpat kā Valdaja augstiene pēc O. Āboltiņa (1972) klasifikācijas atbilst marginālajām augstienēm, augstākos līmeņus aizņem zvonci (lielie plakanvirsas kēmi). Zvonci te gandrīz nav sastopami grupās, bet gan kā "izolētie kalni" (Basalikas, 1969). Savukārt A. Bitinas norāda uz plakanvirsas pauguru grupēšanos no dažām līdz 10 formām lielos areālos ar gandrīz vienādiem virsas augstumiem, kas dominē virs apkārtnes. Utenas apkārtņē plakanvirsas pauguri veido divus labi izteiktus areālus morēnas masīvos – Sudeiķu masīvu – ziemeļaustrumos no Utenas un Rubiķu - masīvu dienvidrietumos un rietumos no Utenas (Bitinas, 1994).

Plakanvirsas pauguri satopami arī citur kontinentālā apledošanas klātajās teritorijās un aprakstīti gan Polijā, gan Dānijā (Newiarovsky, 1965), kā arī Zviedrijā (Hoppe, 1952); un Ziemeļamerikā (Prest, 19677).

3. MATERIĀLI UN METODES

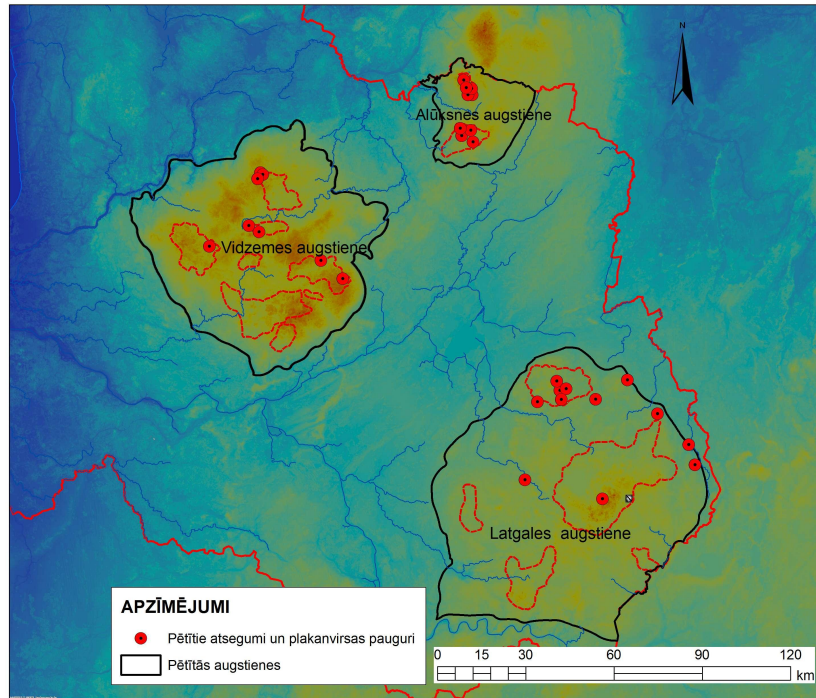
Pētījums balstās uz ilgstošā laikā iegūtiem lauka pētījumu datiem, publicēto literatūras avotu studijām un kartogrāfiska rakstura telpisko datu studijām, analīzi un interpretāciju. Autora veiktie pētījumi ar dažādu intensitāti pētījumu teritorijā turpinājušies vairāk kā 15 gadus, taču līdz ar jaunāko informācijas tehnoloģiju, īpaši ģeomātikas metožu, t.i. ģeogrāfiskās informācijas sistēmu (ĢIS), globālās pozicionēšanas sistēmu (GPS) un tālizpētes integrēšanu pētījumos, ir kļuvis iespējams veikt daudz detālāku un precīzāku telpisko analīzi, kas parāda reljefa formu izplatības, teritorijas virskārtas nogulumu, reljefa formu uzbūves savstarpējo saistību.

Tāpēc viens no darba uzdevumiem bija, izmantojot daudzveidīgu telpisko informācijas avotu klāstu, iegūt iespējami precīzāku pētāmo reljefa formu izvietojuma karti, un analizēt pieejamo telpisko informāciju, lai analizētu gan atsevišķs formas, gan to kompleksus nosacīti trīs mērogos: 1) plakanvirsas pauguru izplatība Latvijas salveida glaciostruktūru akumulatīvajās augstienēs kopumā, 2) plakanvirsas pauguru izplatība atsevišķās salveida glaciostruktūru akumulatīvajās, un 3) plakanvirsas pauguru izvietojums to izplatības areālos. Tā kā gaitā nebija iespējas šīs formas klātienē pētīt citās valstīs, tad izmantota salīdzinošā analīze (skat. 1. nodaļu) par tuvākām un tālākām valstīm, kurās ir izplatītas līdzīga tipa ledāja reljefa formas un ģeoloģiskās attīstības vēsture kvartārā, īpaši pēdējā, apledojumu uzvirzīšanās un izzušanas etapā.

Izvirzīto uzdevumu veikšanai tika izmantotas jau aprobētās ģeoloģiskās un geomorfoloģiskās pētījumu metodes un paņēmieni, kaut gan ļoti ierobežotais pētījumu finansējums neļāva tieši iekļaut pētījumu programmā nogulumu absolūtā vecuma noteikšanas mūsdienu metodes, tāpēc paleoģeogrāfiskajās interpretācijās ir izmantoti dati par nogulumu uzkrāšanās un lielo laukakmeņu izkušanas laiku no ledāja, kas iegūti citu autoru pētījumos un pieejami jaunākajās publikācijās (Rinterknecht *et al.*, 2006; Kalm, 2006; Raukas *et al.*, 2004; 2010; Zelčs *et al.*, 2010).

Kamerālo darbu periodā veikta liela mēroga topogrāfisko karšu morfoloģiska un kartogrāfiska analīze, izstudēti un apkopoti publicētās literatūras avoti. Šajā laikā izdarīta arī lauka darbu posmā savākto materiālu analīze, ģeoloģisko griezumumu sastādīšana un izvērtēšana, Valsts sabiedrības ar ierobežotu atbildību "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs", uzkrāto Ģeoloģiska fonda materiālu studēšana un interpretēšana.

Lauka darbu posmā veikta maršrutu tipa ģeomorfoloģiskā kartēšana, kas deva iespēju, pirmkārt, iegūt priekšstatu par pētāmo reģionu reljefa formu kompleksu raksturu un tipiskāko plakanvirsas lielpauguru teritoriālo sadalījumu, otrkārt, ļāva izvēlēties nepieciešamos detaļo pētījumu objektus (3.1. att.)



3.1. attēls. Pētījumu teritorijas novietojums un detaļi pētītie atsegumi un plakanvirsas pauguri. Zemes virsas reljefa izmantoti SRTM digitālā modeļa dati.

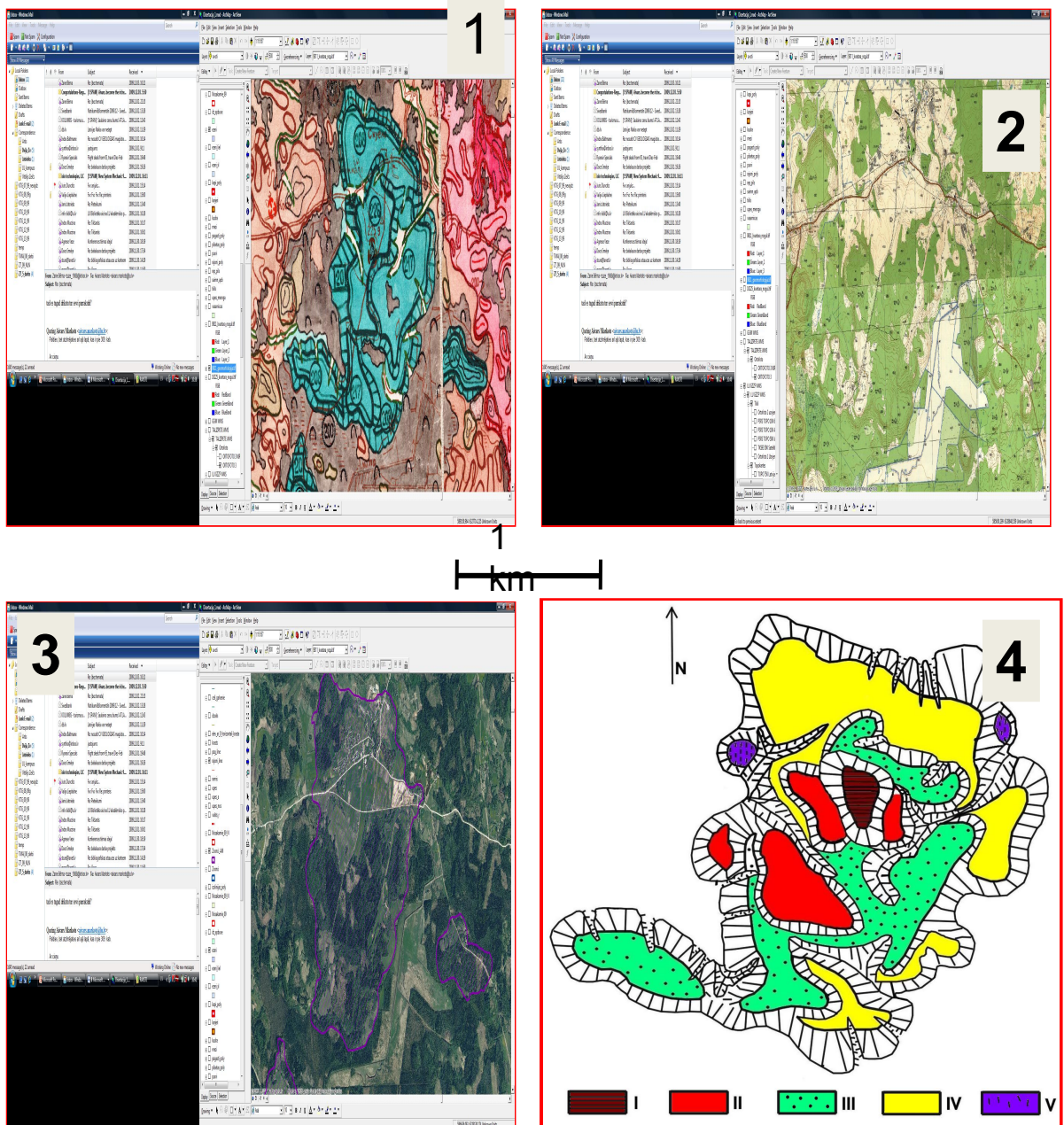
Figure 3.1. Location of study of outcrops and plateau-lihe hills. DEM derived from SRTM.

Detālo pētījumu kompleksā ietilpa izvēlēto profila līniju instrumentāla ģeometriskā nivelēšana, urbšanas darbi (ar rokas urbju komplektu līdz 6 m dziļumam), zondēšana un dabisko un mākslīgo (karjeros) atsegumu ģeoloģiskā dokumentācija. Vairumā gadījumu profila līnijas nivelētas, izmantojot nivelieri, atsevišķos gadījumos veicot acumēra uzmērīšanu ar ģeoloģisko kompasu.

Plakanvirsas pauguru morfoloģijas un uzbūves specifika, to novietojums citu reljefa formu kompleksā, samērā nelielā saimnieciskās izmantošanas intensitāte pēdējos gados radīja diezgan lielas grūtības izvērīto uzdevumu realizācijā. Tomēr neskatoties uz to ir veikti plakanvirsas pauguru pētījumi visās Latvijas salveida akumulatīvi glaciostruktūrālajās augstienēs.

3.1. Ģeotelpisko datu iegūšana, apkopošana un analīze

Pētījumā izmantotas ģeoloģiski ģeomorfoloģiskās izpētes, kartogrāfiskā materiāla analīzes un ģeomātikas metodes. LU ĢZZF Karšu pārlūka izveidošana un pilnveidošana pēdējos gados, īpaši sadarbībā ar Valsts sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs", tās uzkrāto Latvijas Ģeoloģijas fonda materiāliem, ļāva veikt augstas precizitātes un detalitātes reljefa formu un nogulumu izplatības telpisko analīzi gan nelieliem areāliem, gan visām salveida akumulatīvi glaciostruktūrālajām augstienēm kopumā (3.2. att.).



3.2. attēls. Plakanvirsas paugura attēlojums dažādos telpiskās informācijas avotos. Piemērs no Vidzemes augstienes Skujenes plakanvirsas pauguru izplatības areālā (areāla atrašanās vietu skat. 4.2. att.).

Avoti: 1 – M 1:50 000 ģeomorfoloģiskā karte; 2 – M 1:10 000 topogrāfiskā karte, šķēluma augstums 2 m; 3 – ortofotokarte (Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra); 4 – ģeomorfoloģiskā shēma (pārveidota, Āboltiņš, Markots, 1998b).

Apzīmējumi terašu līmeņiem (4): I – augstākais virsas līmenis, 226 m vjl.; II – terase 220 m vjl.; III – terase 216 m vjl.; IV – terase 209 m un 207 m vjl.; V – terase 196 m vjl.

Figure 3.2. Different views of a typical plateau-like hill located at the Skujene plateau-like hill area, Vidzeme Upland (see Figure 4.2 for location).

Sources: 1 - Geomorphological map of scale 1:50,000; 2 - Topographic map of scale 1:10,000, contour interval 2 m; 3 - Orthophotomap (Latvian Geospatial Information Agency); 4 - Geomorphological map (modified after Āboltiņš, Markots, 1998).

Legend for terrace levels: I – the highest level; 226 m a.s.l.; II – terrace 220 m a.s.l.; III – terrace 216 m a.s.l.; IV – terrace 209 m and 207 m a.s.l.; V – terrace 196 m a.s.l.

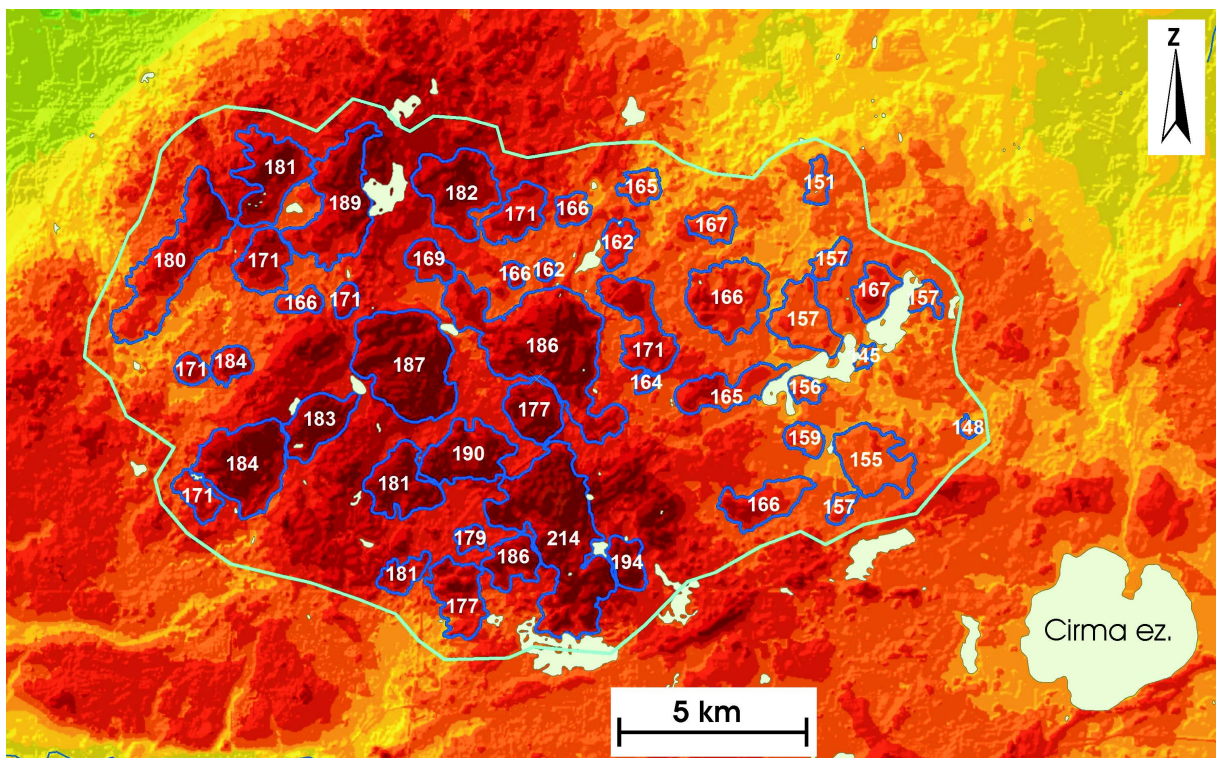
Literatūras studijas ietvēra publicētās literatūras analīzi, t. sk. internetā pieejamās publikāciju datu bāzes – žurnālu, galvenokārt *ScienceDirect* datu bāzi, nepublicēto avotu, īpaši Valsts ģeoloģijas fondu krājumu – pārskatu un to grafisko pielikuma – karšu, griezumu un urbumu datu materiālu izvērtēšanu.

Plakanvirsas lielpauguru ārējās morfoloģiskās pazīmes un īpatnības tika analizētas pēc dažāda laika kartēšanas, galvenokārt mērogā 1:50 000 materiāliem (ieskenēti un ĢIS ArcMap vidē ģeoreferencēti kartogrāfiskie dati: ģeomorfoloģiskās un kvartāra nogulumu karšu lapas, kā arī liela mēroga topogrāfiskajām kartēm, galvenokārt mērogā 1:10 000, izmantojot ģeomātikas un ģeogrāfisko informācijas sistēmu (ĢIS) līdzekļus (3.1. att.), kas ļāva daudzpusīgi analizēt un precizēt formu īpatnības un īpašības atsevišķās augstienēs, kā arī atsevišķos plakanvirsas lielpauguru izplatības areālos. Galvenais ieguvums, izmantojot ĢIS līdzekļus ir plakanvirsas pauguru datu bāze ar pauguru kontūrām un dažādiem parametriem par tiem, iegūti no karšu izpētes vai analīzes ar ĢIS rīkiem vai pat cita rakstura datorprogrammu atbalstu. Var apgalvot, ka ir iegūta ļoti pilnīgs informācijas apjoms par pētītajām reljefa formām, kas nepieciešamības gadījumā var tikt papildināts ar citiem datiem, lai izmantotu ģeomorfoloģiska rakstura vai citiem pētījumiem, teritorijas plānošanas dokumentu izstrādei vai lietišķa pētījumiem.

Tāpat plaši tika izmantoti Latvijas universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes (ĢZZF) Karšu pārlūkā (<http://geo.lu.lv/>) esošie daudzveidīgie telpiskās informācijas avoti: pamatā izmantotas M 1:10 000 un 1:25 000 topogrāfiskās kartes, aerofotouzņēmumi ortofotokaršu formā, kā arī digitālie virsmas modeļi – Latvijas ģeotelpiskās informācijas aģentūras (LĢIA) sagatavotais Latvijas reljefa modelis un ASV

kosmisko misiju brīvpieejamais *NASA Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) globālā reljefa datu Latvijas teritorijas fragments, kas ļāva novērtēt un precizēt formu morfoloģiju, kā arī to savstarpējo hipsometrisko stāvokli un arī novietojumu attiecībā pret citiem plakānvirsas pauguriem vai citas ģenēzes formām (3.2., 3.3. att.). LU GZZF Karšu pārlūka materiāli izmantoti ar *ArcMAP* 9.3. rīkiem, pamatā WMS atbalstu. Nelielai teritorijai uz dienvidiem no Gaiziņkalna Vidzemes augstienes dienvidu daļā tāpat tika izmantoti no LĢIA lāzerskenēšanas dati.

Darba izstrādes gaitā tika izmantota dažāda rakstura licencētas un atvērtā koda datorprogrammas: *ESRI ArcGIS* 9.3, *Quantum GIS* 13.0., *CorelDraw* 10.0. un *Corel PhotoPaint* 10.0., *Surfer* 8.0, *ERDAS Imagine* un *Image ProPlus*, *QuikGrid* 5.0 un MS Office programmatūra.



3.3. attēls Burzavas plakānvirsas pauguru izplatības areāls un formas ar maksimālā absolūtā augstuma atzīmēm. Reljefa slānis izmantots ar Latvijas Ģeotelpiskās aģentūras atļauju.

Figure 3.3. Burzava plateau-like hill area with maximum altitude values. Relief layer is used by courtesy of the Latvian Geospatial Information Agency.

Pamatrīks telpisko datu ieguvē un analizē bija *ESRI ArcGIS* 9.3 ar paplašinājumiem, kas izmantota digitizācijai un izzīmējot svarīgākos reljefa formu morfoloģijas elementus: nogāzes, virsotnes, virsmas terases un to augstumus, digitizētas horizontāles un cita virsmas, attēlota formu orientācija, kā arī veikt telpisko analīzi,

analizējot reljefa formu attiecības, tiak veidoti un analizēti 3D modeļi, piesaistīti koordinātām (ģeoreferencēti jeb vārpoti) dažādi kartogrāfiskie materiāli, kā sagatavot kartes promocijas darbam, ziņojumiem un prezentācijām.

Pētījuma gaitā sagatavota iespējami pilnīga plakanvirsas pauguru datu bāze. Plakanvirsas pauguru kā ģeometriski precīzu koordinātu telpai (LKS -92) piesaistītu apveidu jeb poligonu atribūtu tabula satur daudzveidīgu informāciju par pētījuma objektiem (2.1. tabula kā datu bāzes piemērs). Datu bāze aptver tikai salveida akumulatīvo glaciostruktūru augstieņu 354 plakanvirsas pauguru telpisko stāvokļa un dažādu parametru raksturojumu.

3.1. tabula ĢIS datu pamatsstruktūra (ar 2 plakanvirsas pauguru datu piemēriem).

FID*	Shape*	ID	H max	H min	H relat	Platība	Areals
1	2	3	4	5	6	7	8
28	Polygon	1	231	180	51	1991542	1
62	Polygon	10	236	194	42	4239970	4

3.1. tab. turpinājums

Piez	Terases	F2	F3	Kods2	Terases sk	Coment
9	10	11	12	13	14	15
Iceniēšu kalns	Valņv.; ter; 220, 215; 210	170,930	1,919	3	3	Nivelēts un zondēts
Zelta kalns	Sh, 220, 227	167,301	2,192	2	2	Publicēta shēma

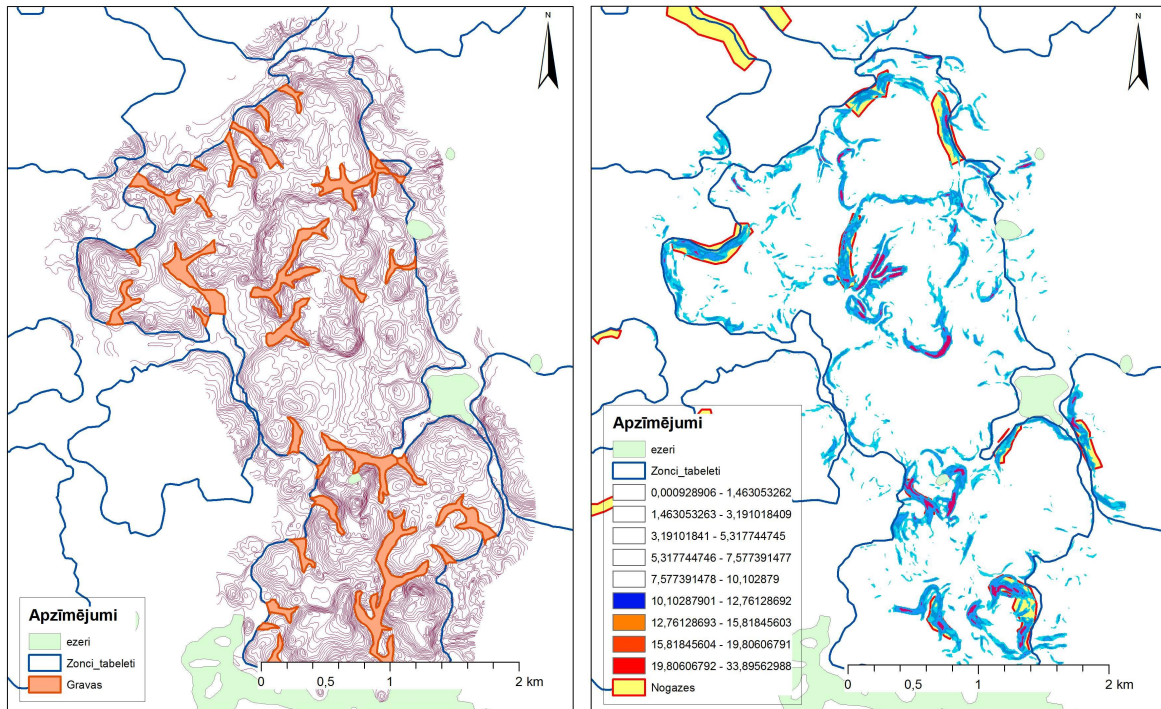
Tabulas 3.1. datu struktūras, ieguves veida un avotu īss skaidrojums:

FID* (1) – ieraksts tiek ģenerēts automātiski objekta ievadišanas secībā: Shape* (2) – ieraksts tiek ģenerēts automātiski, atkarībā no objekta attēlojuma formas (Feature type: Point, Polyline, Polygon, MultiPoint, MultiPatch), iespējams viens attēlojuma formas tips; ID (3) – tiek apzīmēta (kodēta ar ciparu) augstiene (šeit 1 – Alūksnes, 2 – Vidzemes, 3 – Latgales); H max (4) – maksimālais formas virsotnes augstums, iegūts no topogrāfiskās kartes, veselos m, lai nepārspīlētu precizitāti); H min (5) – minimālais formas piekājes augstums, iegūts no topogrāfiskās kartes, veselos m, lai nepārspīlētu precizitāti); H relat (6) – relatīvais formas virsotnes augstums, iegūts no H max atņemot H min, rēķināts veselos m, lai nepārspīlētu precizitāti); Platība (7) – ar programmu izrēķināta platība m²; Areals (8) – tiek nodefinēts plakanvirsas pauguru areāls (1 – Iceniēšu, 4 – Skujenes, numerācija no Z uz D, 15 – ārpus areāliem esošie pauguri Latgales augstienē); Piez (9) – paugura (kalna) nosaukums (ja tāds pastāv, izmantoti Satelītkartes dati, Latvijas Dabas enciklopēdijas dati u.c. avoti); Terases (10) – tiek aprakstīta forma un virsas terašu līmeņu augstumi (m); F2 (11) – formas orientācija, šeit iegūta ar *Image Pro Plus* 5.1. programmu; apzinoties, ka rezultāts pārspīlēts (3 zīmes aiz komata); F3 (12) – formas linearitātes rādītājs, iegūts ar *Image Pro Plus* 5.1. programmu; apzinoties, ka rezultāta precizitāte (3 zīmes aiz komata) pārspīlēts, jo mazliet precizējot formas kontūru, rezultāts mainīsies; Kods2 (13) - izmantojot datus par formas morfoloģiju, t. sk. izmēriem, terašu skaitu un veidolu kartēs, plakanvirsas pauguru tiek kodēti atbilstoši darbā izstrādātajai klasifikācijai: Terases sk (14) – plakanvirsas paugura virsas terašu skaits; Coment (15) – vieta piezīmēm.

ArcMAP ĢIS vide neparedz vienā slānī (failā vai datnē) apvienot dažāda veida (vienkāršākā izvēlē punktveida, līnijveida un poligonveida) informāciju (3.1. tabula. Shape* ieraksts – viens visai datu tabulai), tāpēc kopumā analizējot tikai pat vientipiskas reljefa formas, pētniekam veidojas salīdzinoši sarežģītu datu kopa, kuras izmantošana kļūst pietiekoši komplicēta, taču spēj sniegt atbildes uz daudziem jautājumiem, ja tādi rodas, īpaši izmantojot plašo *ArcMap* saimes analīzes rīku kopu.

Papildu izveidotās datu kopas:

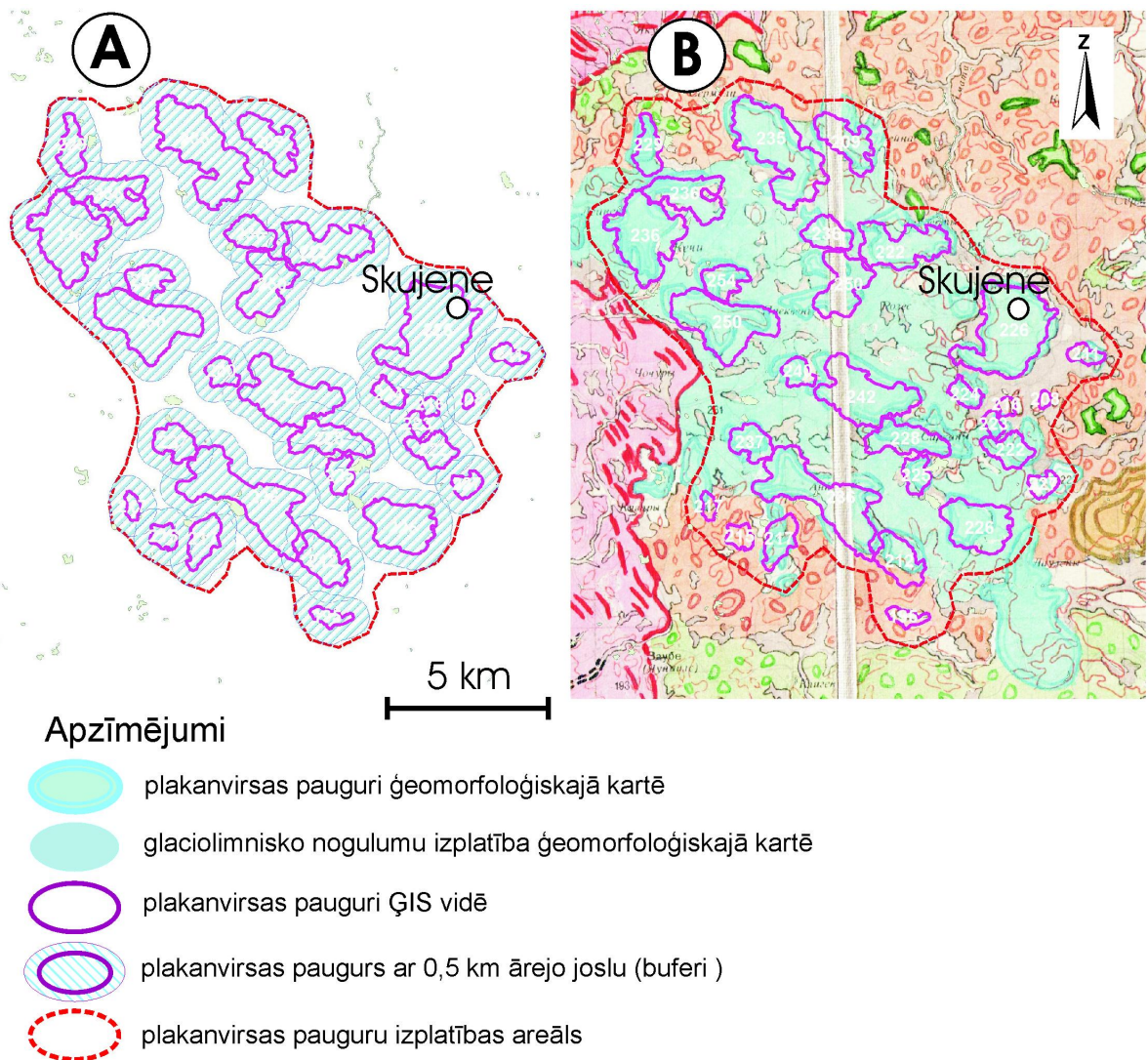
- (1) nogāzes – izdalīti tie plakanvirsmas pauguru nogāžu iecirkņi, kas raksturojas ar stāvākajām nogāzēm, cenšoties analizēt likumsakarības par nogāžu raksturu un orientāciju attiecībā pret areāla kopējo konfigurāciju un ledāja virzienu. Jāpiebilst, ka M 1:10 000 topogrāfisko karšu reljefa attēlošanas precizitāte ir atkarīga no reljefa saposmuma, bet garu un stāvu nogāžu gadījumos, kas plakanvirsmas pauguriem ir ļoti raksturīgas, nogāžu stāvums attēlojas nepietiekoši korekti, jo nogāzes krituma leņķa izšķirtspējas robežlielums ir 20°. Tāpēc digitizēti reljefa dati no topogrāfiskajām kartēm izolīniju veidā saturēs šīs pašas kļūdas. Lai gan datorprogramma iedos skaitliski precīzākus datus, nekā analogās metodes, tie pēc savas būtības tomēr uzskatāmi par orientējošām vērtībām (3.4. att.);
- (2) virsotnes (1 vai arī vairākas pēc augstuma tuvas pauguru augstākās virsotnes, kas palīdz analizēt virsmas galveno slīpumu virzienus);
- (3) karjeri (izmantojot dažāda mēroga topogrāfiskās kartes un ortofotokartes, ir identificētas vietas, kur notikusi vai notiek derīgo izrakteņu ieguve). Pēc šiem datiem tika lokalizētas konkrēto pētījumu vietas pirms apsekošanas un lauka darbiem;
- (4) reljefs horizontālēs (digitizēts no M 1:10 000 topogrāfiskajām kartēm);



3.4. attēls. Plakanvirsas pauguru nogāžu stāvuma analīze Tumužu pauguram Latgales augstienē.

Figure 3.4. Analysis of slope steepness of the plateau-like hill at Tumuži in the Latgale Upland.

(5) plakanvirsas pauguru izplatības areālu robežas. To izdalīšana nav līdz šim bijusi stingri noteikta un parasti attēlotas tikai maza mēroga kartēs (Straume, 1979, Ginters, 1984) un galīgi nepiemērotas kartējot formas tuvu mēroga 1:10 000 precizitātei. Tāpēc darbā iegūtais rezultāts tiek piedāvāts kā risinājums, kad šī robeža vilkta apmēram 0,5 – 1 km attālumā no areāla malas pauguriem, precizēta pēc apkārtnes reljefa formām. Areāla robeža tiek izvilktā analizējot pamatā plakanvirsas pauguru formu savstarpējo izvietojumu. Ar *ArcMap* rīku *Buffer* tiek izvilktas joslas dažādos attālumos, cenšoties atrast lielumu, pie kura veidotos pietiekošs pārklājums, kas labi, bet ne pārmērīgi aizpildītu „tukšos” laukumus starp formām (3.5. A att.; ar 0,5 km lieluma robežu (buferi)). Iegūtais lielums ir salīdzināts un uzrāda augstu sakritību ar 1:200 000 ģeomorfoloģisko karti (Mironovs *et al.*, 1973), kurā uzrādīta glaciolimnisko nogulumu izplatība plakanvirsas pauguru tuvumā (3.5. B att.).



3.5. attēls Skujenes plakanvirsas pauguru izplatības areāla robežu izdalīšanas metodikas rezultāts; A – plakanvirsas pauguri ar izvilktu ārējo joslu (buferi) 0,5 km attālumā; B – plakanvirsas pauguri un robeža atlikta uz 1:200 000 ģeomorfoloģiskās kartes.

Figure 3.5. Results of various identification of boarder of the plateau-like hills area: A – boarder defined with 0.5 km wide outside buffer; B – boarder of the area and plateau-like hill derived from the geomorphologic map of scale 1:200,000.

(6) plakanvirsas pauguru garenasis ir iegūtas ar *ImagePro Plus 5.1.* programmu un atliktas pēc iegūtajiem rezultātiem ar ĢIS rīkiem manuāli;

(7) nogulumu datējumu vietas un rezultāti, kas iegūti ar mūsdienu datēšanas metodēm (Rinterknecht *et al.*, 2006; Raukas *et al.*, 2010; Zelčs *et al.*, 2010, *in press*);

(8) ledāja dažādu vēlās Vislas apledošanas deglaciācijas etapa oscilācijas fāžu maksimālās izplatības robežas (Zelčs *et al.*, 2010, *in press*).

Jāņem vērā, ka reljefa modeļa precizitāte atkarīga no vairākiem faktoriem, tajā skaitā (1) mērīto datu precizitātes topogrāfiskās kartes veidošanas vajadzībām; (2) kartes zīmēšanas precizitātes; (3) kartes skenēšanas un iesiešanas (ģeoreferncēšanas) kvalitātes, jo

skēnējot rasta attēlu, var rasties kropļojumi, kā arī attēlu piesaiste koordinātu telpai ir ne vienmēr ideāli precīza; (4) reljefa datu digitizēšanas precizitātes, jo kļūdoties digitizētājam par 1 mm, t.i. aptuveni vienas horizontāles platumā, uz papīra, reljefa punkta horizontālā nobīde M 1:10 000 kartē veido 10 m; (5) interpolācijas metodes un tās parametru izvēles (Markots *et al.*, 2010).

Bez tam analizē par pētīto reljefa formu attiecībām ar mūsdienu zemes virsas reljefu un pauguru morfoģenēzi tika izmantoti arī autora vai sadarbībā ar citiem pētniekiem radīti arī citi digitāli vektordati, kas varētu būt noderīgi ar plakanvirsas pauguriem saistīto ledājkūšanas ūdeņu veidojumu identificēšanā un iespējams norādītu uz šo veidojumu ģenēzes kopsakarības. Šī vektordatu grupa satur informāciju par apraktajām ielejām, osiem, gravām, purviem un kvartāra virsas nogulumu izplatību.

3.2. Lauka pētījumi un tajos iegūto datu statistiskā apstrāde

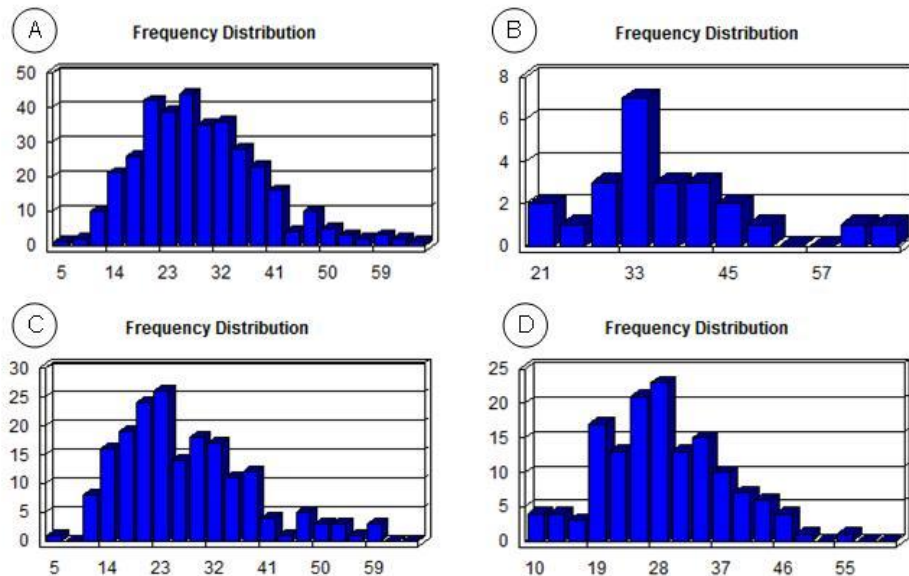
Lauka pētījumi aptvēra objektu un to tuvākās apkārtnes apsekošanu, reljefa formu uzbūves izpēti veicot karjeru atsegumu izpēti, izdarot to zīmēšanu un fotofiksāciju, bet it īpaši slāņu saguluma apstākļu un struktūrelementu mērījumus, kā arī veicot reljefa formu uzbūves noskaidrošanu ar rokas ģeoloģisko urbšanu. Šo darbību rezultātā tika iegūti dati par plakanvirsas pauguru iekšējās uzbūves īpatnībām un pārsedzošās glaciolimnisko nogulumu horizontālo izplatību, biezumu un raksturu.

Atsegumos tika mērītas oļu garenasis un slāņu saguluma elementi, kuru mērījumu datu apstrādē izmantotas statistiskās apstrādes metodes datorizētā vidē ar *StereoNet* datorprogrammu (4.10. att.).

Otrs analīzes veids veids; skaitlisko radītāju stitiska apstrāde skaitlisku vai grafisku informācijas prezentāciju (3.6., 3.7. att.). Izmantojot *ESRI ArcMap* 9.3. rīkus, datu bāzēs tika veikta iekšējā statistiskā datu apstrāde, lai ekstraktētu par plakanvirsas pauguru formām un to areāliem tādus lielumus kā platību. Iegūtie dati tika grupēti areālu ietvaros, lai iegūtu datus par pauguru morfoloģijas elementu sadalījumu atsevišķu areālu ietvaros (skat. atsevišķu palaknvirsa pauguru areālu apraksti 4. nod.). Tika analizētas platības, formu skaits areālos (4.1. tab.), vidējie maksimālie augstumi, relatīvo augstumu sadalījums atsevišķos areālos, maksimālo un minimālo ausgstu diferences (4.5. un 4.6. att.).

GIS Datu bāzē datus nosacīti vienkāršāk analizēt ar tā „iekšējiem” statistikas rīkiem, kur var vienlaicīgi veikt atlasīti pēc kāda kritērija, piemēram, kopā visiem ievērtajiem objektiem (piemēram plakanvirsa lielpauguru skaits katrā to izplatības areālā,

areālu platība utt., vai piemēram pauguru relatīvā augstuma grupējums augstienēs (4.6. C att.) vai areāliem (4.6. D att.). Diemžēl ne vienmēr iespējams šos rezultātus eksportēt uz citu vidi. Daļa ĢIS datu bāzes datu tika izmantoti pauguru morfoloģisko atšķirību salīdzināšanai, izmantojot *Microsoft Office Excel* iespējas augstieņu un plakanvirsas pauguru izplatības areālu ietvaros. Datu bāze, tās *.dbf fails viegli un pilnībā atverams *Microsoft Office Excel* vidē, kur tad var veikt cita satura analīzi, piemēram pa atsevišķiem pauguru izplatības areāliem, vai kādā augstienē, vai arī areālos (4.5. un 4.6. att.).



3.6. attēls. Plakanvirsas pauguru grupējums pēc relatīvā augstuma izmaiņām (ArcMap 9.3. vides statistiskā analīze). Horizontālā ass – pauguru relatīvie augstumi (m); vertikālā ass – pauguru skaits atbilstošā augstumu kategorijā. Grupēšanas rezultāts: A – Visi datubāzes plakanvirsas pauguri; B – Alūksnes augstienē; C – Vidzemes augstienē; D – Latgales augstienē.

Figure 3.6. Grouping of plateau-like hills by relative height changes (ArcMap 9.3. Geo Statistical analysis). Horizontal axis – relative height of plateau-like hills (m); vertical axis – number of plateaus in according height class. Grouping result: A – all plateau-like hills in the data base; B- in Alūksne Upland; C- in Vidzeme Upland d; D- in Latgale Upland.

ArcMap 9.3 vide'grupējumu parametrus šajā gadījumā izvēlas programma un katram grafikam tā var izvēlēties tos dažādus (skat. salīdzināšanai 3.6. A un 3.6. B att.), operatora vajadzības neatbalstot.

4. REZULTĀTI UN INTERPRETĀCIJA

Promocijas darbā ietvertie rezultāti atspoguļo plakanvirsas pauguru kamerāli veiktās ĢIS ģeotelpiskās un statistiskās analīzes morfoloģiskās izpētes un kvartārģeoloģisko un ģeomorfoloģisko lauka pētījumu datus, uz kuru pamata ir noskaidrota plakanvirsas pauguru telpiskā izvietojuma likumsakarības salveida akumulatīvi glaciostrukturālajās augstienēs un dažādu šo pauguru izplatības areālos, kā arī to iekšējās uzbūves likumsakarības un attīstība saistībā ar ledāja deglaciācijas fāzēm.

Kopumā pētījumu rezultāti ļāva precizēt plakanvirsas pauguru morfoloģisko klasifikāciju, noskaidrot dažāda morfoloģiskā tipa pauguru sastopamību un sakārtojumu to izplatības areālos. Plakanvirsas pauguru detalizētu morfoloģisko pētījumu rezultāti raksturo pauguru hipsometriskā novietojuma izmaiņas katrā areālā (4.1., 4.2., 4.3., 4.4. att.), kas savienojumā ar šo formu glaciotehtoniskās pamatnes hipsometrisko stāvokli, sniedz norādes par iespējamām ledājkušanas ūdeņu līmeņa izmaiņām šo pauguru attīstības gaitā. Paleoģeogrāfiskā ziņā nozīmīgāku informāciju sniedz terasētie plakanpauguri. To terašu līmeņu atšķirības vistīcāmāk norāda par vairākkārtēju lēcienveidīgu ledājkušanas ūdeņu baseinu līmeņa pazemināšanos šo pauguru glaciolimnisko nogulumu sedimentācijas laikā.

Pētījumos iegūtie rezultāti par plakanvirsas pauguru plakumus veidojošo glaciolimnisko nogulumu izplatību un biezumu, kā arī konstatētie gadījumi par pakāpenisku pāreju no morēnas nogulumiem uz ekranizējošajiem glaciolimniskajiem māliem, konstatētā rupjgraudaināku deltasveida sedimentācijas ķermeņu un osu nogulumu saistība ar glaciolimniskajiem nogulumiem liecina, ka plakanvirsas pauguru veidošanās procesā nozīmīga loma bija zemledāja kušanas ūdeņiem un ledāja gultnes pārskalotajam materiālam.

4.1. Plakanvirsas pauguru izplatība, telpiskais sakārtojums un morfoloģija

Visu Latvijas salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu kopējā platība sasniedz gandrīz 11 900 km² (4.1. tabula). Plakanvirsas pauguru areāli aizņem apmēram 2343 km² platību jeb ap 19,7 % no minēto augstieņu kopējās platības. Tieši pašu plakanvirsas pauguru summārā platība ir ap 567 km² jeb 24 % no areālu kopējās platības, nepārsniedzot 50 % atsevišķu areālu nosacītajās robežās. Lielākais šo pauguru īpatsvars ir

Vidzemes augstienes Savītes areālā, kur reljefa formu vidējais blīvums ir ap 0,62 formas/km².

4.1. tabula. Plakanvirsas pauguru sadalījums Latvijas salveida akumulatīvi glaciostruktūrālajās augstienēs.

Table 4.1. Distribution of plateua-like hills in insular accumulative- glaciostructural uplands of Latvia.

	Alūksnes augstiene	Vidzemes augstiene	Latgales augstiene	Kopā
Platība (km ²)	887	4605	6376	11 868
Plakanvirsas pauguru areālu skaits	2	8	5	15
Plakanvirsas pauguru skaits	24	145	185	354
Plakanvirsas pauguru kopplatība (km ²)	85,06	221,47	245,5	566,70
% no augstienes platības	9,59	4,80	3,85	4,77
Vidējā plakanvirsas paugura platība (km ²)	3,40	1,58	1,33	1,62
Plakanvirsas pauguru areālu platība (km ²)*	134	855	1365**	2354

* Platība neskaidri definējama, bet robežas iet apmēram 0,5 - 1 km attālumā no ārējo plakanvirsmas pauguru kontūras.

** Bez atsevišķajām ārpus areāla esošajām formām.

Dati par plakanvirsas pauguru vidējo platību un areālu platību ir apkopoti 4.1. tabulā. No tās izriet, ka vidēji plakanvirsas pauguru loma katrā augstienē ir ar nelielām, pat nebūtiskām atšķirībām. Plakanvirsas pauguru izplatības galvenie areāli Alūksnes augstienē ir Iceniešu un Strautiņu, Vidzemes augstienē - Drustu, Lauteres, Liezeres, Stepeļu, Savītes Ērgļu, Kaibēnu un Skujenes, Latgales augstienē - Burzavas, Rāznas-Pildas, Osvas, Aulejas un Gailīšu.

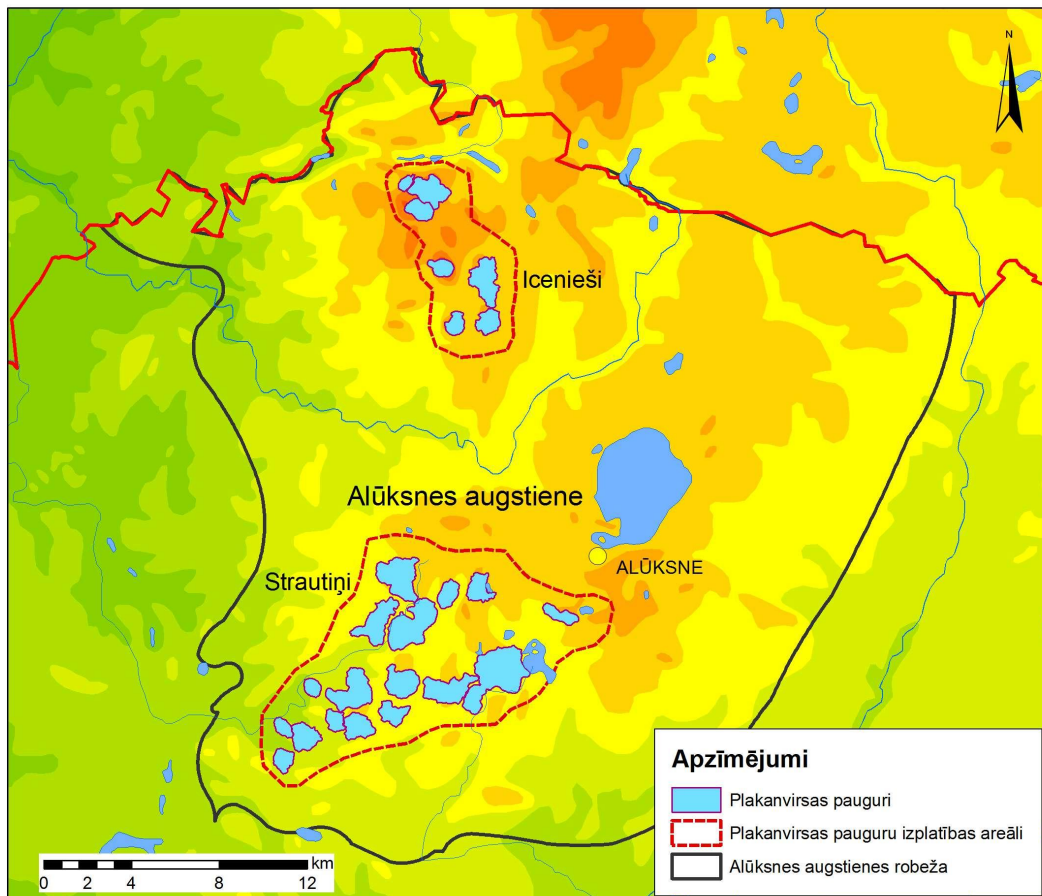
4.1.1. Alūksnes augstiene

Alūksnes augstienē plakanvirsas pauguri veido tikai 2 areālus: Iceniešu un Strautiņu, no kuriem lielākais ir Strautiņu areāls (4.1. att.).

Iceniešu plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Icenišu areāls ir mazākais plakanvirsas pauguru sakopojums Alūksnes augstienē (4.1. att.). Tajā konstatētas tikai 7 formas. To platība mainās no 33,9 ha līdz 199,2 ha, vidējā platība ir 106,2 ha jeb tikai 1,1 km², izvietotas Z - D virzienā iztieptā areālā, kas sadalās divos atzaros.

Pauguru maksimālie augstumi mainās ievērojamā amplitūdā - no 215 līdz 272 m vjl. (Dēļiņkalns, augstienes augstākais virsas punkts). Vidējais reljefa formu augstums ir 240,8 m vjl.. Tādējādi tas ir visaugstākais areāls augstienē. Augstumi izteikti samazinās no augstienes areāla centrālās daļas uz perifēriju, respektīvi, Pērļupes un Vaidavas ledāja mēļu atkāpšanās virzienā. Relatīvie augstumi mainās arī salīdzinoši ievērojami - no 35 līdz 67 m, vidēji 49,6 m. Areālā raksturīgas gan elementāras forma (novietotas areāla D un Z galos, gan vaļņveida formas, kurām ir vairāki izteikti terašu līmeņi. Reljefa formu linearitātes koeficients mainās no 1,3 līdz 1,9, vidēji - 1,5, izrobotākā konfigurācija ir pašiem lielākajiem pauguriem.



4.1. attēls. Plakanvirsas pauguru izvietojums Alūksnes augstienē. Reljefa modeļa izveidei izmantots SIA Envirotech brīvpieejas ģeodatu bāzes GIS Latvija 9.3 izolīnu tematiskais slānis ar šķēluma augstumu 25 m.

Figure 4.1. Distribution of plateau-like hills in the Alūksne Upland. Digital terrain model (DTM) is generated from thematic layer *Contour lines* with interval 25 m. Contours are derived from open geodatabase GIS Latvija 9.3 by Envirotech Ltd.

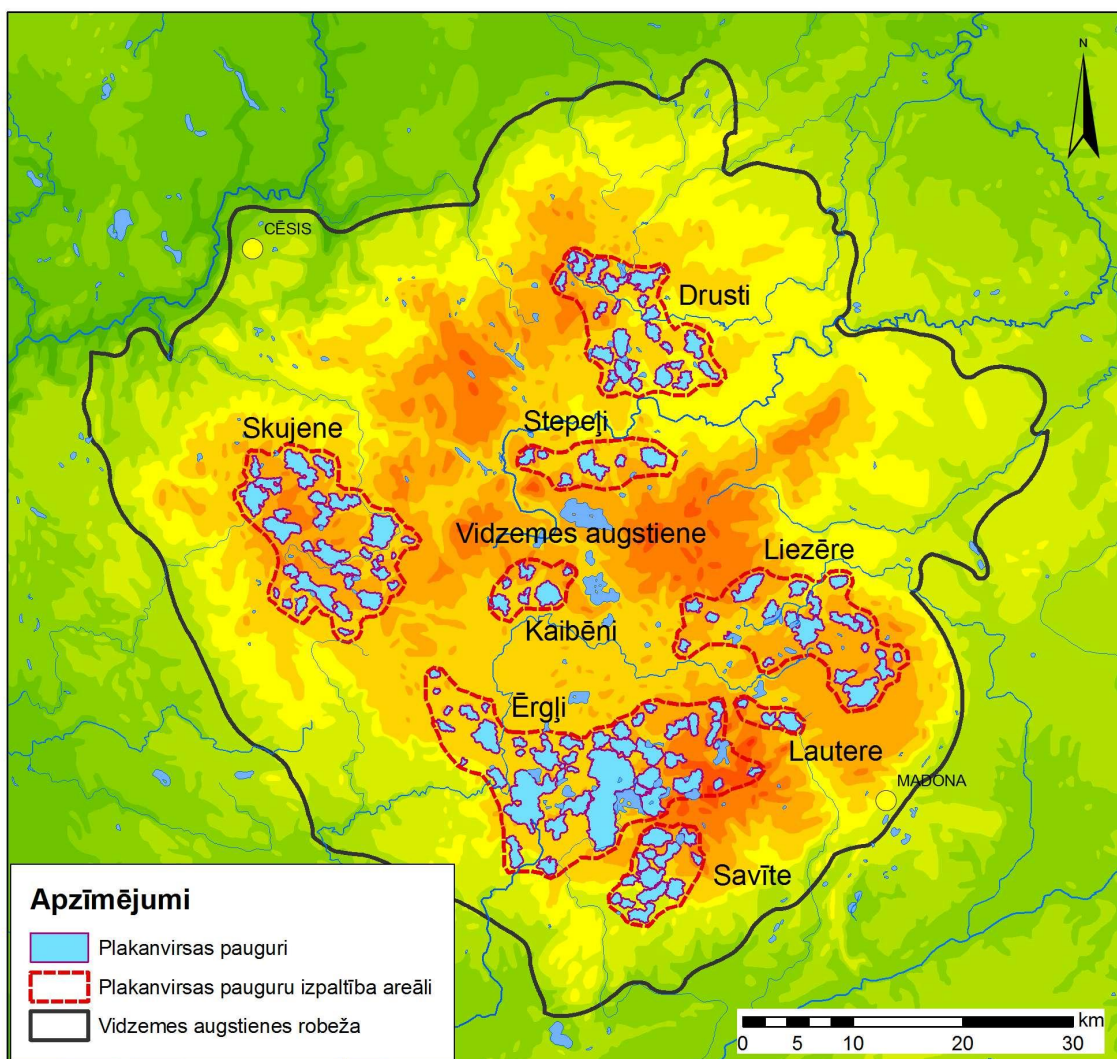
Strautiņu plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Lielākais, plašākais un daudzskaitlīgākais plakanvirsas pauguru areāls Alūksnes augstienē (4.1. att.). Tajā konstatētas pavisam 17 formas, kas ir salīdzinoši līdzīgas pēc platības. Platība mainās no 51,8 ha līdz 473,2 ha, vidējā platība ir 162,2 ha. Pauguri ir izvietojušies trijstūrveidīga areāla formā, kura īsākā mala ir tuvāk augstienes centram, bet virsotne pret šo īsāko malu izstiepta DR virzienā. Gandrīz pa vidu areāls sazarojas. Abi atzari ir stiepti AZA –RDR virzienā. Lielākas formas izvietotas areāla centrā.

Plakanvirsas pauguru virsas maksimālais augstums ievērojami atšķiras un mainās no 154 līdz 215 m vjl., vidējais aprēķinātais pauguru virsas augstāko punktu augstums ir 186,4 m vjl. Pauguru virsas absolūtais augstums izteikti samazinās no augstienes centrālās daļas uz perifēriju, t.i. Vidusgaujas un Lubāna ledusloba atkāpšanās virzienā. Plakanvirsas pauguri paceļas no 21 līdz 48 m virs pieguļošajām ieplakām, bet vidējais relatīvais augstums sasniedz 34,0 m. Areālā pārsvarā raksturīgas gan elementāras formas, gan vaļņveida formas, starp kurām apmēram trešdaļai ir izteikti terašu līmeņi. Pauguru linearitātes koeficients svārstās no 1,1 līdz 2,3, vidējais koeficients ir 1,7. Abilstošu ledāja reljefa formu linearitātes klasifikācijai (Zelčs, 1997a), tie pieder iegarenu pauguru tipam.

4.1.2. Vidzemes augstiene

Vidzemes augstienē plakanvirsas pauguri veido 8 pauguru izplatības areālus (4.2. att.). Tie savstarpēji ievērojami atšķiras pēc platības, hipsometriskā novietojuma un daudziem citiem morfoloģiskajiem rādītājiem.



4.2. attēls Plakanvirsas pauguru izvietojums Vidzemes augstienē. Reljefa modeļa izveidei izmantots SIA Envirotech brīvpieejas ģeodatabāzes GIS Latvija 9.3 izolīniju tematiskais slānis ar šķēluma augstumu 25 m.

Figure 4.2. Distribution of plateau-like hills in the Vidzeme Upland. Digital terrain model (DTM) is generated from thematic layer *Contour lines* with interval 25 m. Contours is derived from open geodatabase GIS Latvija 9.3 by Envirotech Ltd.

Drustu plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Drustu areāls ir viens no lielākajiem Vidzemes augstienē (4.2. att.). Tajā konstatēti 24 plakanvirsas pauguri. Tie ir dažādi pēc platības, kas mainās no 29,6 ha līdz 376, 8 ha. Vidējā pauguru platība ir 151,4 ha. Plakanvirsas pauguri ir izvietojušies samērā kompakti, veidojot savdabīgu režģveida mozaīku, kurā rindās izvietoti pauguri mijas ar kompaktiem sakopojumiem. Kopumā areāls stiepts ZR-DA virzienā. Pauguri grupējas vairākās plakanvirsas pauguru grēdās (4.2. att.), orientētās ZZA-DDA virzienā, bet Z glā gandrīz R-A virzienā. Atsevišķu plakanpauguru virsas augstākie punkti atrodas augstumā no 192 līdz 242 m vjl. Relatīvie augstumi ir no 19 līdz 37 m ar vidējo vērtību 27 m.

Areālā pārsvarā raksturīgas elementāras formas vai vaļņveida formas plakanvirsas pauguri. To linearitātes koeficients svārstās no 1,2 līdz 3,1, bet vidējais koeficients ir 1,9. Tādējādi tie pārsvarā pieder iegarenu pauguru tipam, kaut gan dažiem ir izteikti lineāru pauguru jeb vaļņu apveids. Pauguru garenasis orientējas perpendikulāri Abula ledus mēlei un Augšgaujas ledus mēles ziemeļu daļas mikromēlēm, kas lokalizējās augstienes galējos ZA Augšgaujas mēles izzušanas laikā (Āboltiņš et al., 1975; Zelčs, Markots, 2004).

Stepeļu plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Stepeļu areālā ir tikai 6 plakanvirsas pauguri, kas ievērojami atšķiras pēc platības (4.2. att.). Mazākais paugurs aizņem tikai 52,8 ha, bet lielākā platība ir 363,3 ha. Vidējā aprēķinātā plakanpaugura platība sasniedz 173,0 ha. Pauguri ir izvietojušies vienā grēdā, kas orientēta R-A virzienā (4.2. att.). Lielāka izmēra reljefa formas izplatītas pamīšus ar mazākajām. Plakanpauguru garenasis vērsta ap 45° leņķī pret areāla kopējo izstiepumu un paralēli Augšgaujas ledusmēles D sāniem.

Plakanpauguru virsas maksimālais absolūtais augstums no 212 m līdz 233 m vjl., bet vidēji sasniedz 219,0 m vjl.. Relatīvais augstums ir no 14 līdz 39 m, vidējais – 23,8 m. Areālā pārsvarā raksturīgi iegareni pauguri. Tikai diviem pauguriem areāla galos ir vāji izteikti terašu līmeņi. Pauguru linearitātes koeficients mainās no 1,4 līdz 2,7, vidējais - 1,8.

Liezēres plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Liezēres areālā tika konstatēts 21 plakanvirsas paugurs (4.2. att.). Tie ir ļoti atšķiras platības ziņā. Mazāko pauguru platība ir 19,0 ha, bet lielāko platība sasniedz 488,0 ha. Vidēji tie klāj 138,6 ha. Plakanvirsas pauguri izvietoti salīdzinoši izkliedēti. Lielākās formas ir areāla centrālajā daļā, veidojot režģveida mozaīku. Kopumā areāls stiepjas R-A virzienā. Tā centrālajai daļai raksturīgas divas plakanvirsas pauguru grēdas, kas stiepjas subparalēli areāla kopējai orientācijai, taču tajās esošo formu garenasis ir perpendikulāras grēdu orientācijai. Sīkākās formas izvietotas areāla R daļā un DA stūrī.

Zemākais paugura virsas maksimālais augstums ir 201, bet augstākie pauguri ir ar atzīmēm 265 m vjl. Tātad plakanvirsas pauguri nerasniedz areāla augstākā kalna Nesaules kalna maksimālo augstumu (284 m vjl.), tomēr neskatoties uz to, virsmas augstāko punktu vidējais maksimālais augstums ir 236,8 m vjl.. Relatīvais augstums pauguriem ir no 12 līdz 51 m, vidējais relatīvais augstums - 31,5 m. Areālā pārsvarā raksturīgas iegarenu pauguru formas, vairāk izstieptajām no tām raksturīgas vairākas terases. Formu linearitātes koeficients svārstās no 1,2 līdz 2,7, bet vidēji ir 1,7. Plakanvirsas pauguru garenasu

orientācija norāda to vērsumu perpendikulāri Ogres un Tirzas mēļu un Lubāna loba ledus plūsmām.

Lauteres plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Vismazākais areāls Vidzemē un pētījumu teritorijā (4.2. att.). Tajā konstatētas pavisam tikai 3 formas, kas ir salīdzinoši līdzīgas: pēc platības: no 56,1 ha līdz 242,4 ha, vidēji 137,0 ha. Plakanvirsas pauguri izvietoti gandrīz vienā rindā, areāls orientēts no RZR uz ADA, pauguri ieapaļi mazliet areāla virzienā izstiepta lielākais paugurs areāla A galā.

Pauguru maksimālie augstumi mainās nelielā amplitūdā: no 217 līdz 228 m vjl., vidēji 222,3 m vjl., pauguru augstumi samazinās no centra uz malām. Relatīvie augstumi mainās arī salīdzinoši ievērojami: no 10 līdz 28 m, vidēji 20,3 m.

Areālā pārsvarā raksturīgas elementāras terasētas formas, kur terases ir izteiktas augstākajām un lielākajām formām, formu linearitātes koeficients maz mainās no 1,2 līdz 1,5, vidēji 1,4, formu gareniskās asis subparalēlas kopējai areāla izstiepuma asij.

Savītes plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Viskompaktākais areāls Vidzemes augstienē, lai gan ar nelielu formu skaitu: tajā konstatētas tikai 13 formas, kas ir ļoti līdzīgas (4.2. att.). Līdzība izpaužas, pirmkārt, pēc platības: no 64,8 ha līdz 323,2 ha. Plakanvirsas pauguru vidējā platība 177,0 ha. Plakanvirsas pauguri izvietoti ļoti tuvu viens otram, salīdzinoši kompakti areālā, kas orientēts ZA-DR virzienā, veidojot vāji izteiktu paralēlās rindās izvietotu pauguru struktūru, lielākās formas novietotas areāla centrā, uz malām tās (pauguri) pakāpeniski tās kļūst mazākas, orientētas dažādi.

Pauguru maksimālie augstumi mainās ievērojami, varbūt pat viskrasāk no visiem areāliem: no 171 līdz 258 m vjl. (Ezerkalns), vidēji 214,2 m vjl.. Areālā labi izteikta secīga absolūto augstumu pazemināšanās no ZA malas (kas ir vistuvāk blakus esošajam Ērgļu areālam un arī Gaiziņkalnam, uz DR malu. Relatīvie augstums mainās no 21 līdz 48 m, vidēji 34 m.

Areālā ir ļoti daudzveidīgs formu klāsts: pārsvarā raksturīgas elementāras un vaļņveida formas, pēdējās bieži arī terasētas, to linearitātes koeficients svārstās no 1,3 līdz 2,1 vidēji 1,7, raksturīga rādītāja asimetrija; vairums formu tiecas uz galējām vērtībām.

Ērgļu plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Vislielākais areāls Vidzemes augstienē, ar vislielāko formu skaitu: tajā konstatētas pavisam 42 formas, kas ir ļoti daudzveidīgas. Arī pēc platības: no 18,5 ha līdz 2467,9 ha. Areālā atrodas 2 vislielākie pēc platības plakanvirsas pauguri (attiecīgi 24,68 un 13,76 km²,

un šīs 2 formas, kas ir vislielākās vispār Latvijā, dominē areālā plāna skatījumā). Plakanviršanas pauguru vidējā platība ir 241,2 ha, tie izvietoti salīdzinoši kompakti areālā, kas orientēts AZA-RDR virzienā, ar atzaru ZR stūrī, orientētu uz ZR, veidojot koncentrisku režģveida struktūru, vislielākās formas novietotas areāla centrā, uz malām tās (pauguri) pakāpeniski kļūst mazākas, varam izdalīt 3 grēdas, orientētas subparalēli areāla kopējai orientācijai, izteikti maz formu, kas būtu orientētas perpendikulāri šo grēdu asīm

Pauguru maksimālie augstumi mainās viskrasāk no visiem areāliem: no 178 līdz 312 m vjl. (Gaiziņkalns, Vidzemes augstākā virsotne), vidēji 221,8 m vjl.. Ļoti izteikta secīga absolūto augstumu pazemināšanās no A malas uz R malu. Relatīvie augstums mainās no 10 līdz pat 62 m (Gaiziņkalns), vidēji 31,3 m. Jāpiezīmē, ka jau A. Lazdāne pieskaitīja Gaiziņkalnu pie platoveida pauguriem, kaut gan māla sega pēc viņas datiem konstatēta tikai 6 m biežumā (Lazdāne, 1963), bet vēlāk izrādās, Gaiziņkalnā ir visbiezākā glaciolimnisko nogulumu sega visā Latvijā – 28,5 m (Danilāns, 1973).

Areālā ļoti daudzveidīgs formu klāsts: pārsvarā raksturīgas elementāras formas, kā arī plato un terasētās formas, to linearitātes koeficients svārstās no 1,2 līdz 3,74 vid. 1,8, izteiktam vairumam no 1,2 līdz 2,0.

Kaibēnu plakanviršanas pauguru izplatības areāls

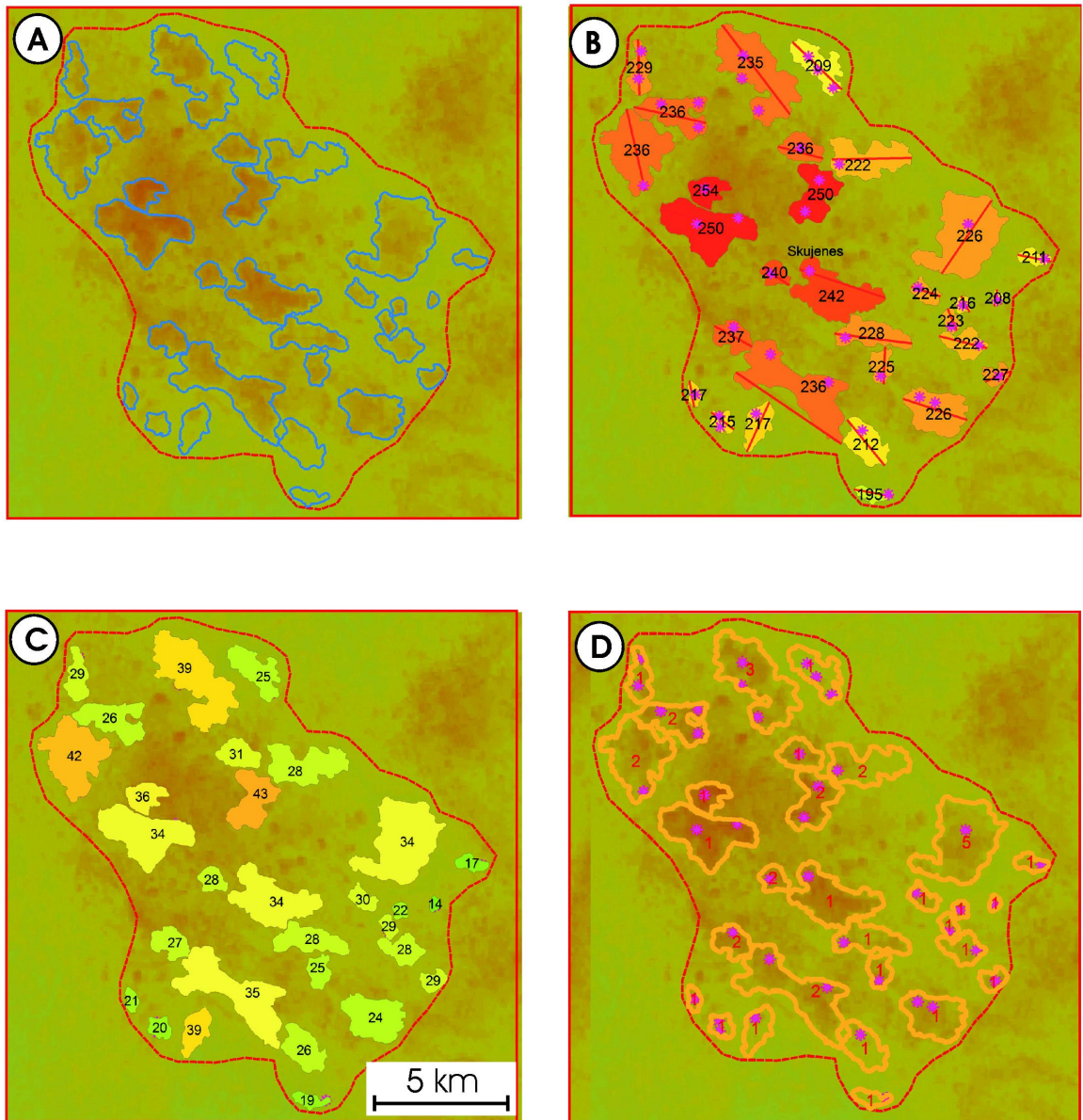
Kaibēnu areālā tika konstatēti 6 plakanviršanas pauguri (4.2. att.). Tie ievērojami atšķiras platības ziņā, kas mainās no 41,8 ha līdz 368,4 ha. Vidējā pauguru platība ir 148,3 ha. Pauguri izvietoti koncentriski riņķveida formā, bet atstatus stāvošais paugurs piedod areālam elipsveidīgu veidolu, ar izstiepumu no AZA uz RDR. Lielākas formas koncentrētas areāla centrā.

Atsevišķu plakanpauguru viršanas augstākie punkti mainās no 206 līdz 234 m vjl., bet vidēji sasniedz 221,5 m vjl.. Pauguru viršanas maksimālais absolūtais augstums samazinās no ZA uz DR. Relatīvie augstumi mainās no 19 līdz 30 m, vidēji - 25,5 m. Areālā pārsvarā raksturīgi iegareni pauguri ar vāji izteikti terašu līmeņi, izņemot pašu lielāko pauguru, kam ir terases. Pauguru linearitātes koeficients svārstās no 1,4 līdz 2,4, bet vidēji sasniedz 1,8. Neapšaubāmi, ka tie atrodas Ogres ledus mēles Z sānos.







Skujenes plakanviršanas pauguru izplatības areāls

Pavisam Skujenes areālā konstatēti 30 plakanviršanas pauguri (4.2. att.). Tie ir salīdzinoši daudzveidīgi pēc platības, kura mainās no 16,3 ha līdz 581,0 ha. Vidējais pauguru izmērs ir 189,74 ha. Plakanviršanas pauguri izvietoti salīdzinoši kompakti, veidojot režģveida mozaīku (4.3. att.). Kopumā areāls orientēts ZR-DA virzienā, raksturīgas

vairākas plakanvirsas pauguru grēdas, no kurām trīs grēdas ir orientētas subparalēli areāla kopējam izstiepumam. Izteikti maz formu, kas orientētas perpendikulāri šo grēdu asīm.



Apzīmējumi

-     Plakanvirsas paugurs (att. A, B, C, D att.)
-  Paugura augstākā virsotne
-  Paugura garenass
- 34 Paugura relatīvais augstums
- 236 Paugura maksimālais augstums
- 1 Terašu skaits uz paugura

4.3. attēls Vidzemes augstienes Skujenes plakanvirsas pauguru izplatības areāla morfoloģiskās analīzes piemērs. A – hipsometriskais novietojums (SRTM); B – pauguru virsas maksimālie augstumi (m), augstākie punkti un orientācijas asis; C – pauguru maksimālais relatīvais augstums; D – pauguru virsas augstākie punkti un terašu skaits.

Figure 4.3. An example of morphological analysis of the Skujene plateau-like hills area, Vidzeme Upland. Legend: A – hypsometric positions derived from SRTM; B – distribution of highest elevations and longitudinal axis; C – relative relief; D – distribution of dots denotes number of terraces in each plateau-like hill.

Autora izstrādātās datu bāzes ļauj veikt vizuālu dažādu parametru savstarpējo salīdzināšanu (4.3. att.), piemēram, ārējo apveidu (formu) saistību ar reljefu atsevišķu formu ietvaros (arī 3D) vai lielākās teritorijās: kā ar LĢIA veidoto reljefu 3.2. att., vai SRTM reljefu 4.3. A att.), formu orientāciju (4.3. att.) vai papildinātu ar formas garenasu vizualizētām līnijām (4.3. B att.), atsevišķu lielpauguru rādītājus, kā maksimālos augstumus varam vizualizēt ar krāsu izmaiņām (4.3. B att.), vai pauguru relatīvā augstuma rādītājus vizualizēt ar krāsu izmaiņām (4.3. C att.).

Veicot ģeotelpisko analīzi Skujenes plakanvirsas pauguru izplatības areālam (4.3. att.), izriet šādi secinājumi: (1) šie pauguri ieņem augstāko hipsomerisko līmeni Vidzemes augstienes ZR stūrī, kur blakus atrodas Mežoles un Piebalgas pauguraine un šī robeža šķērso areālu. Areāla vidusdaļā atrodas arī augstākie reljefa punkti; 2) plakanvirsas pauguri izvietojās joslās, pavisam piecās, visas tās orientētas ZR – DA virzienā. Tā kā pats areāls arī orientēts no ZR uz DA, areāla un joslu orientācija sakrīt. No vidējās joslas uz sāniem esošās joslas atrodas apmēram vienādā attālumā, kas ir apmēram vienāds ar formu platumu; 3) areāla platākajā DA galā izdalās piecas joslas un malējās joslās pauguru izmēri ir ievērojami mazāki, izņemot Skujenes pauguru areāla A malā. Tas izceļas ne tikai ar lielo izmēru, bet ar lielāko terašu skaitu, pavisam 5 terases, areālā un visās trijās augstienēs; 4) augstākās pauguru virsotnes vairumā gadījumu neatrodas centrā. Bieži tās atrodas formu galos (ja formas izstieptas, vai arī pat sānos, sarežģītākā apveida pauguriem mēdz būt vairākas (2-3) pēc augstumiem tuvas (ar 1- 2 m atšķirībām) virsotnes. Īpaši raksturīgi tas ir formām areāla ZR daļā; 5) pauguru garenasis arī vairumā gadījumu orientētas no ZR uz DA, tikai atšķira mazākajos vai areāla malas pauguros, 6) lai gan pēc absolūtajiem izmēriem augstāka ir centrālā daļa, tad relatīvie pauguru augstumi tam precīzi neatbilst. Piedevām attēlā, diferencējot relatīvos augstumus ar krāsām (4.3. C att.), izteikti parādās ZA – DR virzienā orientētas joslas. Tādā veidā areālā plakanvirsas pauguru izvietojumu nosaka arī kāda šķērseniskā komponente, kas noteikti iezīmē areāla reljefa, t. sk. plakanvirsas pauguru cokolu daļas veidošanās dinamiku, un iespējams, arī glaciolimnisko nogulumu segas veidošanos virs tiem; 7) Skujenes areālā vairumam pauguru (21 no 30) ir tikai viena terase, jeb virsa ir salīdzinoši līdzena, ko pamatā sarežģī gravas vai sengravas.

Septiņiem pauguriem ir pa 2 terasēm, vienam 3, bet vienam 5. Cita rakstura analīzes rezultāti tiek apskatīti kā apkopoti statistiski grafiku veidā (4.7, 4.8. att.).

Skujenes areāla plakanvirsas pauguru virsas maksimālais augstums mainās no 195 līdz 254 m vjl. (4.3. B att.), bet vidējais absolūtais augstums sasniedz 226,8 m vjl. Relatīvais augstums svārstās no 14 līdz 43 m, bet vidēji plakanvirsas pauguri paceļas 29,7 m virs blakusesošajām ieplakām (4.3. C att.). Areālā pārsvarā raksturīgas iegarenas vai vaļņveida formas pauguri (4.3. att.), kuru linearitātes koeficients svārstās no 1,2 līdz 3,2, vidēji 1,9. Plakanvirsas pauguru garenasis R daļā ir vērsta perpendikulāri Amatas ledus mēles, bet R daļā Zemgales ledusloba atkāpšanās virzienam.

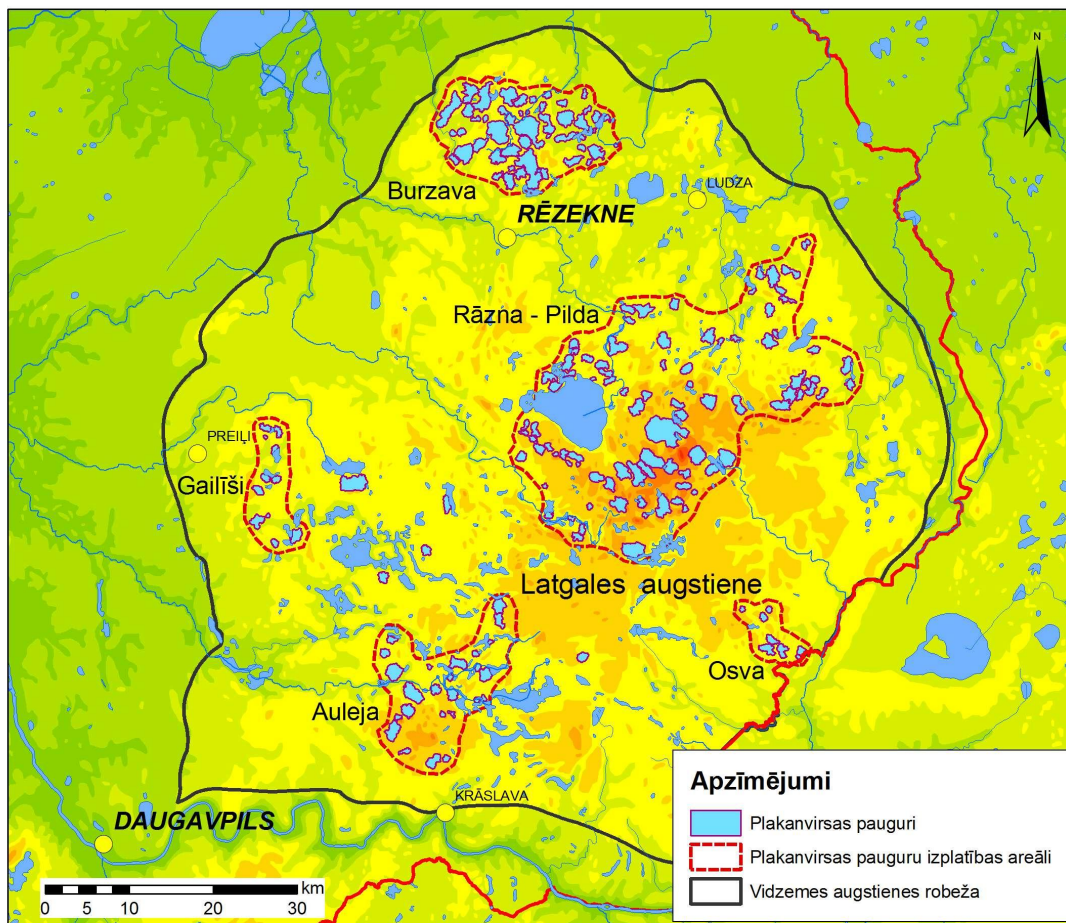
4.1.3. Latgales augstiene

Latgales augstienē plakanvirsas pauguri veido 5 pauguru izplatības areālus (4.4. att.). Tie savstarpēji ievērojami atšķiras pēc platības, hipsometriskā novietojuma un daudziem citiem morfoloģiskajiem rādītājiem.

Burzavas plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Ļoti kompakts plakanvirsas pauguru areāls (4.4. att.). Tajā konstatētas pavisam 47 formas, kas ir salīdzinoši līdzīgas pēc platības: no 17,6 ha līdz 726,7 ha. Vidējā pauguru platība 168,6 ha. Plakanvirsas pauguru formas izvietotas salīdzinoši kompakti, veidojot elipsveidīgu, A-R virzienā izstieptu areālu, režģveida struktūru, areāla gandrīz pašā centrā atrodas visaugstākais plakanvirsas paugurs – Tumuži (3.4. att.) , ar maksimālo absolūto augstumu – 214 m (augstākais Burzavas paugurainē) un visbiezāko glaciolimnisko nogulumu segu Latgales augstienē – 22,5 m (Stinkule, 1977).

Pauguru maksimālie augstumi mainās no 145 līdz 195 m, 214 m vjl. Ir kā izņēmums, kas „izlec” virs teritorijas, relatīvie augstumi – no 12 līdz pat 54 m, vidēji 24 m, kaut arī ir viens tikai ap 5 m augsts paugurs. Kopumā šim radītājam ir izteikts normāls sadalījums. Areālā pārsvarā raksturīgas pārsvarā nelielas elementāras formas vai vaļņveida, nelielai, daļai konstatējamas terases, to linearitātes koeficients svārstās no 1,1 līdz 3,2, vidēji 1,9.



4.4. attēls. Plakanvirsas pauguru izvietojums Latgales augstienē. Reljefa modeļa izveidei izmantots SIA „Envirotech” brīvpieejas ģeodatubāzes „GIS Latvija 9.3” izolīniju tematiskais slānis ar šķēluma augstumu 25 m.

Figure 4.4. Distribution of plateau-like hills in Latgale Upland. Digital terrain model (DTM) generated from thematic layer *Contour lines* with interval 25 m, included in geodatabase “GIS Latvija 9.3” prepared by „Envirotech” Ltd.

Rāznas - Pildas plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Vislielākais plakanvirsas pauguru areāls gan Latgales augstienē, gan visā pētījumu teritorijā (4.4. att.) Tajā konstatētas pavisam 89 formas, kas ir ļoti daudzveidīgas, arī pēc platības: no 22,7 ha līdz 1163,2 ha (3. lielākais plakanvirsas paugurs Latvijā), vidēji 145,3 ha. Kopumā visi plakanvirsas pauguri aizņem 129,74 km²; tie izvietoti ZA - DR virzienā stieptā areālā, formas grupējas vairākos apakšareālos, lielā areāla centrā atrodas Rāznas ezers, kas rada areāla vidusdaļas „tukšumu” no plakanvirsas pauguriem, ar lielākajām

formām vairāk vidusdaļā, ar augstākajām virsotnēm areāla DA daļā. Lai gan areāls ietver Latgales augstienes augstāko virsotni - Lielo Liepu kalnu, uz tā virsmas nozīmīgu glaciolimnisko nogulumu nav.

Paugurus maksimālie augstumi mainās no 157 līdz 289 m, vidēji 201,9 m, augstāk esošās formas areāla DR malā, relatīvie augstumi mainās no 12 līdz 68 m, vidēji 30,5 m.

Areālā pārsvarā raksturīgas pārsvarā nelielas elementāras formas vai vaļņveida formas, daudzām pat 3 terašu līmeņi. Pauguru linearitātes koeficients mainās no 1,2 līdz 2,0, vidēji 1,5, bieži sastopamas ieapaļa apveida formas.

Osvas plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Šis Latgales augstienes dienvidaustrumu daļas plakanvirsas pauguru areāls ir salīdzinoši neliels (4.4. att.). Tajā konstatētas pavisam tikai 8 plakanvirsas pauguri, kas gan tomēr ir salīdzinoši morfoloģiski daudzveidīgi. Tās atšķiras pēc platības: no 26,1 ha līdz 163,8 ha, vidēji 84,3 ha. Plakanvirsas pauguri izvietoti Z-D virzienā stieptā areālā, ar lielākajām formām vairāk dienviddaļā, ar augstākajām virsotnēm areāla D galā.

Pauguru maksimālie augstumi mainās no 155 līdz 193 m, vid. 179,4 m, izteikts vidējais absolūtais augstums ap 180 m, augstāk esošās formas areāla Z galā, relatīvie augstumi mainās no 15 līdz 31 m, vidēji 22,8 m. Areālā pārsvarā raksturīgas pārsvarā nelielas elementāras formas vai vaļņveida formas, daudzām pat 3 terašu līmeņi. Pauguru linearitātes koeficients mainās no 1,2 līdz 2,0, vidēji 1,5, vairumā dominē ieapaļie veidoli.

Aulejas plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Aulejas plakanvirsas pauguru izplatības areāls atrodas Latgales dienvidaustrumu daļā (4.4. att.). Šis plakanvirsas pauguru areāls ir salīdzinoši liels. Tajā konstatētas pavisam 25 formas, kas ir būtiski atšķiras platības ziņā: no 26,6 ha līdz 357,7 ha, vid. 116,0 ha jeb 1,2 km², izvietotas V veida areālā, ar lielākajām formām vairāk vidusdaļā, ar augstākajām virsotnēm areāla D galā. Paugurus maksimālie augstumi mainās no 173 līdz 231 m, vid. 197,48 m, augstāk esošās formas areāla DR malā, relatīvie augstumi mainās no 11 līdz 50 m, vidēji 31,6 m.

Areālā pārsvarā raksturīgas pārsvarā nelielas elementāras formas vai vaļņveida formas, daudzām pat 3 terašu līmeņi. Pauguru linearitātes koeficients mainās no 1,2 līdz 3,76, vidēji 1,6, diezgan plaši izplatītas ieapaļa apveida formas.

Gailīšu plakanvirsas pauguru izplatības areāls

Gailīšu plakanvirsas pauguru izplatības areāls atrodas Latgales rietumu malā (4.4. att.). Tas ir relatīvi neliels, jo tajā konstatētas pavisam 11 formas, kas ir atšķirīgas pēc

platības - no 17,4 ha līdz 177,7 ha. Vidējā pauguru platība 87,1 ha. Pēc vidējās platības, tas ir vismazāko formu areāls, kas ir stiepts Z-D virzienā.

Paugurus maksimālie absolūtie augstumi mainās no 166 līdz 193 m, vidēji 174,5 m, augstāk esošās formas areāla centrā, relatīvie augstumi – no 14 līdz 38 m, vidēji 22,6 m.

Areālā raksturīgas pārsvarā nelielas elementāras formas vai vaļņveida formas, lielākās areāla D galā. Pauguru linearitātes koeficients mainās no 1,2 līdz 2,0, vidēji 1,5, vairumā dominē ieapaļā veidola formas.

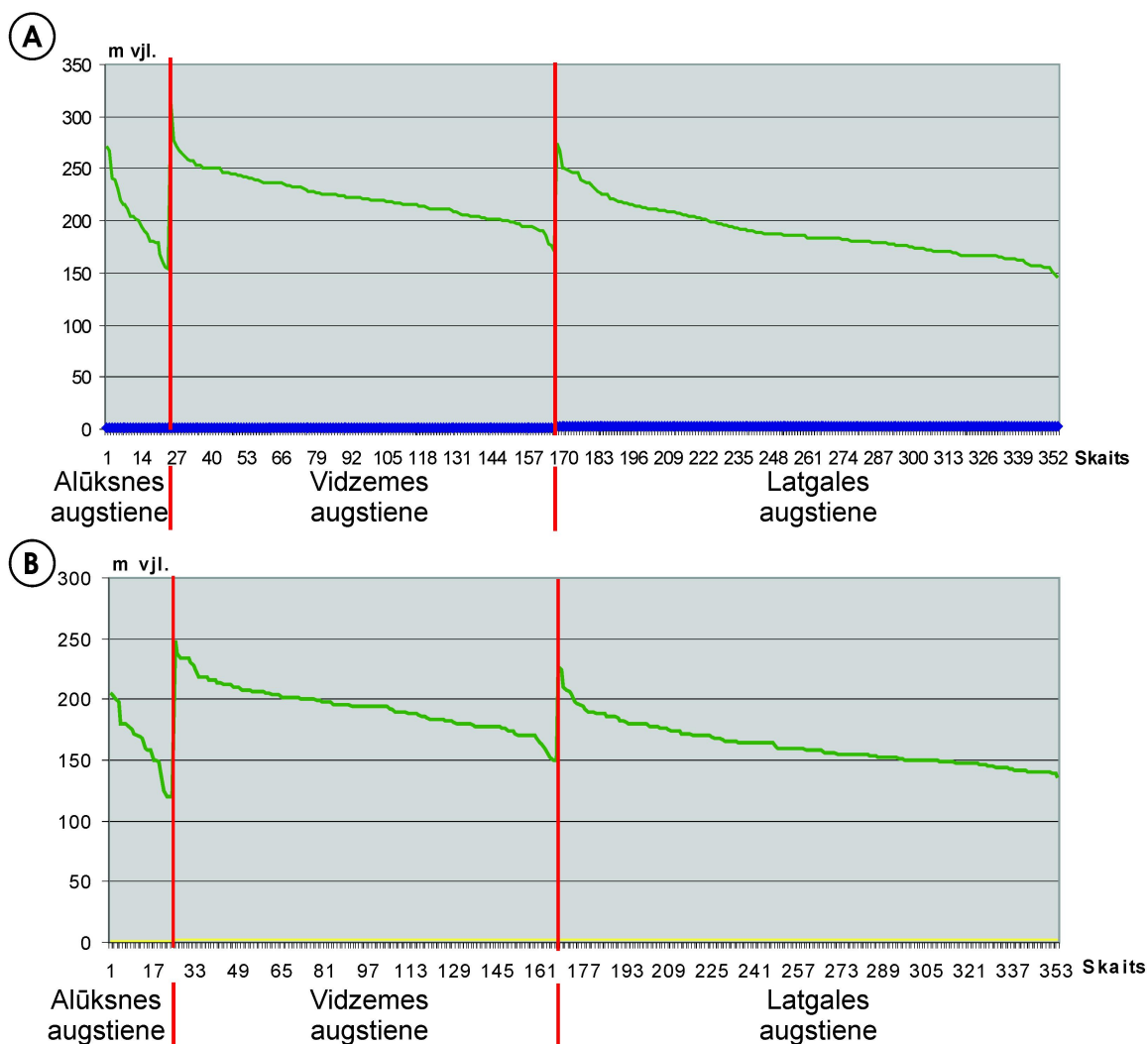
Ārpusareālu plakanvirsas pauguri

Ārpus augstāk minētajiem areāliem Latgales augstienē kā atsevišķas formas ir 5 plakanvirsas pauguri, izvietoti vairāk augstienes DR daļā, uz DR vai R no Rāznas – Pildas areāla (4.4. att.). Tām ir salīdzinoši tipiskas plakanvirsas pauguru formas, kuru platība mainās no 110,7 ha līdz 501,9 ha, bet vidējā platība ir 198,6 ha.

Pauguru maksimālais absolūtais augstums svārstās no 164 līdz 215 m, vidēji 182,6 m, relatīvie augstumi ir no 13 līdz 59 m, vidēji 26,8 m.

Areālā pārsvarā raksturīgas pārsvarā nelielas elementāras formas, savrupi izceļas paugurs uz D no Feimaņu ezera. Tas ir visplašākais un visaugstākais paugurs ar trīs terašu līmeņiem. Pauguru linearitātes koeficients mainās no 1,2 līdz 2,0, vidēji 1,5.

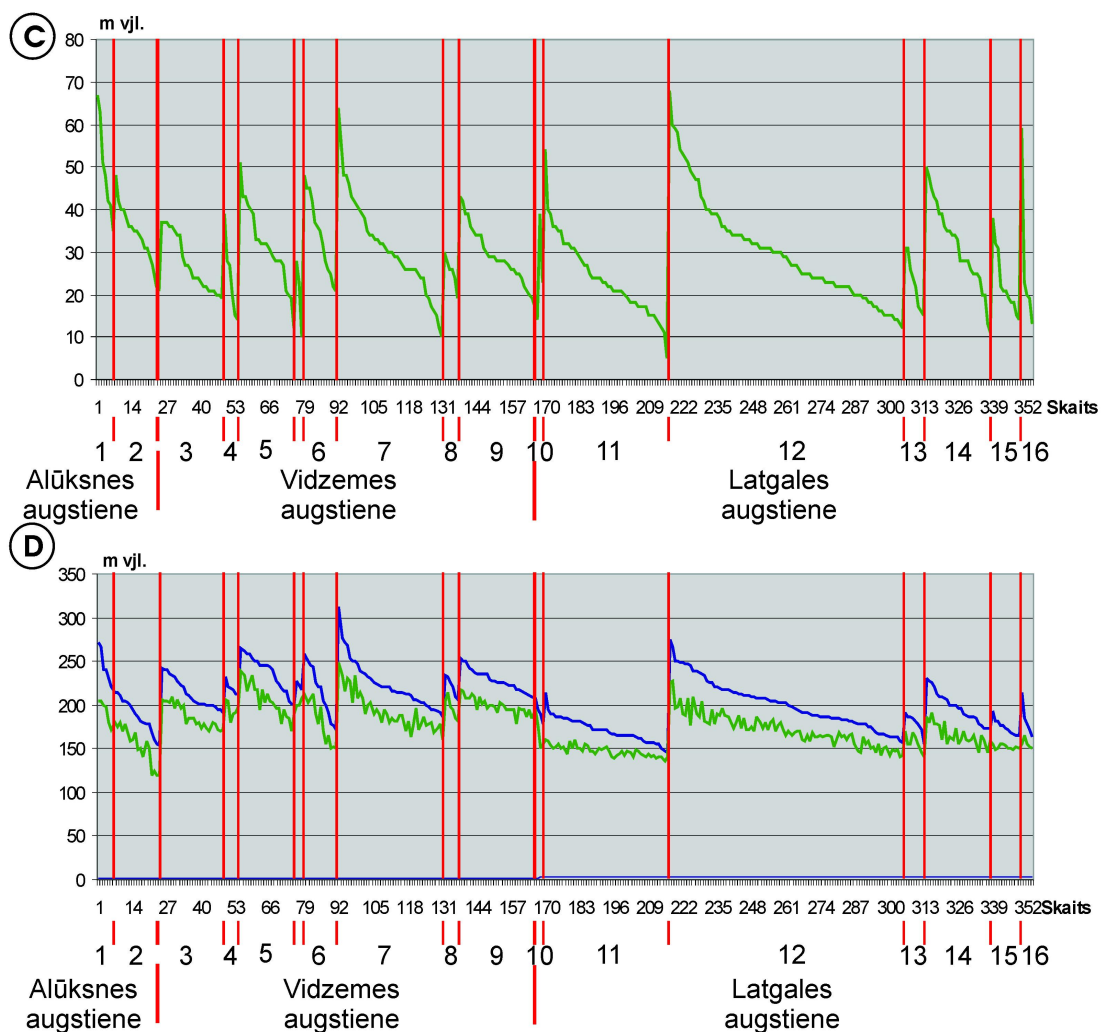
Analizējot šo formu telpisko izplatību, kā arī balstoties uz to ārējās morfoloģijas pazīmēm un iekšējās uzbūves datiem, var apgalvot, ka pastāv nelielas reģionālas atšķirības dažādās augstienēs. Alūksnes augstienē plakanvirsas lielpauguri pārstāvēti ar atsevišķām tipiskām formām, savukārt Vidzemes augstienē un Latgales augstienē gandrīz vienādā daudzumu esošās formas ir gan līdzīgas, gan arī atšķirīgas, kas īpaši izpaužas izvietojuma raksturā.



4.5 attēls. Plakanvirsas pauguru hipsometriskā stāvokļa sadalījums atsevišķās salveida akumulatīvi glaciostrukturālajās augstienēs: A - maksimālā virsotņu augstumu sadalījuma grafiks; B – minimālā virsotņu augstumu sadalījuma grafiks.

Figure 4.5. Elevation distribution of plateau-like hills in separate insular accumulative glaciostructural highlands: A –distribution of peak maximum height; B – distribution of minimum peak height.

Ja salīdzina plakanvirsas pauguru maksimālos augstumus (4.5. A att.), tad vidēji lielāki tie ir Vidzemes augstienē (apmēram 223 m vjl.), Alūksnes un Latgales augstienē līdzīgāki (attiecīgi apmēram 202 m un 190 vjl.), gan ievērojami atšķiras pauguru skaits. Ja šo pašu lielumu analizēja pa areāliem (4.6. D att.), vizuāli tad var šķist, ka visaugstāk atrodošies plakanvirsas pauguru virsotnes ir Savītes areālā Vidzemes augstienes dienvidos taču tam piemīt vidējais augstienes rādītājs (221 m vjl.). Kā jau minēts 4.1.2. apakšnodaļā, Skujenei šis rādītājs ir par 6 m augstāks. Ja salīdzina lielpauguru pamatnes jeb piekājes (nav ņemtas vērā purvu katlieņu un ezerdobju dibena reljefs) atrašanos dažādos hipsometriskajos līmeņos (4.6. B att.), tad jāatzīmē, ka Latgales augstienē tās atrodas apmēram vidēji par 32 m zemāk nekā Vidzemes augstienē.



4.6. attēls. Plakanvirsas pauguru hipsometriskā stāvokļa sadalījums atsevišķu to pauguru izplatības areālos: A – relatīvā augstuma grafiks; B - maksimālā virsotņu augstumu sadalījuma līkne (zilā krāsā) un minimālā virsotņu augstumu sadalījuma līkne (zaļā krāsā).

Areāli: Alūksnes augstiene: 1 – Icenieši; 2- Strautiņi; Vidzemes augstiene: 3 - Drusti, 4 - Stepeli, 5- Liezere, 6 - Lautere, 7 – Savīte, 8 - Ērgļi, 9 – Kaibēni, 10 – Skujene; Latgales augstiene: 11- Burzava, 12 - Rāzna-Pilda, 13 - Osva, 14 – Auleja, 15 - Gailīši, 16 – izolētie (ārpusareālu) plakanvirsas pauguri.

Figure 4.6. Elevation distribution of plateau-like hills in several uplands and areas: A – chart of relative height; B - distribution curve of maximum height of the peaks (blue) and distribution curve of minimum height of the peaks (green).

Areas: Alūksne Upland: 1 - Icenieši; 2 - Strautiņi; Vidzeme Upland: 3 - Drusti, 4 - Stepeli, 5 - Liezere, 6 - Lautere, 7 - Savīte, 8 - Ērgļi, 9 - Kaibēni, 10 - Skujene; Latgale Upland: 11 - Burzava, 12 - Rāzna-Pilda, 13 - Osva, 14 - Auleja, 15 - Gailīši, 16 – separate plateau-like hills.

Latgales augstienē izkļiedētajām formām piemīt līdzīgāki, zemāki pamatnes augstuma rādītāji nekā formu grupējumos areālos, bet Vidzemes augstienē pamatnes augstumi ir ar ievērojamām atšķirībām pat atsevišķu dažādu areālu ietvaros, bet vairumā gadījumu raksturojoties ar izteiktu kopīgu nolaidenumu vienā virzienā, izņemot Skujenes apkārtni, kur areāla tieši centrālajā daļā formām ir ievērojami lielāki pamatnes augstumi

(4.3. att.). Tas skaidrojums ar areālu novietojumu attiecībā pret augstieņu virsas reljefu un tā visaugstākajām daļām, īpaši pirmpauguru ķēdēm jeb lokiem. Salīdzinot kaut vai maksimālo relatīvo augstumu datus dažādās augstienēs (4.6. C att.), var apgalvot, ka visaugstākās formas atrodas Latgales augstienē, taču tām kopumā ir neliels īpatsvars, augstienēs Latvijā pamatā valdošie augstumi ir no 20 līdz 40 m, pavisam maz ir arī formu ar relatīvo augstumu mazāku par 20 m.

Līdzīgi varam izvērtēt plakanvirsas pauguru relatīvos augstumus (pa areāliem (4.6. C att.) vai kā maksimālo un minimālo augstumu līknes (4.6. D att.), kur parādās likumsakarība, ka šie radītāji ir atšķirīgi un vāji korelējas ar formu absolūtajiem augstumiem, kā tas tika aprakstīts un bija vērojams 4.3. attēlā Skujenes plakanvirsas pauguru izplatības areālā.

4.2. Zemvislas virsas raksturs un augšējā pleistocēna slāņkopas uzbūve plakanvirsas pauguru izplatības areālos

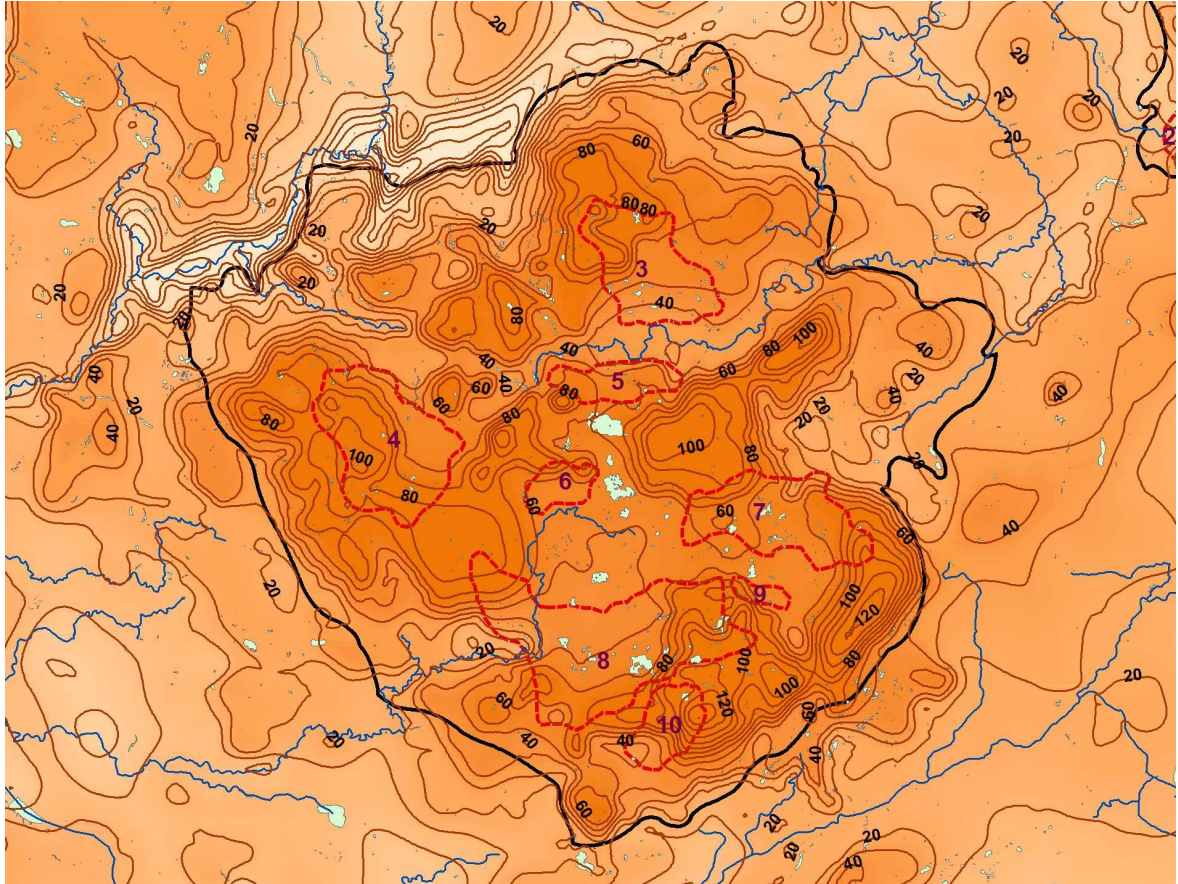
Ledāja salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu un tām raksturīgā reljefa mezoforū kompleksa veidošanās ir ledāja segas un tā gultnes sarežģītās mijiedarbības rezultāts. Laiktelpiskā skatījumā, kā to īpaši uzsver virkne pētnieku (Āboltiņš, 1972, 1975, 1989; Āboltiņš *et al.*, 1987?, 1988?; Raukas *et al.*, 2004), šī mijiedarbība ir bijusi mainīgā atkarībā no segledāja perifēriālās segas dinamiskās struktūras, ledus masu kustības veida, un, protams arī no segledāja vispārīgās attīstības rakstura, t.i. ledāja transgresīvās uzvirzīšanās vai degradācijas. Ledāja transgresijas etapā, kā to norāda O. Āboltiņš (1972), zemienēm ledājs uzvirzījās atsevišķu plūsmu un lobu veidā, apliecot pacēlumus, kādi sākotnēji bija pamatiežu pacēlumi. Pēdējais apledojums jau aplieca iepriekšējo apledojumu laikā izveidotās augstienes. Morēnas materiāla akumulācija notika vai nu augstieņu nogāzēs vai ledāja lobu un mēļu frontālajās daļās. Palielinoties ledāja biezuma, tas pārklāja arī nelīdzenumus un pastiprinātas zemledā morēnas nogulumu uzkrāšanās zona pārbīdījās uz pacēlumu augstākajām daļām. Taā turpinājās arī kadu laiku ledāja deglaciācijas laikā (Āboltiņš, 1972, 1975). Tādējādi minētie pētījumi pierāda zemledāja gultnes reljefa ietekmi uz ledus masu dinamiku un pleistocēna veidojumu litomorfoģenēzes procesiem. Neapšaubāmi, ka zemvislas (zembaltijas vai zemvaldaja pēc Āboltiņš *et al.*, 1975, 1976; Meirons, 1976; Meirons, Straume, 1979; Meirons, Juškevičs, 1984 lietotās terminoloģijas) virsas reljefs un pēdējā apledojuma nogulumu uzbūve bija faktori, kas ietekmēja ne tikai plakanvirsas pauguru glaciotehtoniskās pamatnes veidošanos, bet ļoti iespējams arī

plakanvirsas pauguru veidošanās apstākļu lokalizāciju saistībā ar ledājkūšanas ūdeņu uzkrāšanos zem ledāja un zemledāja gultnes nogulumu filtratīvajām īpašībām.

Zemvislas virsas reljefā ir vairākas kopīgas iezīmes. Viena no tām, ka tās maksimālie augstumi (Straume, 1979) ir līdzīgi, sasniedzot pat atzīmes nedaudz virs 160 m, tikai Alūksnes augstienē tas ir ziemeļdaļā, kur atrodas arī Iceniešu plakanvirsas pauguru areāls, Vidzemē arī vairāk uz Z no centra (Dzērbenes apkārtnē, 172 m, uz D pat 177 m vjl.), pa vidu starp Drustu un Skujenes plakanvirsas pauguru izplatības areāliem (4.8. att.), taču arī Gaiziņkalna apkārtnē gandrīz saniedz tādas pat vērtības (Āboltiņš *et al.*, 1975). Latgales augstienē augstākie zemvislas virsas pacēlumi sakrīt ar Rāznas-Pildas plakanvirsas pauguru areālu (4.8. att.), un atrodas uz A un D no Rāznas ezera, praktiski augstienes centrālajā daļā. Kopumā tātad zemvislas virsa (4.8. att.) sakrīt ar augstākajiem mūsdienu zemes virsas reljefa apgabaliem.

Ir zināms, ka augstienēs ir palielināts pleistocēna nogulumu biezums (Āboltiņš 1972, 1975, 1989). Kvartāra nogulumu biezuma kartes Latvijā (Meirons, Straume, 1979; Meirons, Juškevičs, 1984) ir sastādītas balstoties uz vairākiem desmitiem tūkstošu urbumu, kā arī ģeofizikālās zondēšanas datiem, kas dod pietiekami objektīvu priekšstatu par kvartāra nogulumu slāņkopas telpisko sadalījumu un izmaiņām. Tomēr tas un pašreiz pieejamās ledāja nogulumu segas uzbūves pētījumu metodes neatsedz sākotnējo ledāja nogulumu biezumu, jo kā atzīmē J. Piotrovskis, N.J. Larsens un F.V. Junge, (Piotrowski *et al.*, 2004) no nekonsolidētiem („mīkstiem”) iežiem vai nogulumiem veidotā zemledāja gultnē veidojas deformācijas un stabilo plankumu mozaīka. Tās veidošanās laikā norisinās sākotnējā zemledāja gultnes nogulumu biezuma pārdalīšana, ko minētie autori raksturo kā megamēroga parādību (*ibid*). Līdzīga ideja jau agrāk ir izteikta par Latvijas ledāja augstieņu un zemieņu pleistocēna nogulumu sākotnējā biezuma izmaiņām zemledāja glaciotektonisko deformācijas struktūru un reljefa formu veidošanās procesā (Āboltiņš, Zelčs, 1988; Āboltiņš, 1989; Āboltiņš, Dreimanis, 1995; Dreimanis, Zelčs, 1995; Zelčs, Dreimanis, 1997). Tomēr, neskatoties uz šo iepriekšminēto nozīmīgo paleoģeogrāfisko secinājumu, salveida akumulatīvi glaciostruktūrālo augstieņu kā makroformu, to mezoreljefa kompleksu veidošanā nozīmīgākā loma ir pēdējā apledojuma nogulumiem. Izmantojot digitizēto M 1:1 000 000 zemvislas (zembaltijas - pēc J. Straumes (1979) lietotās terminoloģijas) un zemes virsas reljefa datus (SIA Envirotech GIS Latvija reljefa slānis), ar ArcMap tika ģenerēta pēdējā apledojuma un holocēna nogulumu slāņkopas biezuma karte. Lai gan vizuāli iegūtā karte it kā uzrāda augstu precizitāti, tās izšķirtspēja nav sevišķi augsta, jo zemvislas virsmas izolīniju šķēluma augstums 20 m un tām piemīt

augsta ģeneralizācijas pakāpe. Arī zemes virsas reljefa šķēluma augstums 25 m ir samērā raupjš. Tomēr iegūtais rezultāts pietiekami viennozīmīgi apstiprina pabiezinātās pēdējā apledojuuma nogulumu segas dominējošo lomu salveida akumulatīvi glaciostrukturālajās augstienēs, kā tas redzams Vidzemes augstienes piemērā (4.6. att.)



4.7. attēls Pēdējā apledojuuma nogulumu biezums Vidzemes augstienē. Ar sarkano līniju ir apvilkti plakanvirsas pauguru izplatības areāli.

Figure 4.7. Thickness of the Late Pleistocene sediments in the Vidzeme Upland. Red contoured areas denote location of the plateau-like hills areas.

Alūksnes augstienē pēdējā apledojuuma nogulumu biezums ir paaugstināts, taču mazāks nekā Vidzemes augstienē (4.8. att.). Veclairenes paugurainē Dēliņkalna un Sauleskalna pirmmasīvpauguru apkārtnē tas sasniedz ap 65 m, bet Icēniešu plakanvirsas pauguru areālā – 40-50 m. Malienas paugurainē pēdēja apledojuuma nogulumu biezums ir 40 m D no Alūksnes un ap Kalncempjiem, bet Strautiņu plakanvirsas areāla dienviddaļā tas ir 30 – 40 m. Var apgalvot, ka lielākie biezumi saistās tieši ar augstākajiem pauguriem un plakanvirsas pauguru areāliem, pārējā teritorijā ap 20 m, vismazākais biezums augstienes R malā. Augstienes lielākā ezera - Alūksnes ezera ietvaros šīs segas biezums dienvidu virzienā ievērojami pieaug – apmēram no 20 līdz 40 m.

Alūksnes augstienēs kvartāra segas nogulumos galvenokārt piedalās sarkanīgi brūna un brūna morēnas mālsmilts, ar dažāda biezuma dislocētām un saraustītām smilts, grants, retāk māla un aleirītu starpkārtām (Juškevičs, Skrebels, 2002). Tas raksturīgs daudzviet centrālajā daļā, kur morēna bieži ir arī zemes virspusē. Nogāzēs un Vaidavas pazeminājumā arī bieži smilts ar grants un oļu piemasiījumu, veidojoties ledāja kušanas ūdeņu straumju plūsmas (Juškevičs, Skrebels, 2002).

Pēdējā apledojuuma nogulumu biezums Vidzemes augstienē vidēji ap 60 - 80 m (4.7. att.). veidojot izteiktas 3 subparalēlas pabiezinātas segas joslas, orientētas no RDR uz AZA (4.7. att.). Vislas apledojuuma nogulumu vislielākais biezums ir augstienes dienvidu daļā, kur vietām pārsniedz 120 m (Juškevičs, 2000). Aprēķini liecina, ka šajā teritorijā kopējais pleistocēna nogulumu slāņkopas biezums ir ap 200 m (Zelčs, Markots, 1998). Šo augstienes daļu aizņem Vestienas pauguraine, kurā atrodas 13 no 15 augstākajiem Latvijas mūsdienu virsas punktiem (Zelčs, 1997b), kā arī Savītes un daļēji Drustu plakanvirsas pauguru areāli. Augstienes vidusdaļā esošajā Piebalgas paugurainē Vislas apledojuuma nogulumu biezums vietām sasniedz ap 100 m. Relatīvi plānāks, tas ir Mežoles paugurainē, kas aizņem augstienes ziemeļu daļu, kur maksimālais biezums svārstās no 80 līdz 90 m (Juškevičs, 2000). Aprēķini tomēr liecina, ka maksimālais pēdējā apledojuuma nogulumu biezums ir dažus km DA no Kaņepēnu ezera, kas atrodas Vestienas paugurainē, un sasniedz 140 m.

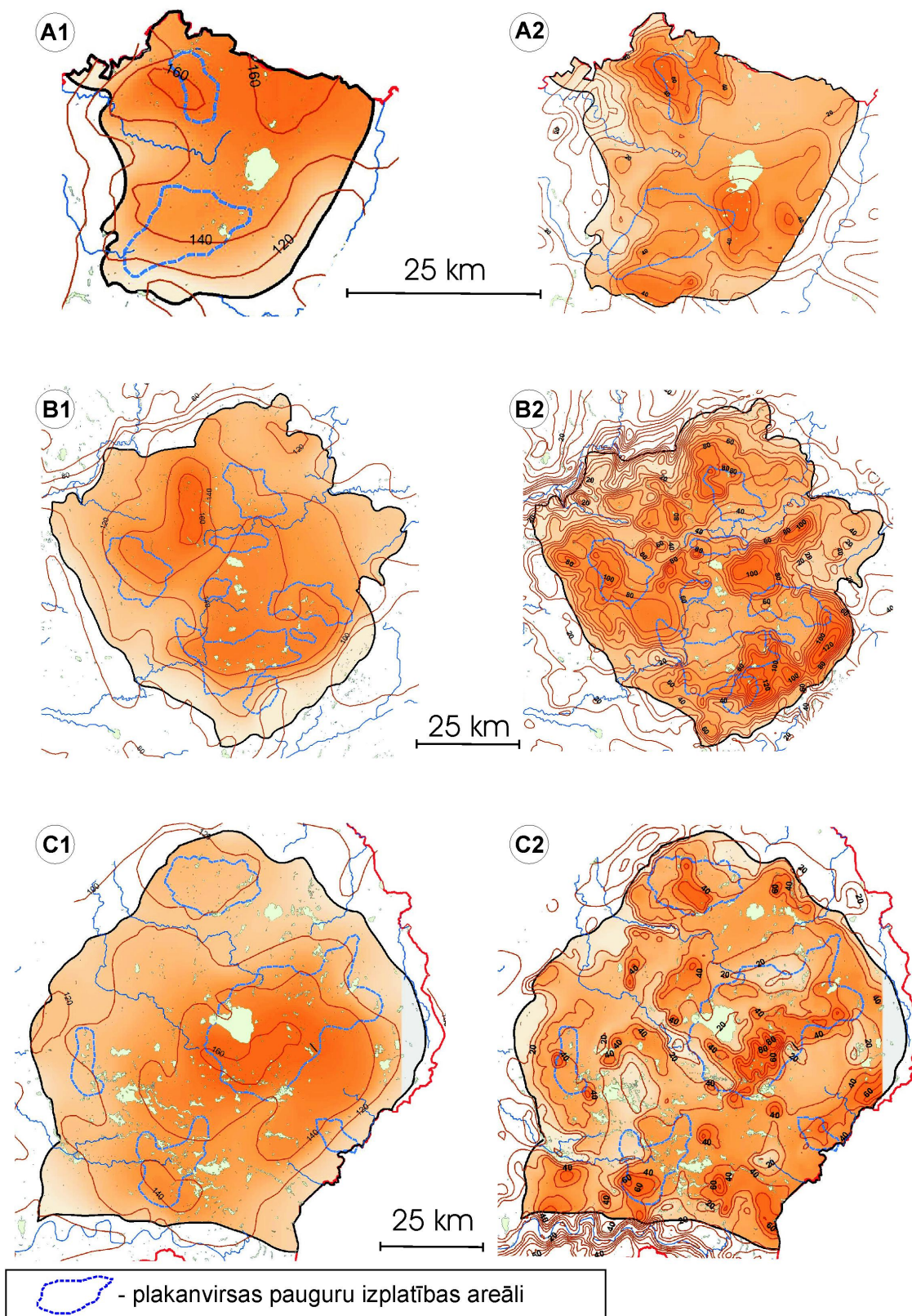
Kvartāra segas augšdaļu, t.sk. mūsdienu reljafa formu veidošanā galvenokārt piedalās sarkanīgi brūna un brūna morēnas mālsmilts, retāk smilšmāls (Juškevičs, Skrebels, 2002). Morēna ir glaciotektoniski stipri deformēta, ar biežām smilšainu un mālainu nogulumu starpkārām vai ieslēgumiem. Zemvislas virsā atrodas arī biezas granšainas vai aleirītiskas smilts slāņkopas (Juškevičs, Skrebels, 2002).

Latgales augstienē Vislas apledojuuma nogulumu kārtā ir ievērojami plānāka (4.6 B att.). Lielākais biezums ir ap 80 m un izplatīts salīdzinoši nelielā teritorijā apvidū ap Lielo Liepu kalnu, kas atrodas Rāznavas paugurainē. Tādējādi, šis palielinātais biezums attiecas uz Rāznavas – Pildas plakanvirsas pauguru areālu un salīdzinoši cieši saistās tieši ar plakanvirsas pauguru sakopojumiem. Palielinātais biezums ir raksturīgs arī pārējiem Latgales augstienes plakanvirsas pauguru areāliem. Pārējā augstienes teritorijā Vislas apledojuuma nogulumu biezums mainās no 20 līdz 40 m, kas tomēr ir krietni lielāks nekā augstienei pieguļošajos ledāja zemieņu apvidos (Juškevičs, 2002; Juškevičs, Skrebels, 2003, Meirons, 2004). Visām teritorijām, kur koncentrējas ezeri vai atrodas lielākie

Latgales augstienes ezeri, raksturīga plāna Vislas apledojuuma nogulumu kārta. Tās vidējais biezums ir ap 20 m vai pat mazāks.

Kopumā, izvērtējot minēto trīs salveida augstieņu pēdēja apledojuuma nogulumu biezumu, var secināt, ka plakanvirsas pauguru ievērojamais virsas hipsometriskais novietojums un relatīvais augstums, kā arī platība atspoguļo pabiezinātas Vislas apledojuuma nogulumu segas izplatības nogabalus. Tas vislabāk izpaužas Alūksnes un Latgales augstienēs, kur pēdējā apledojuuma nogulumu kārtas biezums ir ievērojami plānāks nekā Vidzemes augstienē, kur savukārt plakanvirsas pauguru areālu saistība ar lielākajām Vislas apledojuuma nogulumu biezuma vērtībām nav tik izteikta. Iespējamie iemesli: 1) kartogrāfisko datu nepilnības vai kļūdas, 2) iespējami ilgākā nogulumu uzkrāšanās virs augstienes un iespējami aktīvāka nogulumu veidošanās virs augstienes saistībā ar pret ledāja galveno kustību vērstās nogāzes stāvumu un ievērojamo relatīvo augstumu starpību, kas vērojama Latvijas zemkvartāra virsas kartēs (Meirons *et al.*, 1974; Āboltiņš *et al.*, 1975, 1976; Meirons, 1976) un ko no glaciodynamiskā viedokļa ir pamatojis O. Āboltiņš (1972, 1975).

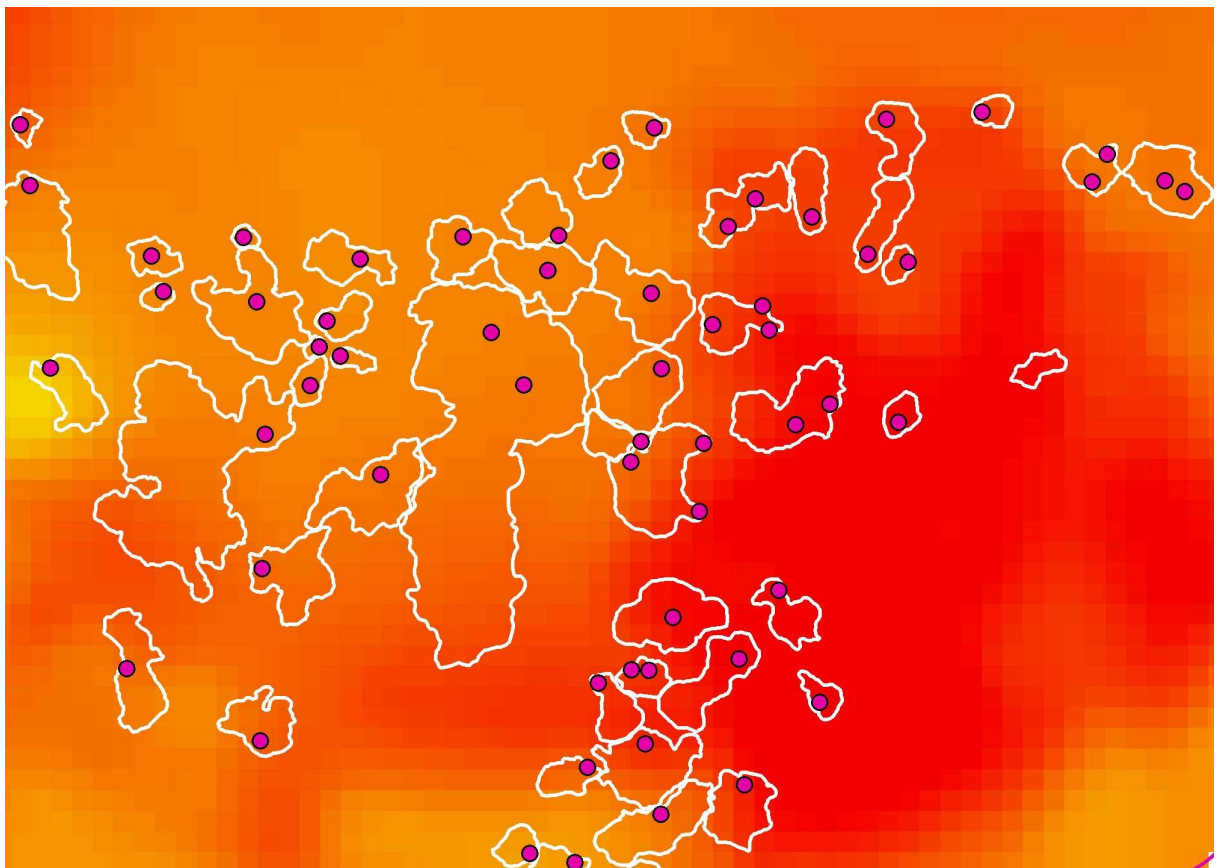
Jāņem vērā, ka autora veiktajos aprēķinos nav iekļauti dažādas izcelsmes ielejveida formas zemvislas virsā, kas izmantotajā avotā netiek uzrādītas. Pēdējā apledojuuma nogulumu biezumu samazināt var arī iepriekšējā apledojuuma nogulumu asimilācija jaunākajos mazpārveidotu atrauteņu vai lokālmorēnas nogulumu veidā, jo pastāv reālas grūtības tikai pēc urbumu datiem noteikt to atrašanos *in situ* (Ginters, 1984). Uz līdzīgām metodiskām problēmām, pētot ledāja veidojumus, ir norādījuši arī citi autori (Āboltiņš, 1989; Zelčs, 1993; Zelčs, Dreimanis, 1997; Strautnieks, 1998), atzīmējot, ka reizēm mezoformu kodolos esošo pamatiežu atrauteņi tiek traktēti pēc ģeoloģiskās urbšanas datiem kā liecības par pamatiežu virsmu.



4.8. attēls Zemvislas virsmas reljefs un pēdējā apledojuma nogulumu biezums salveida akumulatīvi glaciostruktūrālo augstieņu teritorijā: A1, B1, C1 - zemvislas virsmas reljefs; A2, B2, C2 - pēdējā apledojuma nogulumu biezums. A1, A2 - Alūksnes augstiene; B1, B2 - Vidzemes augstiene; C1, C2 - Latgales augstiene. Kartes sastādīšanā izmantoti O. Āboltiņš *et al.* (1975, 1976) un Z. Meirons (1976) dati.

Figure 4.8. Topography of the sub-Weichselian surface (A1, B1, C1) and thickness of sediments of the Last glaciation in distinct insular accumulative-glaciostructural uplands (A2, B2, C2). A1, A2 – Alūksne Upland; B1, B2 - Vidzeme Upland; C1, C2 - Latgale Upland. Dotted contours denote the plateau-like hill areas. The constructed maps are based on the data Āboltiņš et al. (1975, 1976), and Meirons (1976).

Ja analizējam pēdējā apledojuuma nogulumu biezumus atsevišķu plakanvirsas pauguru teritorijā (4.9. att.), tad var novērot, ka neizpildās hipotēze, ka zem plakanvirsas pauguriem vajadzētu būt šai segkārtai izteikti biezākai, īpaši tur, kur ir visaugstākie to punkti jeb virsotnes. Ņemot vērā analīzes rastra šūnas lielo izmēru (500 m), var apgalvot, ka mazajās reljefa formās šo īpašību nevar precīzi vērtēt, bet lielākajās mēs redzam it kā pretējo, inverso biezuma izpausmi (4.9. att.).



4.9. attēls. Pēdējā apledojuuma nogulumu biezuma izmaiņas plakanvirsas pauguru izplatības Vidzemes augstienē Ērgļu areāla centrālajā daļā. Punkti apzīmē atsevišķu plakanvirsas pauguru augstākās virsotnes. Augstāka krāsas intensitāte parāda lielāku pēdējā apledojuuma nogulumu biezumu.

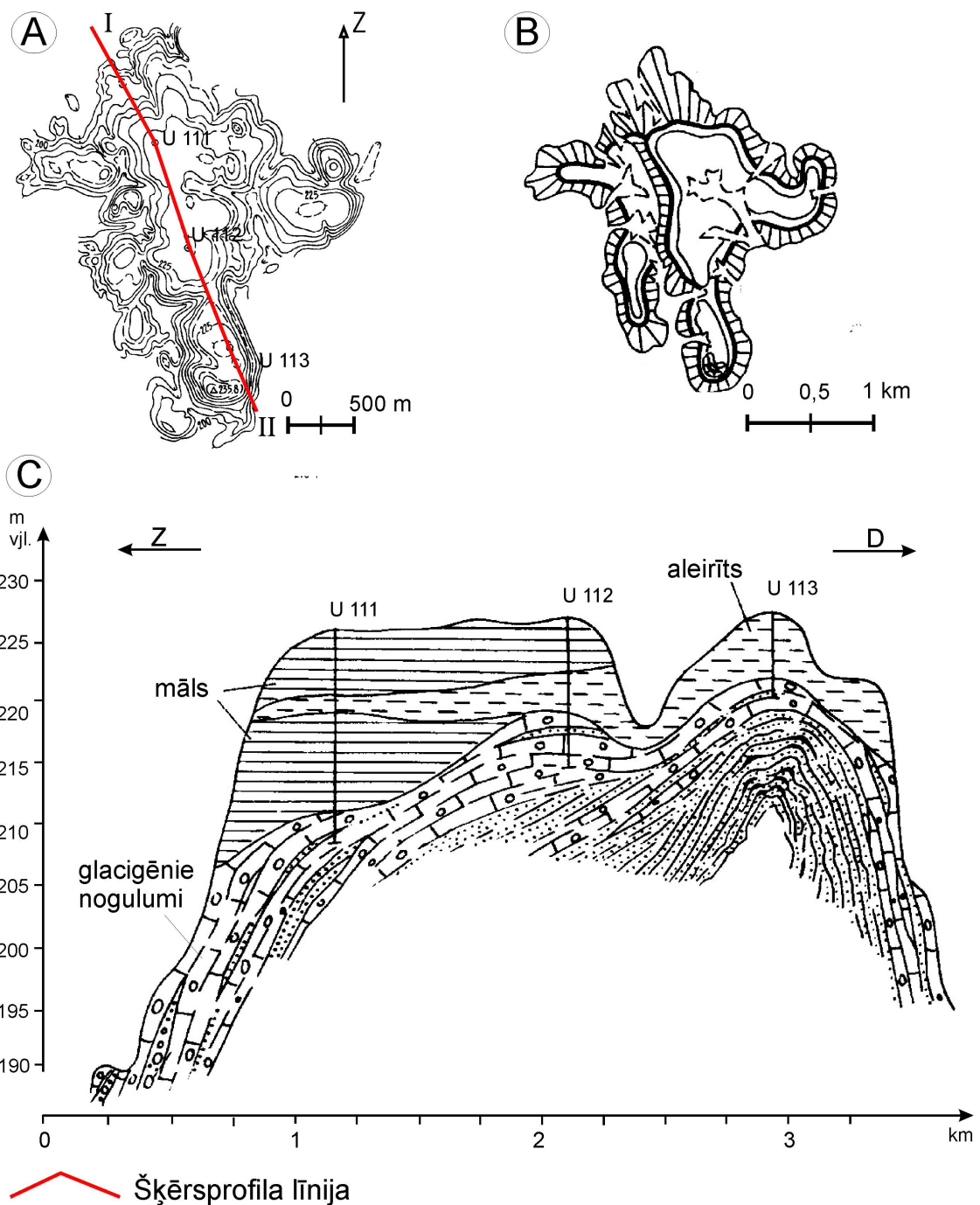
Figure 4.9. Thickness of sediments of the Last glaciation in the central part of the Ērgļi plateau-like hills area in Vidzeme Upland. Dots denote the highest elevation points of distinct plateau-like hills. More intense colour displays higher thickness of sediments of the Last glaciation.

4.3. Plakanvirsas pauguru iekšējā uzbūve

Dati par plakanvirsas pauguru iekšējo uzbūvi iegūti dažādā veidā. Lai noskaidrotu plakanvirsas pauguru vispārīgās uzbūves, bet caur to arī veidošanās galvenās likumsakarības, ir izmantoti M 1:50 000 ģeoloģiskās kartēšanas laikā veiktie urbumi, kas pieejami Valsts ģeoloģijas fonda pārskatos (Ginters *et al.*, 1985; Mironovs *et al.*, 1973; Uļģis *et al.*, 1981; Uļģis *et al.*, 1983; Aleksāns *et al.*, 1988, 1991). Tomēr tie parasti nepietiekami detāli atspoguļo nogulumu, it īpaši glaciolimnisko nogulumu trīsdimensiālo telpisko izplatību. Tāpēc, lai novērstu šo nepilnību, autors ir veicis to izplatības noskaidrošanu ar rokas ģeoloģiskās urbšanas palīdzību. Ar mērķi noskaidrot plakanvirsas pauguru divu atšķirīgo sastāvdaļu – pamatnes un glaciolimniskās pārsedzes – veidošanās apstākļus, tika veikti padziļināti iekšējās uzbūves pētījumi karjeru atsegumos. Diemžēl, tie noritēja ar mainīgām sekmēm sakarā ar tautsaimniecības atteikšanos no plakanvirsas pauguru māla un grants – smilts iegulu izmantošanas un pāreju uz lielāku māla un grants – smilts iegulu krājumu izmantošanu Latvijā (Zelčs, Markots, 1998a, b).

Reljefa formu morfoloģijas saistība ar to iekšējo uzbūvi ir viens no mūsdienu ģeomorfoloģisko, tajā skaitā glaciāli ģeoloģisko pētījumu nozīmīgākajiem stūrakmeņiem (Aber *et al.*, 1989; Benn, Evans, 1998; Easterbrook, 1999). Iekšējās uzbūves īpatnības ir vairāku apstākļu nosacītas - gan ledāja dinamikas īpatnības un izmaiņas reģionālā un lokālā mērogā, kā arī no zemledāja gultnes iežu reljefa rakstura un litoloģiskajām īpašībām (Benn, Evans, 1998, Menzies, 2002; Āboltiņš, 1989).

Ģeoloģiskās kartēšanas laikā veiktie urbšanas darbi sniedz informāciju arī par dziļākiem slāņiem, uzrādot, pirmkārt, pārsedzošās glaciolimnisko nogulumu segkārtas biežumu un saguluma apstākļus saistībā ar formas morfoloģiju (4.10., 4.11. att.). Garenasu (4.9. att.) vai iešķērsām paugura gareniskajai asīm iegūtie rezultāti raksturo glaciolimnisko nogulumu saguluma apstākļus.

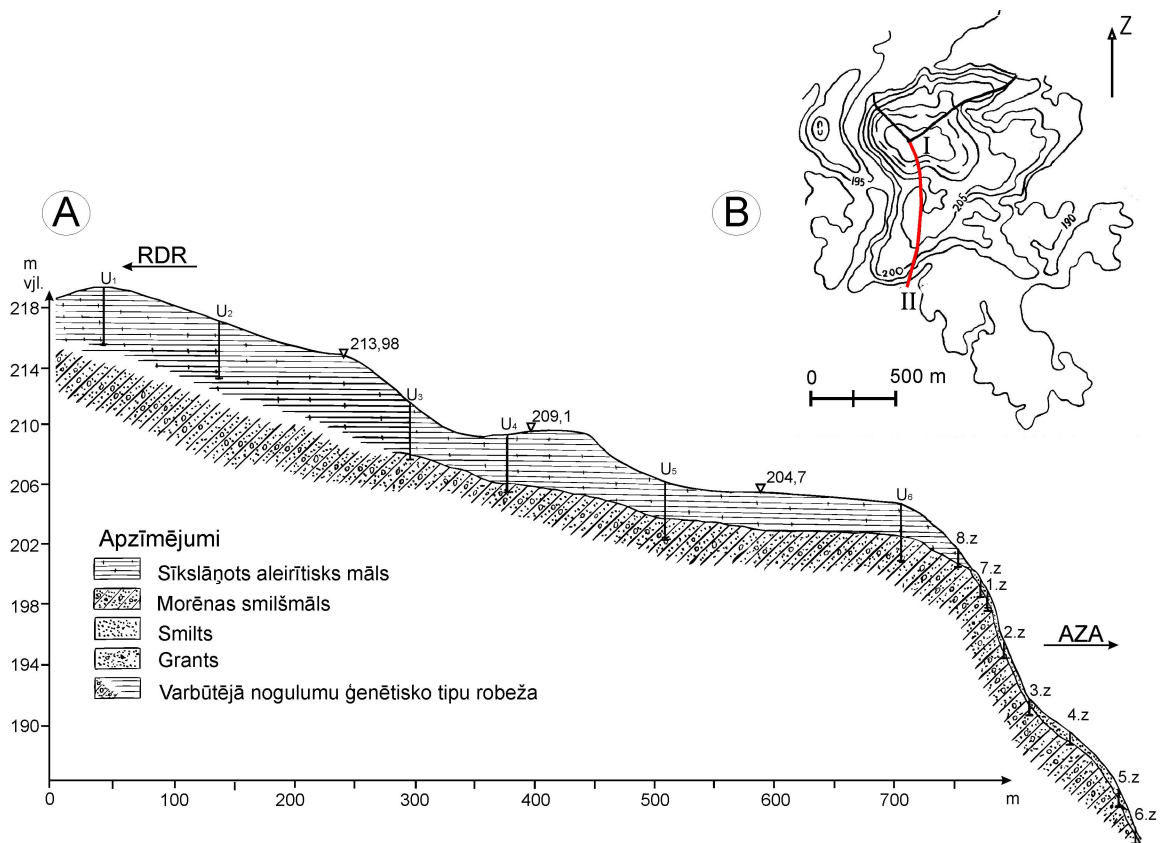


4.9. attēls. Zelta kalna plakanvirsas paugura hipsometriskā shēma (A), morfoloģiskā shēma (B) un ģeoloģiski ģeomorfoloģiskais griezumš (C) pa profila līniju I-II. Paugurs atrodas Skujenes lielpauguru izplatības areāla ziemeļu daļā, 6 km uz ZR no Kosas ezera (Āboltiņš, Markots, 1995b).

Figure 4.9. Hipsometric sketch (A), morphologic sketch (B) and geomorphological section (C) along line I –II of plateau-like hill Zelta kalns. Hill is located 6 km NE from Lake Kosa.

Zelta kalna plakanvirsas paugurā ievērojama biezuma glaciolimnisko nogulumu sega pārsedz glaciodylocēto paugura pamatni (4.9. att.). Glaciolimniskie nogulumi kā daudzviet sedz nelīdzenu, šajā griezumā slīpu dylocētu morēnas ar smilts un grants

starpkartu ievilkumiem pauguru. Virs morēnas limnoglaciālo nogulumu kārtā uzkrājusies 2 etapos, starp kuriem bijis aktīvāks nogulumu pienesums.

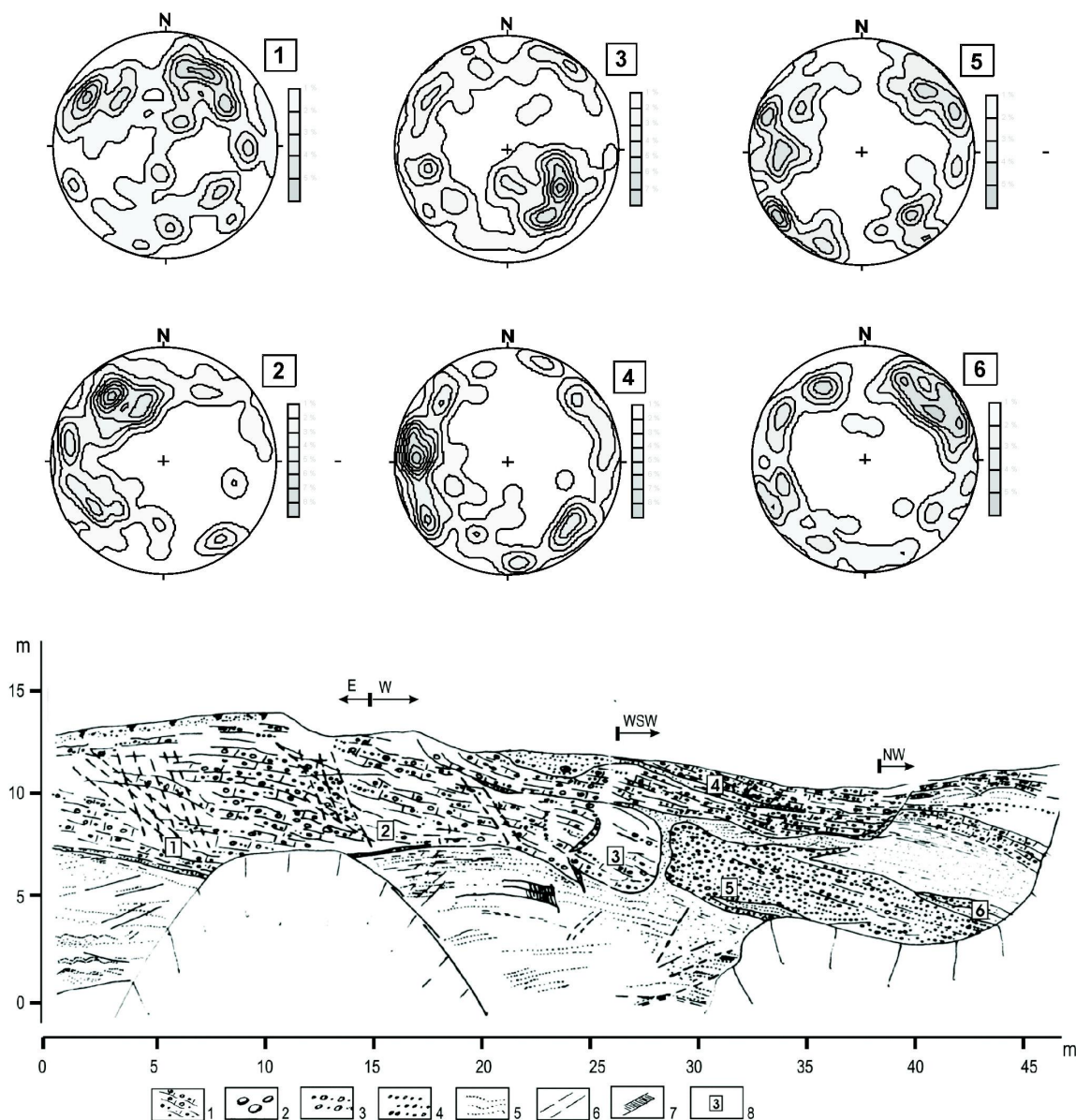


4.10. attēls. Apseskalna plakanvirsas paugura hipsometriskā shēma (A) un DR nogāzes ģeoloģiski ģeomorfoloģiskais griezum (B) pa profila līniju I-II. Paugurs atrodas 2,5 km ZZA no Liezēres.

Figure 4.10. Geomorphological section (A) along line I –II and morphologic sketch (B) of plateau-like hill Zelta kalns. Hill is located 2.5 km NNE from town Liezēre.

Karjerā, kas izvietojas Tumužu plakanvirsas lielpaugura ZA nogāzē, atsedzas daļa formveidojošo nogulumu (4.11. att.).

Svikļu atsegums atrodas Burzavas plakanvirsas pauguru izplatības areāla dienvidu un centrālajā daļā, Tumužu lielpaugura, kurš ir lielākais un augstākais visā Burzavas areālā, ZZA nogāzē, smilts – grants karjerā. Tajā atsedzas plakanvirsas paugura cokola daļu veidojošie nogulumi, kas raksturo paugura malas cokola daļas uzbūvi. Atseguma sienas garums pārsniedz 45 m. Tās vērsums ir mainīgs (4.12. att.), zīmējuma kreisajā pusē vērsts R - A virzienā, labajā pusē vairāk uz ZR, tuvu perpendikularam stavoklim attiecībā pret paugura garenasi (3.4. att). Atsegums atrodas paugura garenass ZZA galā, ir orientēts iešķērsām attiecībā pret ledāja plūsmas virzienu, kas saistāms ar Cirmas un Rēzeknes ledāja mēles ietekmi.



4.12. attēls. Glaciotektoniski deformētu formveidojošo nogulumu atsegums Tumužu plakānvirsas paugura ZZA nogāzes vidusdaļā lejasdaļā 200 m uz Z no Svikļu mājām, 7 km uz ZZA no Rēzeknes.

Apzīmējumi: 1. - brūna plātņaina pamatmorēnas mālsmilts piesātināta ar granti un oļiem; 2. - oļi; 3. - rupja grants ar oļiem; 4. - rupjgraudaina smiltis; 5. - vidēji- un smalkgraudaina smiltis; 6. - plaisas un klivāža; 7. - slīpslāņota dažādgraudaina smiltis; 8. - lineāro elementu masveida mērījumu vieta un struktūrdiagrammas numurs.

Figure 4.12. Section of glaciotectionally deformed sediments in the outcrop located on the middle and lower part of NNE slope of the Tumuži plateau-like hill, 7 km NNE of the Rēzekne Town, 0.2 km N from Svikļi farmhouse, N part of the Latgale Upland.

Legend: 1 – brown basal clayey-sandy till rich in gravel and pebbles; 2 – pebbles; 3 – coarse gravel with pebble admixture; 4 – coarse grained sand; 5 – medium grained and fine grained sand; 6 – faults and joints; 7 – cross-bedded various grained sand; 8 – location of the mass-measurement of linear elements and the number of the structure diagram.

Atseguma augšējā daļā atsedzas brūna plātņaina pamatmorēnas mālsmilts piesātināta ar granti un oļiem. Atseguma apakšējo daļu veido dažādas graudainības, galvenokārt rupjgraudaina smilts ar grants ieslēgumiem, kas atseguma zemākajā daļā pāriet smilšainā slāņkopā.

Griezuma augšdaļu (4.12. att.) gandrīz līdz 10 m biezumam veido bazālās morēnas slāņkopa, kurā nodalās 3 slāņi. Slāņkopa ir glaciotektoniski deformēta. Īpaši raksturīgs ir dažādos virzienos vērsto plaisu komplekss, kas sarežģī krokas struktūru (4.12. att.). Bazālās morēnas slāņkopas R daļā ir raksturīgas smilts un grants starpkārtas un lēcas. Bazālās morēnas slāņus atdala pārbīdījumu virsmas. Bazālajai morēnai ir raksturīga plātņaina struktūra un joslveida tekstūras, starpkārtas un ievilkuma lēcas, kā arī pastiprinātas plaisainības un klivāžas posmi. Vietām, labās malas augšdaļā morēnā un zem tās esošajā smilšainajā un granšainajā materiālā sastopami nelieli krokveida izlocījumi.

Atseguma labajā un centrālajā daļā slāņu sagulums ir sarežģītāks. Dominē smilts un smilts - grants materiāls. Šajā atseguma daļa ir vērojama aptuveni 4 m bieza, vairāk kā 10 m gara grants - oļu materiālu saturoša zvīņa (4.10. att.). Morēnas slāņi, kas veido formveidojošo nogulumu slāņkopas augšdaļu, veido zvīņveida uzbīdījumu struktūru.

Redzamo slāņu saguluma tekstūru raksturs norāda uz to, ka sākotnēji izveidojušies nogulumi tika, pakļauti zemledāja deformācijām un ledāja gultnē bija raksturīgs zvīņveida uzbīdījumu pārvietošanās tips. Tas īpaši labi novērojams atseguma labajā pusē.

Lineāro elementu struktūrdiagrammas, spriežot pēc izolīniju diagrammu izvietojuma, atspoguļo orientāciju, kas raksturīga, galvenokārt, kompleksiem glaciotektonītiem (Āboltiņš, 1987). Dažās no tām (1. un 2. oļu garenasu linearitātes diagramma) makrolinearitātes dispersija raksturojas ar spirālveidīgu zīmējumu, kas liecina par koniska tipa krokveida deformāciju un (R+S) tipa glaciotektonītu ar b-linearitātes dominējošu stāvokli. Par šāda tipa deformācijām liecina arī lauka novērojumi pašā atsegumā, kur centrālajā daļā izplatīti vertikāli kontakti starp granšaini mālaino slāņkopu un morēnas nogulumiem. Krituma leņķis sasniedz 80°. Nošķēluma plaisu telpiskā orientācija norāda uz a - linearitātes pakāpenisku pārorientāciju un b - linearitātes īpatsvara pieaugumu.

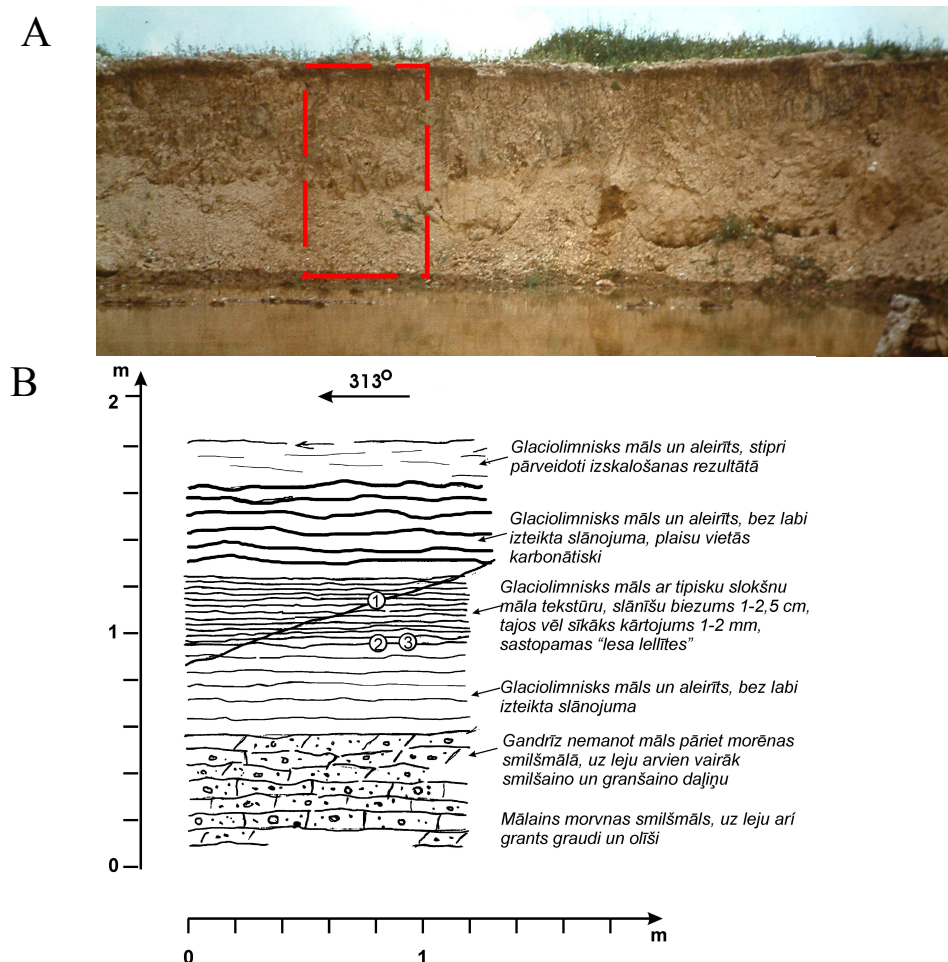
Pašā augšējā zvīņā netālu no tās kontakta (4.12. att.) ar smilts un grants materiāla pagulslāni, veikto mērījumu analīze ļauj izdalīt diagrammā divus pretēji vērstus maksimumu pārus. Šāds orientācijas veids atspoguļo b - glaciotektonītu. Pārējām

diagrammām, īpaši tām, kas tika veidotas balstoties uz mērījumiem grants - oļu slāņkopā, raksturīgs joslveida zīmējums, kas atspoguļo R vai R+S rotācijas glaciotektonītus, kādus analogos apstākļos apraksta O. Āboltiņš (1987).

Oļu vērsuma azimutu lielās izmaiņas dažādās diagrammās ir izskaidrojamas ar sprieguma maiņu pašā ledājā, vai arī saistībā ar gultnes materiāla reoloģiju, etapā, kad notiek atkabināšanās no gultnes. Uz to norāda arī sekundārās linearitātes maksimālās vērtības.

Atseguma centrālajā daļā parādās gandrīz vertikāli krītošas ievilkuma tekstūras, kas liecina par viņpusēji orientētu spiedienu deformācijas noslēguma fāzē. Nelielo sekundāro kroku šarnīri, kas vērsti ZR-DA virzienā, norāda uz kompresijas spiedienu no ZA.

Plaknisko elementu struktūrdiagramma (4.12. att.) satur daudzveidīgu informāciju par atseguma uzbūvi. Tā liecina par konisko deformāciju klātbūtni, kuru šarnīri un konusu asis veido attiecībā pret visas formas garenisko asi apmēram 45° leņķi.



4.13. attēls Glaciolimnisko nogulumu (augšējā daļā) un bazālās morēnas nogulumu (apakšējā daļā) kontakts karjerā Alūksnes augstienē Sauleskalna nogāzē. A – kopskats; B – A attēlā apzīmētās daļas detāls zīmējums.

Figure 4.13. Glaciolacustrine sediments (upper part) and basal till (lower part) sediments contact in a clay pit at the Sauleskalns hill in the Alūksne Upland. A – overview; B – sketch in details for the marked by the rectangle in Figure A.

Ievērojami savādāki saguluma apstākļi vērojami Alūksnes augstienē Sauleskalna nogāzē. Sauleskalns ir otr augstākā virsotne Iceniešu [plaksnvirsas pauguru izplatības areālā.

Apmēram 2 m biezumā atsedzas glaciolimnisko nogulumu slānis, kurš pārrklāj glaciģēno nogulumus apakšējā, apmēram 0,5 m biežā slānī. Kā tiak novērots un fiksēts atsegumā, robeža starp nogulumu tipiēm vizuāli ir gandrīz nemanāma un atspoguļo pakāpenisku pāreju no morēnas sedimentācijas uz glaciolimnisko nogulumu uzkrāšanos (4.13. att). Piedevām tika novērots, ka morēna dalās plātnēs, jeb pareizāk sakot garenos daudzstūrainos morēnas gabalos vertikālā virzienā.

Šādi sagulum apstākļi sakrīt ar A. Bitina sizteikto viedokli, ka gandrīz visas hipotēzes, kas līdz šim skaidrojošas plakanvirsas pauguru (zvoncu) veidošanos, ietver strīdīgu jautājumu klāstu un iekšējās pretrunas (Bitinas, 1990). Kā viens no galvenajiem iemesliem ir nepietiekošs informācijas apjoms par pauguru iekšējo uzbūvi.

4.4. Plakanvirsas pauguru paleoģeogrāfiskais novietojums

Plakanvirsas pauguru izplatība un to īpatsvars Latvijas akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu centrālās zonas ledāja reljefa formu vidū liecina par to nozīmīgu vietu ledāja veidojumu kopā. Kaut gan plakanvirsas pauguru morfoloģija un uzbūve satur nozīmīgas liecības par procesiem un vides apstākļiem, kādos norisinājās šo formu veidošanās, nozīmīga, ja ne pati nozīmīgāka, loma reljefa veidojošo nogulumu sedimentācijas un postsedimentācijas procesu norisēs bija plakanvirsas pauguru izplatība sareālu paleoģeogrāfiskajam novietojuma attiecībā pret ledus lobiem un mēlēm dažādos pēdējā Fenoskandijas segledāja attīstības etapos. Tāpēc plakanvirsas pauguru telpiskā izvietojuma, morfoloģijas un iekšējās uzbūves likumsakarību analīze ir veicama kopsakarībā, no vienas puses, ar pašu salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu bet no otras puses, plakanvirsas paugurus pavadošo ledāja reljefa formu veidošanās paleoģeogrāfiskajiem apstākļiem un morfoģenēzes īpatnībām. Kā liecina daudzu autoru pētījumi (Asejev, 1973; Āboltiņš, 1975, 1989; Straume, 1979; Raukas *et al.*, 1995; Punkari, 1997; Boulton *et al.*, 2001; Zelčs, Markots, 2004) nozīmīgākais paleoģeogrāfiskais indikators ir teritorijas novietojums attiecībā pret ledus lobu un ledāja

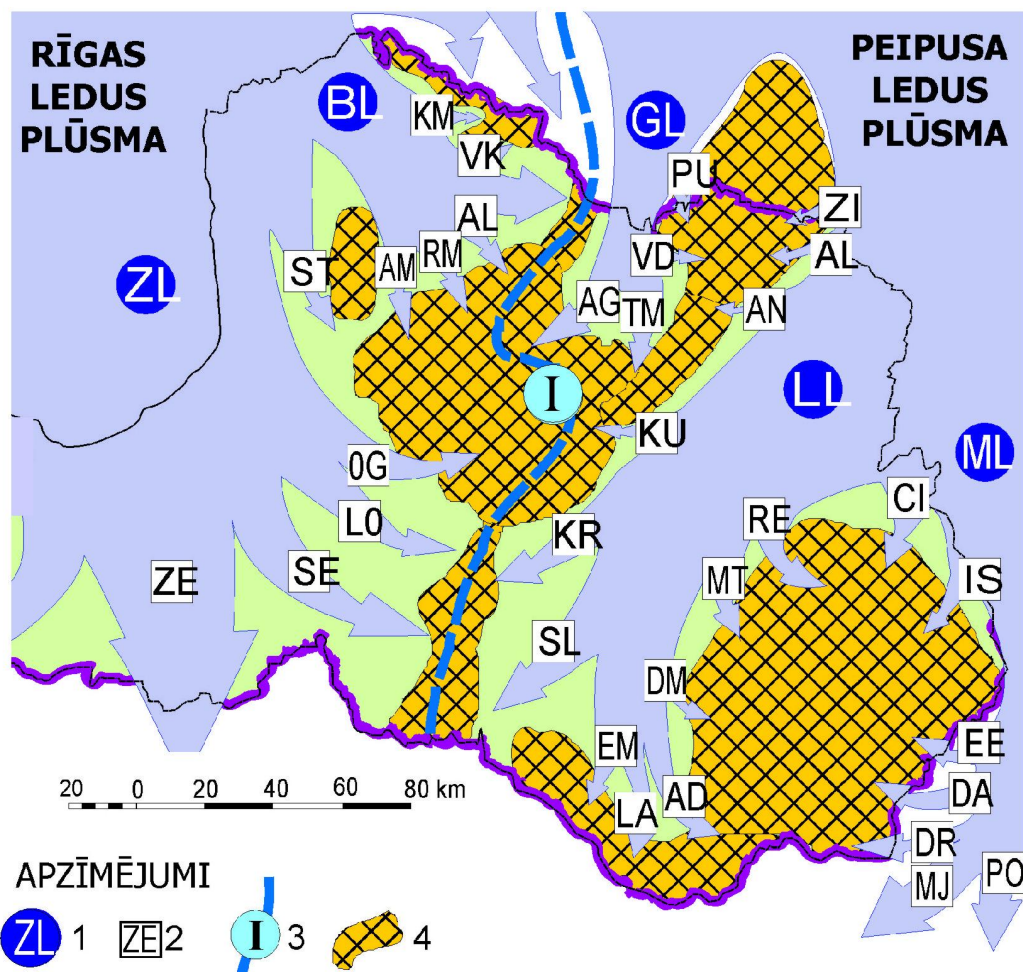
mēļu konverģences zonām ledāja transgresijas un degradācijas etapā, kā arī ledāja malas oscilācijas un recesijas fāžu laikā.

Informāciju par teritorijas paleoglacioloģisko novietojumu iegūst ar tradicionālām gadu desmitu gaitā pārbaudītām metodēm, kas ļauj noskaidrot ledāja plūsmas virzienus un ietver ledāja reljefa (Punkari, 1997; Boulton *et al.*, 2001; Marks *et al.*, 2003; Zelčs *et al.*, 2003; Morawski, 2005; Kalm, 2010), ledāja skrambu (Zāns, 193?) un oļu garenasu linearitātes (Sprinģis, Konshin, Savvaitov, 1963; Āboltiņš, 1987; Dreimanis, 1999), glaciostruktūru (Dreimanis, 1935; Aber *et al.*, 1989; Āboltiņš, 1989; Marks *et al.*, 2003; Zelčs *et al.*, 2003) un mikromorfoloģijas telpiskās orientācijas mērījumu kā arī vadakmeņu izneses konusi (Viiding, 1971; Markots, 1986), kas sākot ar pagājušā gadsimta 60. gadiem, Latvijā tiek papildināti ar nogulumu uzkrāšanās vecuma noteikšanas un laukakmeņu izkušanas no ledāja kosmogēnā vecuma datiem. Šio datējumu rezultātu apkopojums ir pieejams Z. Meirona un V. Juškēviča (1984), V. Rinterknehta un līdzautoru (Rinterknecht *et al.*, 2006) un V. Zelča un līdzautoru (Zelčs *et al.*, *in press*) publikācijās.

4.4.1. Novietojums attiecībā pret leduslobu un mēļu konverģences zonām ledāja uzvirzīšanās laikā

Plakanvirsas pauguru savdabīgais satāvoklis salveida augsteinēš tika jau noteikts ledāja uzvirzīšanās gaitā, jo kā rāda augstieņu uzbūves dati, pirms pēdējā ledāja salveida akumulatīvo glaciostruktūru augstieņu teritorijā jau, visticamāk, pastāvēja līdzīgu morfoloģisko parametru augstienes (Āboltiņš, 1972)

4.4.2. Paleogeogrāfiskais novietojums ledāja deglaciācijas etapā



4.14. Attēls Skandināvijas ledus vairoga perifēriālās segas lobi un mēļu struktūra Latvijas teritorijā pēdējā apledošanas laikā (Zelčs, Markots, 2004).

Apzīmējumi: 1- Ledus lobi: ZL - Zemgales (Viduslatvijas); BL - Burtnieka (Ziemeļvidzemes); GL = Vidusgaujas; LL = Lubāna; ML = Mudavas (Veļikajas);

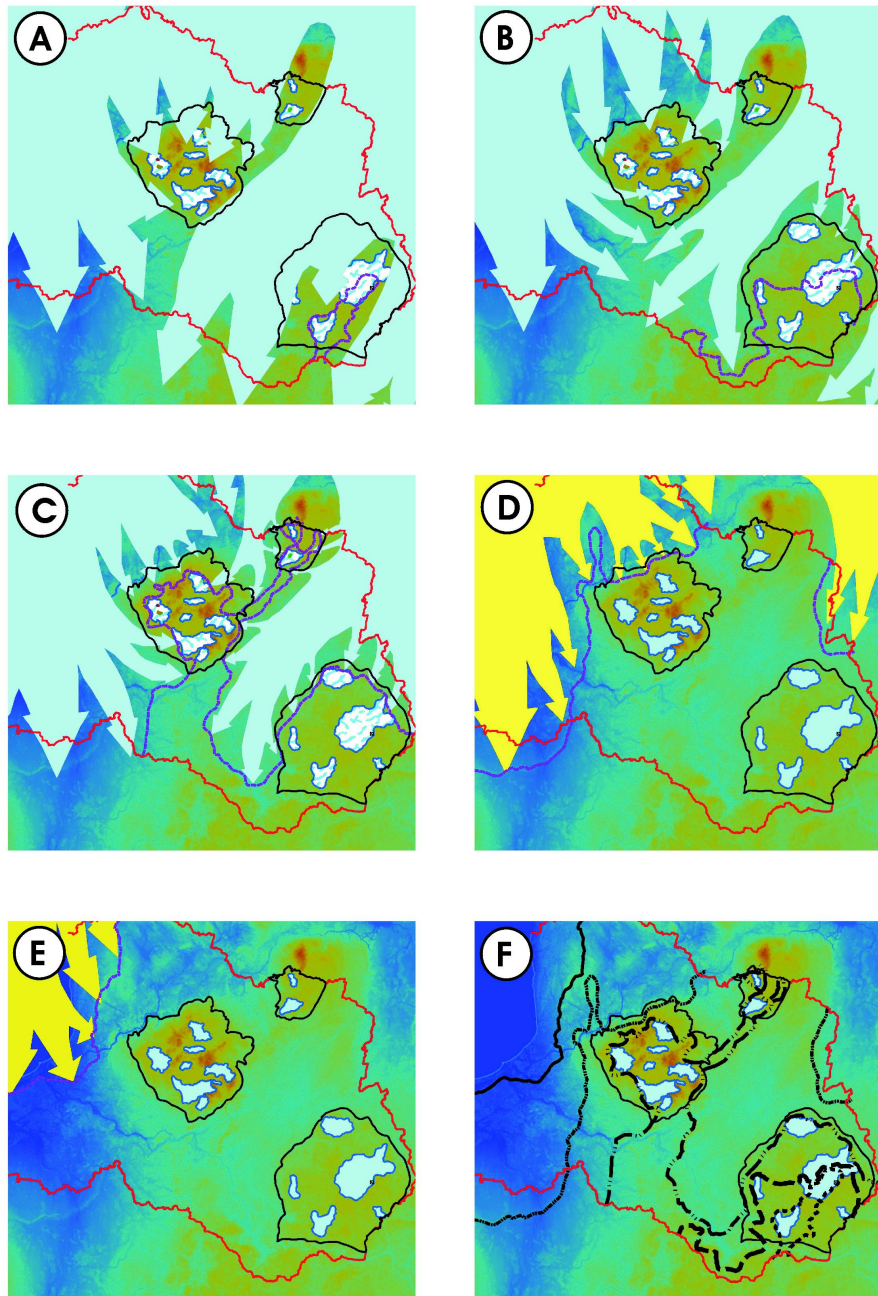
2 - Ledus mēles: ZE - Zemgales; SE - Sēlijas; LO - Lobes; OG - Augšogres; ST - Straupes; AM - Amatas; RM - Raunas; AL - Abula; VK - Valkas; KM - Kārļu; AG - Augšgaujas; TM - Tīrzas; VD - Vaidavas; PU - Pērļupītes; ZI - Ziemeru; AL = Alūksnes; AN - Annas; KU - Kūjas; KR - Krustpils, SL - Slates; EM - Eglaines; LA - Laucesas; AD - Augšdaugavas; DM - Dubnas; MT - Maltas; RE - Rēzeknes; CI - Cirma; IS - Istras; EE - Ežezera; DA - Dagdas; DR - Drujas; MJ - Mjoru; PO - Polackas mēle; 3 - Galvenās ledsaplūdes zonas: I - Baltijas - Rīgas; II - Rīgas - Peipusa. 4 - Augstienes.

Figure 4.14. Lobate structure of the peripheral cover of the Scandinavian ice sheet in Latvia during last glaciation (Zelčs & Markots, 2004).

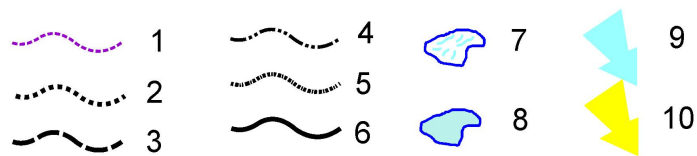
Legend: 1= Ice lobes: ZL = Zemgalian; BL = Burtnieks (North Vidzeme); GL = Middle Gauja; LL = Lubāns; ML = Mudava (Velikoretsky).

Legend: 2 = Glacier tongues: ZE= Zemgale; SE = Sēlija; LO = Lobe; OG = Upper Ogres; ST = Straupe; AM = Amata; RM = Rauna; AL = Abuls; VK = Valka; KM = Kārļi; AG = Upper Gauja; TM = Tīrza; VD = Vaidava; PU = Pērļupīte; ZI = Ziemiņi; AL = Alūksne; AN = Anna; KU = Kūja; KR = Krustpils, SL = Slate; EM = Eglaine; LA = Laucesa; AD = Upper Daugava; DM = Dubna; MT = Malta; RE = Rēzekne; CI = Cirma; IS = Istra; EE = Ežezers; DA = Dagda; DR = Druja; MJ = Mjori; PO = Polatsk.

3 = Main interlobate zones: I = Baltic-Rīga; II = Rīga-Peipsijārv. 4 = Upplands.



Apzīmējumi



4.15. attēls. Pēdējā apledojuuma deglaciācijas procesa rekonstrukcijas saitībā ar ledāja oscilācijas fāzēm (Zelčs et.al., 2010, in press).

DISKUSIJA

Līdzšinējie pētījumi par pēdējā Fenoskandināvijas segledāja salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu reljefu notikuši vairākos virzienos un galvenokārt bijuši virzīti augstieņu paleoģeogrāfiskā novietojuma (Asejev, 1973), veidošanās mehānisma noskaidrošanai kopumā (Āboltiņš, 1972, 1975, 1989; Mozhajev, 1973; Āboltiņš et al., 1988; 1989) vai arī dažāda tipa reljefa ledāja reljefa mezoforū izplatības apzināšanā atsevišķu šī tipa augstieņu teritorijā (Lazdāne, 1959, 1963; Shultz *et al.*, 1963; Basalikas, 1969; Vanaga, 1970; Isačenkov, Tatarņikov, 1972; Āboltiņš et al., 1975, 1976; Meirons, 1976; : Straume, 1979; Raukas, 1978; Raukas, Karukäpp, 1979; Tatarņikov, 1985). Šie pētījumi ir balstīti gan uz reljefa makroforū, mezoforū un atsevišķu reljefa forū morfometrijas un morfogrāfijas, gan iekšējās uzbūves datiem, kas iegūti ģeoloģiskās urbšanas darbu un detālas atsegumu izpētes materiāliem. Iegūtie rezultāti ir apkopoti daudzās dažāda mēroga un precizitātes un izšķirtspējas kartēs. Tomēr tikai daži autori ir veikuši salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu atsevišķu mezoforū reljefa tipu, tajā skaitā plakanvirsas pauguru speciālos pētījumus (Tatarņikov, 1985; Bitinas, 1994) vai arī veikuši lielmēroga katografēšanas materiālu apkopojumus (Straume, 1979). Pārsvarā dati par plakanvirsas pauguru iekšējo uzbūvi ir tikuši pasniegti kā papildus vai fona informācija, lai pamatotu vienkāršotu skaidrojumu par to aleirītiskā vai mālainā materiāla segkārtas veidošanos uz ledāja radušajos iekšledāja caurkusumos (Zāns, 1936; Lazdāne, 1959; 1963; Vanaga, 1970; Tatarņikov, 1985 u.c.). Sarežģītāku plakanvirsas pauguru veidošanās modeli izvirza O. Āboltiņš (1989), A. Bitinas (1990), O. Āboltiņš un A. Markots (1995; 1998b), Markots (*in review*), kuri šo pauguru veidošanos apskata kopsakarībā ar glaciotehtoniskās pamatnes (Āboltiņš, 1989; Āboltiņš, Markots, 1995, 1998b, Markots, *in press*) vai arī plakanvirsas pauguru atsevišķu morfoloģijas elementu veidošanos (Bitinas, 1994). Ņemot vērā šajā darbā iegūtos rezultātus, minētās trīs galvenās ģenēzes apstākļu interpretācijas nosaka nepieciešamību apskatīt paleoģeogrāfiskā aspektā plakanvirsas pauguru morfoloģijas īpatnības visplašākā nozīmē, t.i. ietverot plakanpauguru un tos pavadošo reljefa forū izplatību, telpisko sakārtojumu, un hiposometriskā novietojuma telpiskās izmaiņas atsevišķu augstieņu, kā arī izplatības areaļu robežās, un iekšējās uzbūves kopsakarības.

5.1. Morfoloģijas un iekšējās uzbūves paleoģeogrāfiskās konsekvences

Jaunākie pētījumi liecina, ka pēdējā Fenoskandijas ledusvairoga ledus masas Latvijas teritorijai sāka uzvirzīties ne agrāk kā pirms 24,0-25,0 tūkst.g. (Saks *et al.*, *in press*). T. Saks un līdzautori (*ibid.*), V. Zelčs *et al.* (Zelčs, 2010, *in press*) norāda, ka pirms tam Vidusvislas interstadiāla Latvijas teritorijas pazeminātajā daļā ilgstoši ir pastāvējis plašs baseins, kas nav bijis savienots ar Pasaules okeānu.

Smilts noguluma vecuma noteikšanas datējumi ar OSL metodi norāda, ka ledāja reljefa glaciotektoniskās mezoformas veidojošās smilšaini granšainās slāņkopas Vidzemes augstienes teritorijā varēja uzkrāties dažādā laikā (Skat. Zelčs *et al.*, 2010, *in press*). Brežģakalna pirmmasīvpaugura dienvidu daļas pauguru formveidojošā krokas austrumu spārnā, 7,5 m dziļumā no zemes virsas glaciotektoniski dislocēto smalkgraudainas smilts nogulumu vecums starpslānī starp rupgraidainākas smilts, grants un oļainas grants slāņiem atbilst priekšpēdējā (Zāles, vietējais apzīmējums Kurzemes) apledošanas beigu posmam (paraugs Brezgis 01, Somijas Dabas muzeja Datēšanas laboratorijas Nr. Hel-TL04174, 125 ± 24 tūkst. OSL g.). Savukārt, Veselavas paugurvalnī, kas atrodas aptuveni 1,5 km ziemeļos no Vidzemes augstienes pakājes, uzbīdījuma zvīņas pamatnē esošās smilts OSL vecums ir 59 ± 10 tūkst. OSL g. (paraugs Veselava 02, Somijas Dabas muzeja Datēšanas laboratorijas Nr. Hel-TL04178). Tas labi saskan ar TL metodi datētās smilts vecumu Kurzemes atradnē (Meirons, Juškevičs, 1984) un korelējams ar Vidusvislas stadiālu (Salonen *et al.*, 2008), kura laikā iespējams ledājs sasniedza Latvijas ziemeļu daļu (Zelčs, Markots, 2004). Senākie ledājkūšanas ūdeņu nogulumi, kuri atsedzas zem Vēlās Vislas stadiāla morēnas nogulumiem, kas izskaloti Kaldabruņas deglaciācijas fāzes laikā un veido laukakmeņu bruģi, ir datēti Vidzemes augstienes dienvidu nogāzē, rietumos no Madonas (Raukas *et al.*, 2010). Divu OSL datējumu rezultāti (paraugi Nr. LAT05/42 un LAT05/43) liecina, ka zemmorēnas smilts nogulumi ir uzkrājušies laika posmā pirms no 19.6 ± 1.0 tūkst. OSL g. līdz 26.8 ± 1.1 (*ibid.*). To var samērā droši attiecināt laiku, kad Fenoskandināvijas ledusvairogs sāka pārklāt Latvijas teritoriju Vēlā Vislas stadiāla sākumposmā (Zelčs *et al.*, 2010) un tas labi korelējas ar notikumiem kaimiņvalstīs (Marks, 1998; Kalm, 2006; Gaigalas, 2000).

Līdz ar iegūtie starpmorēnas nogulumu, kas piedalās plakanvirsas pauguru glaciotektonisko deformācija struktūru veidošanā var būt dažada vecuma, sākot ar priekšpēdējā apledošanas beigu posma glaciokvālajiem nogulumiem līdz pat Vēlā Vislas apledošanas transgresīvā etapa ledājkūšanas ūdeņu nogulumiem. Tas precizē agrāk izteikto Z. Meirona un J. Straumes (1979) viedokli par šo nogulumu vecumu laikā, kad nebija

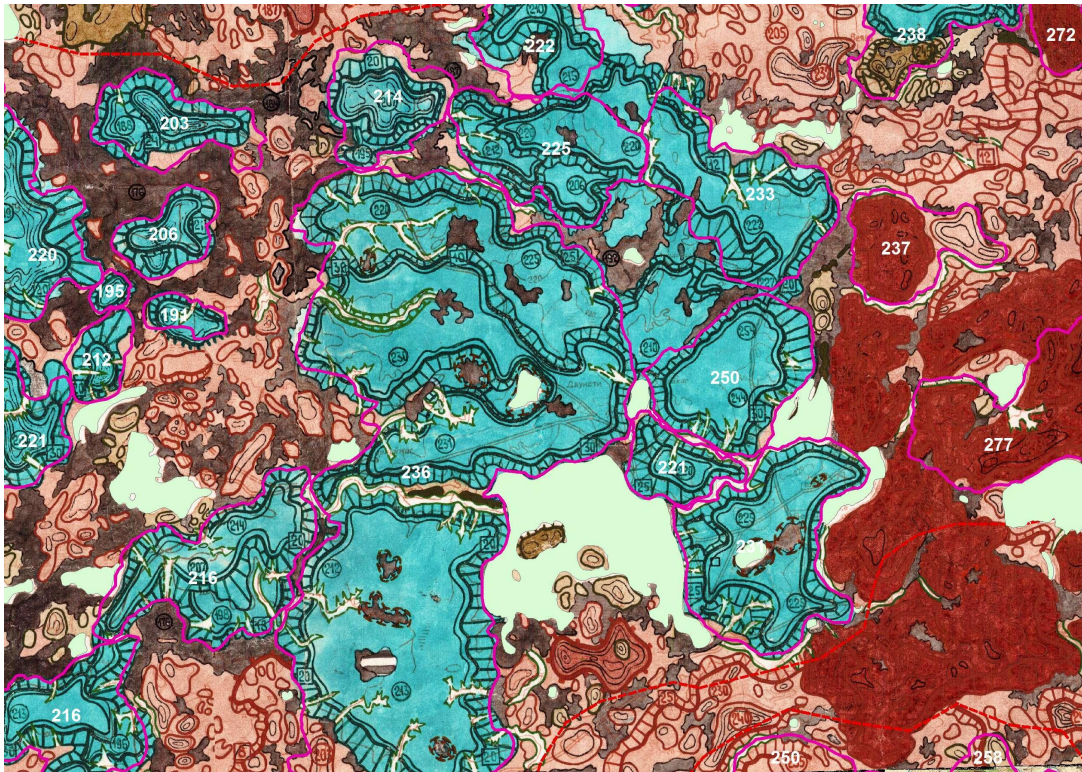
pieejami dati par to uzkrāšanās laiku un tos nodalīja tos kā stratigrāfiski nesadalītu pēdējā un priekšpēdējā apledošanas starpmorēnu nogulumu slāņkopu.

D. Malahovska un M. Vigdorčika (Malahovskij, Vigdorčik, 1963) izteiktais apgalvojums: zvonciem raksturīgi ievērojami relatīvie augstumi un stāvas nogāzes, kuras mazāk (sa)posmotas, piemēram, nekā kēmu nogāzes, neatbilst patiesībai, jo gravas ļoti izteikti saposmo plakanvirsas pauguru nogāzes (3.4. att.).

Tieši tādas erozijas formas kā gravas ir nozīmīgs identifikators, pēc kā varam sekmīgi nodalīt plakanvirsas lielpaugurus no morfoloģiski līdzīgām formām – pirmmasīviem un morēnas pauguriem, kas atrodas ciešā plakanvirsas pauguru tuvumā (Āboltiņš, *et al.*, 1972; Āboltiņš *et al.*, 1975, Āboltiņš, 1975b; Āboltiņš, *et al.*, 1976; Āboltiņš, *et al.*, 1988, 1989; Straume, 1979), kuriem raksturīga cita ģenēze un virsmas nogulumu raksturs. Plakanvirsas paugurus pārklājošie glaciolimniskie nogulumi ierobežo nokrišņu ūdeņu un sniega kušanas ūdeņu infiltrācijas iespējas un tie meklē pazeminājumus, pa kuriem pārvietoties uz zemākām vietām. Koncentrējoties ūdens plūsmās, tās var iegūt erodējošu spēku un traucoties lejā pa pauguru stāvajām un salīdzinoši garajām nogāzēm, sāk erodējošo darbību. Gala rezultātā plakanvirsas pauguru areāli kļūst par izteiksmīgiem gravu izplatības apgabaliem, ierobežojot daļēji cilvēka darbību, pakļaujot riskam lauksaimniecības zemes un to izmantošanu (Soms, 2006).

D. Malahovska un M. Vigdorčika (Malahovskiy, Vigdorčik, 1963) izteiktais apgalvojums: zvonciem raksturīgi ievērojami relatīvie augstumi un stāvas nogāzes, kuras mazāk (sa)posmotas, piemēram, nekā kēmu nogāzes, neatbilst patiesībai, jo gravas ļoti izteikti saposmo plakanvirsas pauguru nogāzes (4.2., 5.2. att.).

Veicot pētījumu radās problēma – formu izdalīšana: atsevišķos gadījumos grūti nodefinēt, vai tā ir viena forma, vai 2, varbūt pat trīs formas (5.2. att.). Tā kā viena forma izdalīts plakanvirsas lielpaugurs uz A no Kāla ezera, krietni paplašinot tā platību (5.2. att.), jo ģeomorfoloģiskajā shēmā (Uļģis *et al.*, 1981) it kā divus paugurus atdalošā ieplaka, kas atveras pret Kāla ezera ZR stūrim, visticamāk, veidojusies no pretējos virzienos attīstošajās gravām, no kurām viena, uz rietumiem ejošā, pārvērtusies pašreiz par nelielu tērcīti, bet pa vidu palicis gandrīz ½ formas augstumā esošs pacēlums, veidots no glaciofluviālajiem nogulumiem. iespējams, ka plakanvirsas pauguru veidošanās beigu etapā pāri šai formai noplūduši ledājkūšanas ūdeņi, kā tas novērot arī daudzviet citur (Bitinas, 1990, 1994).



5.2. attēls. Plakanvirsas pauguru sakopojums Vidzemes augstienē Ērgļu areālā pie Kāla ezera (Uļģis *et al.*, 1981).

Fig. 5.2. Distribution of plateau-like hills in Vidzeme Upland Ergli area by Kāla lake.

5.2. Plakanvirsas pauguru veidošanās apstākļi

Labi izteikta vientipisku subglaciālo reljefa formu grupēšanas areālos norāda par līdzīgiem sprieguma lauka apstākļiem ledāja-gultnes kontaktzonā, to veidošanās laikā (Zelčs, 1987, 1993; Āboltnišs, Zelčs, 1988). Šāds sprieguma lauka sadalījums pie ledāja pamatnes un visā aktīvā viskozi plastiskā ledus slāņkopā atspoguļojas arī augšējā aukstā ledus slāņkopā (Hubbard, Glasser, 2005). Tādējādi plakanvirsas pauguru telpiskās struktūras – areāli un to morfoloģijas asimetrija liecina vismaz uz diviem apstākļiem. Pirmkārt, par to glaciotehtoniskās pamatnes rašanos nosacīti vientipiska sprieguma lauka apstākļos ledāja un gultnes kontaktzonā, kas sākotnēji sekmēja lineāru krokveida struktūru (4.10. att. Zelta kalns) ar perpendikulāri ledāja plūsmas virzienam vērstu šarnīru rašanos zem ledāja (Āboltnišs, 1989; Āboltnišs, Markots, 1995, 1998b, Markots, *in press*) vai arī ledāja nogulumu (arī priekšpēdējā appledojuuma) zvīņveida uzbīdījumu struktūru veidošanos ledāja malas zonā tam pakāpeniski aprimstot (Ginters, 1984; Bitinas, 1990; Āboltnišs, 1989).

Analogu veidojumu klātbūtne ārpus tipiskajām salveida akumulatīvajām glacistruktūru augstienēm, kā piemēram Augstrozes ledāja starpmēļu paugurvalnī (Zelčs,

1992, 1998) un Austrumkursas augstienē (Strautnieks, 1998) tikai norāda, ka līdzīgi sprieguma apstākļi ledāja-gultnes kontaktzonā varēja pastāvēt arī ārpus salveida akumulatīvi glaciostrukturālajām augstienēm.

Deglaciācijas laikā, kamēr ledus ir aktīvs un tā pamatne nav piesalusi pie gultnes zem ledāja koncentrēsies zemledāja kušanas ūdeņi. Ja virsma krīt pret ledāju, tad tas kopā ar ledāja biezuma samazināšanos sekmē ledājūdeņu uzkrāšanos gultnē (Iken, 1981) un hidrostatiskā spiediena palielināšanos tajā (Bennett, Glasser, 1996). Visticamāk, ka veidojoties uzbīdījumiem ūdens caur bīdes zonām nonāks ledāja plaisās un ledāja gultne atūdeņosies. Gultnes erozijas un ledāja bazālās daļas atlūzu materiāls tiks transportēts perpendikulāri ekvipotenciāla līnijām uz ezeriem, kas veidosies ledāja virsā, kur to šķērsos ar zvīņveida uzbīdījumiem saistītās plaisas.

Pētot un iztirzājot plakanvirsas pauguru veidošanās apstākļus, varbūt jāiedziļinās arī to klasifikācijā. Lai gan ledāja formu klasifikācijas jautājumi ir aktuāli nepārtraukti, plakanvirsas pauguru statusam šajā aspektā salīdzinoši maz pievērsta uzmanība, kas laikam varētu būt saistāma ar formu neviennozīmīgo ģenēzi jeb poliģenēzi.

Varam vairāk piekrist A. Bitina izteiktajam viedoklim, ka plakanvirsas pauguri ir poliģenētiskas formas (Bitinas, 1990, 1994). Tas izpaužas jau minētajos pauguru uzbūves izpētes rezultātos, kas atspoguļo gan to pamatnes veidošanos, gan glaciolimnisko nogulumu viskārtas raksturu un veidošanos.

Latvijā pirmais plakanvirsas paugurus (zvoncus tā laika reljefa formu nomenklatūrā) klasificēja J. Straume (1979), izdalot trīs tipus:

(1) Visbiežāk vērojami pauguri ar platību 1 - 2 km, kuriem plānā ir ovāla vai izometriska forma. To relatīvais augstums sastāda 20 - 30 m, stāvās nogāzes (30 - 40°) saposmo gravas. Virsa plakana, līdzena, ar nelielu paaugstinājumu centrālajā daļā. Šīs formas raksturīgas visām Latvijas salveida augstienēm (Alūksnes, Vidzemes Centrālajai un Latgales);

(2) Samērā bieži sastopami arī otrā paveida - garumā stieptie zvonci ar lēzeni viļņotu virsu. To garums līdz 6km, bet platums līdz 4 km. Formu relatīvais augstums 20 - 40 m. Šiem zvonciem pieslēdzas vidējaugstu morēnas vai kēmu pauguru grupas, kuru augstums, attālinoties no zvonca, samazinās. Zvoncu nogāzes arī stāvas, līkumotas plānā, gravu izrobotas. Izplatīti Vidzemes augstienē ap Skujeni un Latgales augstienes ziemeļdaļā (uz ziemeļiem no Rēzeknes).

(3) Trešā paveida zvonci jeb tā sauktie zvoncu plato ir lielu izmēru formas (līdz 10 km) ar relatīvo augstumu 25 - 30 m. Stāvās nogāzes nav raksturīgas. Parasti tiem ir lēzenas vai viegli paugurotas nolaidenas nogāzes. Plato virsa viļņota, ar atsevišķiem pauguriem, vaļņiem, ieplakām un purviņiem vai nelieliem ezeriņiem. Limnoglaciālo nogulumu sega nav izturēta, vietām pat pārtraukta. Mālus bieži aizstāj aleirīti vai pat smiltis. Zvoncu plato sastopami tikai Vidzemes augstienē, galvenokārt Vestienas apkārtnē.

Bieži vien daudzi autori kā atsevišķu paveidu izdala terasētās pauguru formas. Tā kā lielākajai daļai plakanvirsas pauguru var izdalīt vairāk vai mazāk labi izteiktas terases, kas veidojas secīgas baseina paplašināšanās un līmeņa pazemināšanās gaitā, kas ir neizbēgams process, tad varbūt nav īpašas nepieciešamības izdalīt to kā atsevišķu pamattipu. Tikai, raksturojot atsevišķas formas, ieteicams atzīmēt terašu daudzumu, to izteiksmīguma pakāpi, terasu augstumu rādītājus.

Tiek piedāvāta mazliet modificēta plakanvirsas pauguru tipizācija, kas daļēji balstās uz iepriekš publicēto tipoloģisko jēdzienu bāzes. No tādiem, piemēram, minami jēdzieni "elementārs zvoncs", "zvoncu plato", "terasētie zvonci". Daļa jēdzienu ir jauni.

Iepriekšējās shēmas tipoloģiskie nosaukumi var tikt vienkāršoti, pirmkārt, atkarībā no formu izveides pakāpes:

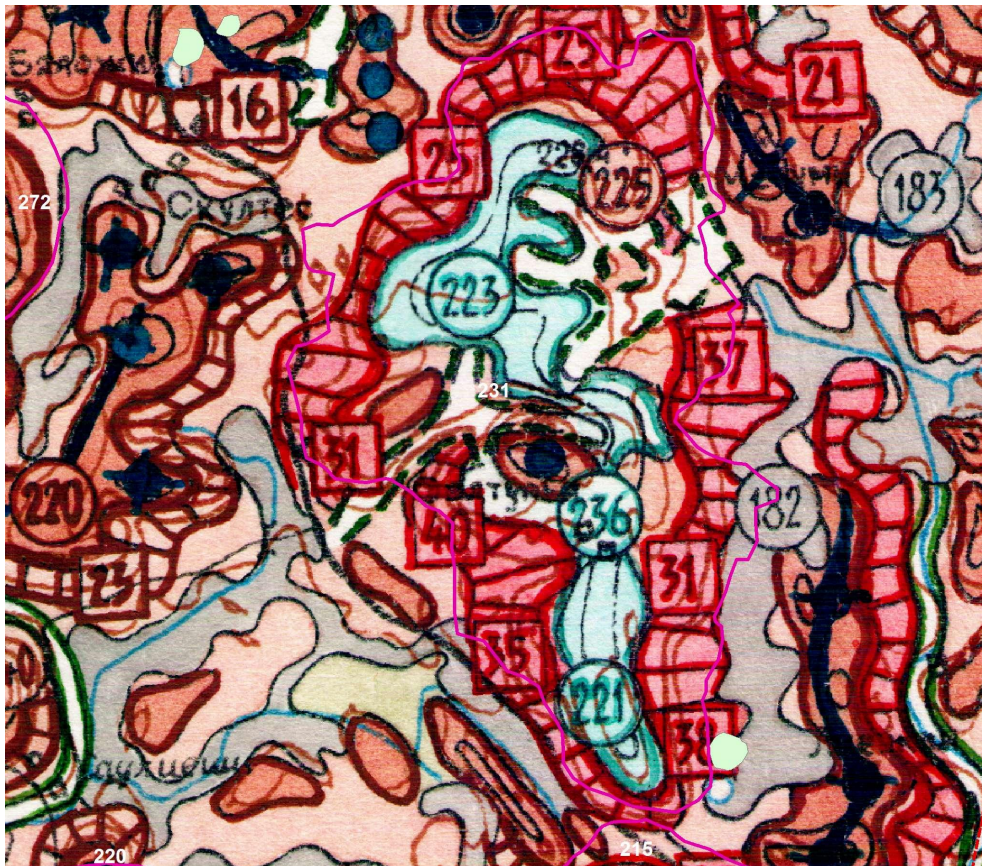
plakanvirsas pauguri	pilnīgi izveidotie	tuvāki pēc ģenēzes iekšledāja baseinos
	bez vienlaidus limnoglaciālo nogulumu segas	
	nepilnīgi izveidotie	tuvāki pēc virsmas rakstura

otrkārt, atkarībā no formas izmēriem plānā:

plakanvirsas pauguri	elementārie (mikro- plakanvirsas pauguri)
	tipomorfi (mezo- plakanvirsas pauguri)
	plakanvirsas lielpauguri - plato (makro- plakanvirsas pauguri)

Lai veiktu detālu analīzi, grupējot formas pa kalsifikācija stīpiem, jāsaprot ar zināmiem ierobežojumiem, Ievērojamas problēmas rodas nepilnīgo kartēšanas datu dēļ; kā zināms un noskaidrots, piemēram, Iceniešu kalnā (Icēnkalnā) Alūksnes augstienē (Markots, 1995), tā visaugstāk paceltajā virsotnē nav glaciolimnisko nogulumu, bet

morēna vai dislocēti glaciofluviālie nogulumi (5.3. att.) Šādas nianse praktiski gan M 1:50 000 ģeoloģiskās kartēšanas materiālos parādās ļoti reti. Parasti viena lielapaugura kā reljefa formas ietvaros uzrādās viena ģenētiskā veida nogulumi (5.2. att.).



5.3. attēls. Icenkalna plakanvirsa paugura morfoloģiskā shēma ģeoloģiskās kartēšanas M 1:50 000 ģeomorfoloģiskajā kartē (Aleksāns et al., 1988). Icenkalns atrodas Alūksnes augstienes Iceniešu plakanvirsa pauguru izplatības areālā 4 km uz DA no Dēļiņkalna

Figure 5.3. Part of Geomorphological map of plateau-like hill, source - Geomorphological map of scale 1:50,000 (Aleksāns et al., 1988). Icenkalns hill located in Alūksne Upland, in Icenieši plateau-hills area, 4 km SE from hill Dēļiņkalns.

Līdz šim izteiktie viedokļi par salveida akumulatīvo glaciostruktūru augstieņu reljefa veidošanos nosacīti saistāmi ar divām pieejām: viena liek uzsvāru uz nogulumu uzkrāšanās un reljefa veidošanās nosacījumiem (augstieņu reljefa veidošanās etapi O. Āboltiņa izpratnē). Otrs skatījums ir caur ledāja deglaciācijas fāzēm un ledāja formu un to kompleksu veidošanos saistībā ar noteiktām pēdējā ledāja deglaciācijas fāzēm (Zelčs, Markots, 2004; Zelčs *et al.*, 2010).

Iegūtie rezultāti ļauj konstatēt, ka dotā pētījumā izvirzītais mērķis ir sasniegts, bet galvenie izvirzītie uzdevumi ir izpildīti.

SECINĀJUMI

Šī pētījuma rezultāti ļauj izdarīt vairākus nozīmīgus secinājumus par plakanvirsas pauguru izplatības, savstarpējā sakārtojuma, morfoloģijas, iekšējās uzbūves un paleoģeogrāfiskā novietojuma pret galvenajām ledus lobiem un mēlēm, un to konverģences zonām ledus uzvirzīšanās un izzušanas etapā. Uz tiem balstās arī svarīgākie secinājumi par plakanvirsas pauguru veidošanās apstākļiem salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu teritorijā.

Plakanvirsas pauguru novietojums saistībā ar tiem blakusesošo salveida akumulatīvi glaciostrukturālo augstieņu mezoformu tipiem un to kompleksiem ļauj iegūt padziļinātu priekšstatu par reljefa veidojošo procesu dinamiku un vides izmaiņām plakanvirsas pauguru veidošanās laikā.

Pētījuma gaitā izveidotās uz ĢIS balstītās datu bāzes par plakanvirsas pauguriem un ĢIS analīzes rīki ir ļāvuši atrast kritērijus plakanvirsas pauguru un to izplatības areālu robežu noteikšanā un precizēt kā šo pauguru, tā arī to areālu izplatības robežas. Tāpat tas ir palīdzējis noskaidrot plakanvirsas pauguru un to izplatības areālu teritoriālo sasaisti ar pēdējā ledāja pabiezinātas segas nogabaliem, īpaši Latgales un Alūksnes augstienēs, kur ārpus ledāja pirmmasīvpauguru un plakanvirsas pauguru izplatības nogabalos tā vidēji ir relatīvi plānāka nekā Vidzemes augstienē.

Iegūtie rezultāti par plakanvirsas pauguru sakārtojuma likumsakarībām, to pārsedzošās glaciolimnisko nogulumu segas uzbūvi, ka arī glaciotehtoniskās pamatnes uzbūvi un to veidojošo nogulumu iespējamo pat ļoti atšķirīgo vecumu ļauj daudz pārlicināt un ticamāk argumentēt šo formu morfoģenēzi, Diemžēl lielpauguru iespaidīgo izmēru, lielā relatīvā augstuma dēļ, ka arī uzbūves īpatnību iespaidā, ar tiem pašlaik saistās ļoti maz derīgo izrakteņu ieguves vietu jeb karjeru, caur kuru izpēti var tieši un nepastarpināti papildināt zināšanas un precizēt priekšstatus par to veidošanās apstākļiem.

Tomēr iegūtie pētījumu rezultāti, kaut arī pieļauj iespēju pieturēties pie tradicionālā priekšstata par glaciolimnisko nogulumu sedimentāciju iekšledāja baseinos aprimušu ledus lauku ietvaros, kalpo par pamatu attīstīt teoriju par plakanvirsas pauguru bezakmens mālu pārsedzes veidošanos zemledāja kušanas ūdeņu atslodzes vietās, kas veidojās ledus lobu un ledus mēļu zvīņveida uzbīdījumu zonās, kur sakarā ar plaisu veidošanos traušlajā ledū hidrostatiskā un hidrodinamiskā spiediena gradientu atšķirību dēļ

noplūda ledājkušanas ūdeņi, kas transportēja uz tām arī no zemledāja gultnes un ar atlūzu materiālu piesātinātā ledus erodēto materiālu. Šie kušanas ūdeņi un Saules radiācija sekmēja šo plaisu paplašināšanos un daudz plašāku apūdeņotu nogabalu veidošanos ledus lobu un ledus mēļu malas zonās. Ledāja biezuma samazināšanās un tā aprimšana noteica zemledāja kušanas ūdeņu hidrostatiskā spiediena samazināšanos un atslodzes un zvīņveida uzbīdījuma zonu regresīvu migrāciju proksimālā virzienā, un ekvipotenciālās virsmas līniju pazemināšanos.

Pētījuma rezultāti apstiprina darba hipotēzi par plakanvirsas pauguru veidošanos kā vairākpakāpju procesu, un vienlaicīgi arī apliecina, ka dotā pētījumā izvirzītais mērķis ir sasniegts, bet galvenie izvirzītie uzdevumi ir izpildīti.

Neapšaubāmi, ka plakanvirsas pauguru izplatības areāli caur formu morfoloģiskajām īpatnībām un nogulumu saguluma raksturu sekmē ainavisko un bioloģisko daudzveidību un nosaka arī teritorijas zemes lietojuma īpatnības gan senatnē, gan mūsdienās. Šie paši faktori ir noteikuši plašu gravu erozijas tīkla rašanos, kas rada papildus riskus teritorijas izmantošanai. Vienlaikus gravas ir kā viena no ļoti drošām reljefa formu tipa identifikācijas pazīmēm, jo liecina par glaciolimnisko nogulumu klātbūtni pauguru virsotnes daļā. Minētie apstākļi norāda uz nepieciešamību turpināt plakanvirsas pauguru kā specifisku ģeogrāfiskās vides elementu padziļinātu kompleksu izpēti, pētījumos iesaistot daudz plašāka profila zemes un vides pētnieku loku.

PATEICĪBAS

Promocijas darbs izstrādāts ar ESF projekta „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē”, Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/004, LU reģistrācijas Nr. ESS2009/77 finansiālu atbalstu. Autors pateicas promocijas darba vadītājam, prof., Dr. ģeol. Vitālijam Zelčam par ieguldīto lielo darbu, atbalstu un padomiem disertācijas tapšanas gaitā, ļoti noderīgiem ieteikumiem zinātnisko rakstu sagatavošanā, kā arī par palīdzību un atbalstu lauka pētījumu veikšanā. Paldies SIA Envirotech par iespēju izmantot ArcGIS 9.3. sevišķo doktorantūras atbalsta licenci telpisko datu analīzei ĢIS vidē, kā arī kolēģim Jānim Jātniekam par ieguldīto darbu telpisko datu (kartogrāfiskā materiāla) nodrošināšanā LU ĢZZF Karšu pārlūkā. Autors izsaka pateicību Valsts sabiedrībai ar ierobežotu atbildību "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs" par Ģeoloģijas Fondu materiālu visplašāko pieejamību. Autors pateicas LU emeritētajam profesoram Ojāram Āboltiņam par atbalstu, idejām un skološanu reljefa formu izpētē un sadarbību kopīgajos lauka pētījumos.

LITERATŪRA

- Aber, J.S., Croot, D.G., Fenton, M.M., 1989. *Glaciotectonic Landforms and Structures. Glaciology and Quaternary Geology*. Kluwer Academic Publishers, London, 200 pp.
- Āboltniš, O., Veinbergs, I., Savvaitovs, A., Konšins, G., Stelle, V., 1969. Degradācija Valdaiskovo olhedenhenhija Latvijskoi SSR. *Grām. Poslednij lhednhikovij pokrov na severo-zapade evropeiskoi chasti SSSR*. Nauka, Moskva, 125. - 137. lpp. (in Russian)
- Āboltniš, O., Veinbergs, J., Danilāns, I., Meirons, Z., Straume, J., Eberhards, G., Juškevičs, V., Jaunputniņš, A., 1972. Osnovnije cherti lednhikovogo morfogenheza i osobennosti deglhiaciācij poslhednego lhednhikovogo pokrova na territoriji Latviji. *Grām. Putevoditelh polhevogo simpoziuma IV vsesojuznogo mezhved. soveshch. po izuceniju krayevih obrazovaniy materikovikh oledeneniy*. Zinātne, Rīga. 3. – 16. lpp. (in Russian)
- Aboltniš, O., Veinbergs, I., Stelle, V., Eberhards, G., 1972. Main complexes of marginal formations and glacial retreat in the territory of Latvian SSR. In: Goretskiy, G.I., Pogul'ayev, D.I., Shick, S.M. (eds.), *Krayevye obrazovaniya materikovikh oledeneniy*, 30-37. Nauka, Moscow. (in Russian)
- Aboltniš, O., Mikalauskas, A., Raukas, A., 1974. Morphogenetic classification of extramarginal glacioaquatic formations based on investigation in the Baltic States. In: Biske, G., Mikalauskas, A., (eds.), *Predfrontalnye krayevye lednikovye obrazovaniya*, 25-31. Mintis, Vilnius, (in Russian).
- Āboltniš, O., Straume, J., Juškevičs, V., 1975. Osobennosti relhjeфа i osnovnije etapi morfogenheza Centralhno – Vidzemskoi vozvishennosti. *Grām. Voprosi chetvertichnoy geologiji*, s. 8. Zvaigzne, Rīga, 31. - 46. lpp. (in Russian)
- Āboltniš, O., 1975a. K voprosu o formirovaniji ostrovovidnih vozvishennostei. *Grām. Lhednhikovij morfogenhez*. Zinātne, Rīga, 51.- 61. lpp. (in Russian)
- Āboltniš, O., 1975b. Glaciodinamiceskiye osobennosti formirovanhija vozvishennostei Latviji. *Grām. Voprosi chetvertichnoy geologiji*, s. 8. Zvaigzne, Rīga, 5. - 23. lpp. (in Russian)
- Āboltniš, O., Straume, J., Juškevičs, V., 1976. Relhjeф i osnovnije etapi morfogenheza Aluksnenskoj vozvishennosti. *Grām. Voprosi chetvertichnoy geologiji*, s. 9. Zinātne, Rīga, 74. - 89. lpp. (in Russian)
- Aboltniš, O., Danilans, I., Ilyin, E.A., Isachenkov V.A., Karukapp, R., Raukas, A., Faustova, M. A., 1977a. The structure of the principal ice shed zones. In: Chebotareva, N. S. (ed.), *The structure and dynamics of the last ice sheet of Europe*, 101-112. Moscow, Nauka (in Russian).
- Aboltniš, O., Isachenkov V.A., Faustova, M.A., Chebotareva N.S., 1977b. The Chudskoye ice stream. In: Chebotareva, N.S. (ed.), *The structure and dynamics of the last ice sheet of Europe*, 44-54. Moscow, Nauka (in Russian).
- Āboltniš, O., Isachenkov, V., Karukjapp, R., Raukas, A., Faustova, M., 1977c. Strojehije glavnih lhedorazdelnhnih zon. *Grām. Strojehije i dinamika poslednhego lhednhikovogo pokrova Evropi. K X kongessu INQUA (Velhikobritanhija, 1977)*. Nauka, M., 191. - 112. lpp. (in Russian)
- Āboltniš, O., 1978a. Strojehije I teksturnije osobennosti moren perehodnoi zoni mezhdu nhizmennostjami I vozvishennostjami v Centralhnoi Latviji. *Grām. Osnovnije moreni materikovih olhedenhenij (Materiali mezhdunarodnogo simpoziuma)*. GIN: AN SSSR, M., 90. - 104. lpp. (in Russian)
- Āboltniš, O., 1978b. Nhekotorije raznovidnosti tekstur i osobennosti glhiaciodinamiceskih kontaktovih zon moreni kak pokazateli uslovij genhezisa mezoform relhjeфа. *Grām.*

- Problēmi morfogeneza reljefa i paleogeografiji Latviji.* Latvijskiy Gosudarstveniy Universitet, Riga, 19. - 32. lpp. (in Russian)
- Āboltiņš, O., 1986. Analhiz trehosnikh lhinheinix strukturnikh elementov moren i interpretācija ego rezulhtatov. *Grām. Morfogenez relhjeza i paleogeografiji Latviji.* Latvijskiy Gosudarstveniy Universitet, Riga, 19. - 32. lpp. (in Russian)
- Āboltiņš, O., Asejev, A., Vonsavičus, V., Isačenkov, I., Mozhajev, B., Raukas A., 1988. *Ostrovniye vozvishennosti kak osobim obrazom organhizovannije geologicheskiye objekti.* AN ESSR, Tallinn, 56 lpp. (in Russian)
- Āboltiņš, O., Zelčs, V., 1988. Litomorfogenez vnutrenney zony drevnhelhednhikovoy oblasti (na primere isslhedovanhiy v Latviji). *Grām. Purin, V., Zvejnieks, R. (Dds.), Razvitiye geograficheskoy mysli v Sovetskoy Latviji.* Latvijskiy Gosudarstveniy Universitet, Riga, 103 - 126. lpp. (in Russian)
- Āboltiņš, O., 1989. Glhaciostruktura i lhednikovij morfogenez. *Zinātne, Rīga*, 286 pp. (in Russian)
- Āboltiņš, O., Asejev, A., Vonsavičus, V., Isačenkov, V., Možajev, V., Raukas, A., 1989. Formirovanije i osvojenije lednikovih akumulativnih ostrovnih vozvisennosti. *Izvestija AN ESSR, Tallinn*, 32- 45. lpp. (in Russian)
- Aboltins, O., Eberhards, G. and Zelcs, V., 1992. Glaciotectonic processes, sediments, landforms and their influence on the present geocological situation. *In: Guidebook of the Baltic regional summer field meeting of geomorphologists and Quaternary geologists.* North and central Vidzeme, Latvia.
- Āboltiņš, O., Dreimanis, A., 1995. Glacigenic deposits in Latvia. *In: Ehlers, J., Kozarski, S., Gibbard, P. (eds.), Glacial Deposits in North-East Europe.* Rotterdam / Brookfield, Balkema, pp. 115-124.
- Āboltiņš, Ojārs, Āboltiņš, Artis, 1999. Apslēptās glaciotehtoniskās struktūras, to nozīme. *Grām. Kļaviņš, M. (red.), Zeme Daba Cilvēks, LU 57. konferences Ģeogrāfijas un ģeoloģijas un vides zinātnes sekcija, LU, Rīga*, 9 - 11. lpp.
- Āboltiņš, O., 1994. Alūksnes augstiene. *Grām. Kavacs, G. (red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba. 1. sēj.. Latvijas enciklopēdija, Rīga*, 47. - 48. lpp.
- Āboltiņš, O., 1995. Latgales augstiene. *Grām. Kavacs, G. (red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba. 3. sēj.. Latvijas enciklopēdija, Rīga*, 87. - 89. lpp.
- Āboltiņš, O., 1995. Malienas pauguraine. *Grām. Kavacs, G. (red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba. 3. sēj. Latvijas Enciklopēdija. Rīga*, 179. - 180. lpp.
- Āboltiņš, O., 1995. Mežoles pauguraine. *Grām. Kavacs, G. (red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba. 3. sēj. Latvijas Enciklopēdija. Rīga*, 242. - 244. lpp.
- Āboltiņš, O., 1997. Piebalgas pauguraine. *Grām. Kavacs, G. (red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba. 4. sēj. Preses nams, Rīga*, 115. - 117. lpp.
- Āboltiņš, O., 1998. Veclaicenes pauguraine. *Grām. Kavacs, G. (red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba. 6. sēj. Preses nams, Rīga*, 43. - 46. lpp.
- Āboltiņš, O., 1998. Vestienas pauguraine. *Grām. Kavacs, G. (red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba. 6. sēj. Preses nams, Rīga*, 65. - 66. lpp.
- Āboltiņš, O., 1998. Veclaicenes pauguraine. *Grām. Kavacs, G. (red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba. 6. sēj. Preses nams, Rīga*, 43. - 46. lpp.
- Āboltiņš, O., 1998. Vidzemes augstiene. *Grām. Kavacs, G. (red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba. 6. sēj. Preses nams, Rīga*, 73. - 76. lpp.
- Āboltiņš, O., 1998. STOP 9. Morphology and internal structure of plateau-like hills at Skujene. *In: Field Symposium on Glacial Processes and Quaternary Environment in Latvia, Excursion guide. Rīga*. pp. 57 – 62.

- Āboltniņš, O., 2010. Glaciostruktūru mezoreljefs (iedalījuma un terminoloģijas problēmas). *Grām. Latvijas Universitātes 68. konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Referātu tēzes*. Latvijas Universitāte, Rīga, 133. - 135. lpp.
- Alley, R. B. 1991. Deforming – bed origin for Laurentide till sheets. *In: Journal of Glaciology*, 37, 67-76.
- Alley, R. B. 1993. In search of ice stream sticky spots. *In: Journal of Glaciology*, 39, 447-454.
- Ansbergs, N., Rinks, E., Seļicka, J., 1955. Vazhnheishije chetvertichnije glhini Latvijskoi SSR. LPSR ZA izd., Rīga, 47 lpp.
- Arnold, N., Sharp, M., 2002. Flow variability in the Scandinavian ice sheet: modelling the coupling between ice sheet flow and hydrology. *In: Quaternary Science Reviews*, 21, 485-502.
- Asejev, A.A., 1974. *Drevnije materikovije olhedenhenhija Evropi*. Nauka, Moskva, 319 lpp. (in Russian)
- Basalikas, A., 1959. Osnovnije problemi geomorfologičeskogo izuchenija territoriji Litvi; materiali vtorigo geomorfologičeskogo soveshchanija *Grām. Gudelis (otv. red.) Moskva, Akademija Nauk, (in Russian)*
- Basalikas, A., 1969. Raznoobrazije reljefa lhednikovoi akumulhativnoi oblasti. *Grām. Materikovoje olhedenhenhije i lhednhikovij morfogenhez*. Viļņa, Mintis, 65. – 154. lpp.
- Basalikas, A., 1970. Ob izobrazheniji lhednikovogo relhjefa na geomorfologičeskikh kartakh detalhnykh i krupnykh masshtabov. *In: Naučnyje trudy vysshikh uchebnykh zavedenij Litovskoj SSR, gheografija i ģeoloģija*, VII, Vilnius, s. 17-20.
- Bennett, M.R., Glasser, N.F., 1996. *Glacial geology: ice sheets and landforms*. Wiley, Chichester. 376 p.
- Benn, D.I., Evans, D.J.A., 1996. The interpretations and classification of subglacially deformed materials. *In: Quaternary Science Reviews* 15, pp. 23-52.
- Benn, D.I., Evans, D.J.A., 1998. *Glaciers and Glaciation*. Arnold, London, 734 pp.
- Bitinas, A., 1990. Problēmi fizicheskoī i landshaftnoī geografiji. K teoriji obrazovanhija form lhednhikovogo rreljefa. *Grām. Naucnīje trudi vissih uchebnih zavedenij Litovskoy SSR. Geografija*. Nr. 26. 19. - 32. lpp.
- Bitinas, A., 1994. Peculiarities of formation of flat glaciolacustrine hills. *Grām. Coleman, R.G., Juvigne, E.H. (red.) Proceedings of the 29th International Geological Congress: Reconstruction of the Paleo-Asian Ocean*. Part B. VSP, Tokyo, 193. - 199. lpp.
- Bitinas A., Karmazienė D., Jusienė A., 2004. Glaciolacustrine kame terraces as an indicator of conditions of deglaciation in Lithuania. *In: Sedimentary Geology*, 165, pp. 285-294.
- Boulton, G.S., 1986. A paradigm shift in glaciology? *Nature* 322, p. 18.
- Boulton, G. S., Dongelmans, P., Punkari, M., Broadgate, M., 2001. Palaeoglaciology of an ice sheet through a glacial cycle: the European ice sheet through the Weichselian. *In: Quaternary Science Reviews* 20, pp. 591-625.
- Boone, S.J., Eyles, N., 2001. Geotechnical model for great plains hummocky moraine formed by till deformation below stagnant ice. *In: [Geomorphology](#), V. 38, Issues 1-2*, pp 109-124.
- Burgess, D.O., Shaw, J., Eyton, J.R., 2003. Morphometric Comparisons Between Rogen Terrain and Hummocky Terrain. *In: Journal Physical Geography Volume 24, Number 4*, pp. 319-336.
- Chebotareva, N., Grichuk, V., Vidgorchik, M., Faustova, M., Biske, G., Vaitekunas, P., Gudelis, V., Devyatova, E., 1965. Main degradation stages and marginal zones. *In:*

- Chebotareva, N. (ed.), *Last European glaciation*, pp. 26-44 (in Russian with English summary).
- Chebotareva, N.S. (1972). Ice streams of the Valdaian ice sheet. In: Goretskiy, G.I., Pogul'ayev, D.I., Shick, S.M. (eds.), *Krayevye obrazovaniya materikovikh oledeneniya*, Nauka, Moscow, pp. 69-77. (in Russian).
- Chebotareva, N.S., Makaricheva, I.A., 1974. *Last glaciation and its geochronology in Europe*. Nauka, Moscow, 216 p. (in Russian).
- Danilans, I., 1965. Nekotoriji osobennosti deglaciaciji i lednikovogo morfogeneza na teritoriji Latviji. *Grām. Basalikas, A., (red.) Krajevije obrazovanhija materikovogo olhedenhenija*. Mintis, Viļņa, 65. - 72. lpp. (in Russian)
- Danilans, I., 1973. *Chetvertichnye otlozheniya Latviji*. Zinatne, Riga, 312 lpp. (in Russian)
- Dreimanis, A., Zelcs, V., 1995. Pleistocene stratigraphy of Latvia. In: Ehlers, J., Kozarski, S. & Gibbard, P. (eds.), *Glacial deposits in North-East Europe*, Balkema, Rotterdam / Brookfield, pp. 105-113.
- Dreimanis, A., 1999. A need of three-dimensional analysis of structural elements in glacial deposits for determination of direction of glacier movement. In: Mickelson, D.M., Attig, J.W. (Eds.), *Glacial Processes Past and Present*. Special Paper 337. Geological Society of America, Boulder, pp. 59-67.
- Easterbrook, D.J., 1999. *Surface Processes and Landforms, 2nd edition*. Prentice Hall, New Jersey, 546 pp.
- Eberhards, G., 1972. *Strojenhije i razvitije dolin basseina reki Daugava*. Zinātne, Rīga, 131 lpp. (in Russian)
- Eberhards, G., 1977. *Glaciālā geomorfoloģija*. P. Stučkas LVU, Rīga, 56.- 60. lpp.
- Eberhards, G., 1972. *Pieņemto zīmju un apzīmējumu sistēma ģeomorfoloģijā*. LVU, Rīga, 72 lpp.
- Ehlers, J., 1996. *Quaternary and Glacial Geology*. John Willey & Sons Ltd., Chichester, 578 pp.
- Gaigalas, A., 2000. Correlation of 14C and OSL dating of Late Pleistocene deposits in Lithuania. In: *Geochronometria*, 19, 7-12.
- Ginters, G., 1984. Osobennosti i raschlhenhenhije moren Vidzemskey vozvishennosti. *Grām. Paleogeografija i stratigrafija chetvertichnogo perioda Pribaltiki i sopredehlnih raiyonov*. Vilnius, s. 68 - 73.
- Grewingk, K., 1861. *Geologie von Liv- und Kurland*. Dorpat, 55 pp.
- Grewingk, K., 1861. *Geologie von Liv- und Kurland mit Inbegriff einiger angrenzenden Gebiete*. Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft zu Dorpat, Ser. I, Bd. 2, Dorpat, S. 479 - 776.
- Grewingk, K., 1879. *Erläuterungen zur zweiten Ausgabe der geognostischen Karten Liv-, Est- un Kurlands*. Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst-, und Kurlands, Ser. 1, Bd. VII, 3 - 23.
- Grigelis, A. (galv. red.), 1981. *Metodicheskiye rekomendaciji po sostavlheniju leghend krupnomasshtabnykh geologicheskikh kart Pribaltiki*. Tallinn, 237.
- Goretskiy, G.I., Pogul'ayev, D.I., & Shick, S.M. (eds.), *Krayevye obrazovaniya materikovikh oledeneniya*, Nauka, Moscow, 30. - 37. lpp. (in Russian).
- Grīne, I., Zelcs V., 1997. *Latviešu-angļu-vācu-krievu ilustratīvā ģeomorfoloģijas vārdnīca*. P&K, Rīga, 210 lpp.
- Guobyte R., 2004. A brief outline of the Quaternary of Lithuania and the history of its investigation. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L. (eds.), *Quaternary Glaciations—Extent and Chronology, Part I: Europe*. Elsevier, Amsterdam, pp. 245-250.

- Guobytė, R., 2007a. The Samogitian (Žemaičiai) Upland. In: Guobytė, R., Stančikaite, M. (eds.), *The Quaternary of Western Lithuania: from the Pleistocene glaciations to the evolution of the Baltic Sea: Excursion guide: The INQUA Peribaltic Group Field Symposium*. LGT, Vilnius, pp. 17-18.
- Guobytė, R., 2007b. Stop 3. The Medvegalis mound: plateau-like hills of the Samogitian Upland. In: Guobytė, R., Stančikaite, M. (eds.), *The Quaternary of Western Lithuania: from the Pleistocene glaciations to the evolution of the Baltic Sea: Excursion guide: The INQUA Peribaltic Group Field Symposium*. LGT, Vilnius, pp. 24.
- Guobytė, R., 2009a. The Samogitian (Žemaičiai) Upland. In: Satkūnas, J. (ed.), *Biodiversity and geodiversity, landscapes, nature resources and present-day management in Lithuania: Excursion guide*. Lietuvos geologijos Tarnyba, pp. 8-9.
- Guobytė, R., 2009b. Kame massif at Plokštinė. Military exposition. In: Satkūnas, J., (ed.) *Biodiversity and geodiversity, landscapes, nature resources and present-day management in Lithuania: Excursion guide*. Lietuvos geologijos Tarnyba, p. 11.
- Hang, E., Karukäpp, R., 1979. Otepää korgustiku pinnavormistik. *Grām. Eesti NSV saarkorgustige ja järvenogude kujunemine*. Valgus, Tallin, 63. - 86. lpp. (Summary in Russian)
- Hang, E., Karukäpp, R. 2009. Otepää upland - an insular-like upland with hummocky topography. In: *Extent and timing of the Weichselian glaciation southeast of the Baltic Sea*. University of Tartu, Tallinn, p. 65 - 69.
- Hoppe, G., 1952. Hummocky Moraine Regions with Special Reference to the Interior of Norrbotten, *Geogr. Ann. Arg.* 34, Heft 1-2, pp. 1-72.
- Hubbard, B., Glasser, B., 2005. *Field techniques in glaciology and glacial geomorphology*. Wiley, 400 p.
- Iken, A., 1981. The effect of the subglacial water pressure on the sliding velocity of a glacier in an idealized numerical model, *J. In: Glacial.*, 27, pp. 407- 421.
- Instrukcija po organizaciji i proizvodstvu gruppovoj geologičeskoj sjomki masštaba 1:50 000 (1:25 000)*, 1977. Moskva, 72 pp.
- Isachenkov, V., Tatarnhikov, O., 1972. „Ostrovnije” vozvishennosti severo-zapada Russkoi ravnini, jih polozhenije v sisteme krajevih obrazovanhij Valdaiskogo lhednhika. *Grām. Lhednhikovij morfogenhez*. Zinātne, Rīga, 63. - 78. lpp. (in Russian)
- Isachenkov, V., 1974. Nhekotorije osobennosti formirovanhija vodnolhednikovogo relhjeja Pskovskoy oblasti. *Grām. Predfrontalhnije krajevije lhednikovije obrazovanhija*. Mintis, Viļna, 108. - 113. lpp. (in Russian)
- Jaunputniņš, A., 1961. Reljefs. *Grām. Latvijas PSR ģeoloģija*.- Latv. PSR ZA izd-ba, Rīga, 194. - 214. lpp.
- Jaunputniņš, A., 1956. K voprosu o proishozhdeniji holmistogo relhjeja Latvijskoi SSR. *Grām. LVU raksti*. VII s., Rīga, 25. - 37. lpp. (in Russian)
- Jaunputniņš, A., 1975. Reljefs. *Grām. Pūriņš, V. (red.), Latvijas PSR ģeogrāfija*. Otrais papild. izd.. Zinātne, Rīga, 32. - 45. lpp.
- Juškevičs V., 1976. Shema Podbaltijskoi poverhnosti Latvijskoi SSR. M 1:1 000 000. *Grām. Geologicheskoje strojenije i polheznije iskopajemije Latviji*. Zinātne, Rīga, XXIII pielikums. (in Russian)
- Juškevičs, V., 1992. Latvijas kvartāra nogulumu litoloģijas, reljeja un mūsdienu ģeoloģisko procesu karte M 1:200 000. Latvijas ģeoloģ. apv., Rīga, 12 lpp. (VGF Inv. Nr. 10926).
- Juškevičs, V., 2000. Kvartāra nogulumi. *Krāj: Āboltiņš, O., Kuršs, V., (red.), Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200 000, 43. lapa – Rīga, 53. lapa – Ainaži; pasakaidrojuma teksts un kartes*. VGD, Rīga, 10.-31. lpp.

- Juškevičs, V., 2000. Kvartāra nogulumu karte. Krāj.: Āboltiņš, O., Kuršs, V. (red.), *Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200 000, 43. lapa – Rīga, 53. lapa – Ainaži; pasakaidrojuma teksts un kartes*. VĢD, Rīga, 68 lpp. t., 2 k.,
- Juškevičs, V., Skrebels J., 2002. Kvartāra nogulumu. Krāj.: Āboltiņš, O., Brangulis, A.J. (red.), *Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200 000, 44. – 45. – 54. lapa – Alūksne – Viļaka- Valka; paskaidrojuma teksts un kartes*. VĢD, Rīga, 9.-26. lpp.
- Juškevičs, V., Skrebels J., 2002. Kvartāra nogulumu karte. Krāj.: Āboltiņš, O., Brangulis, A.J. (red.), *Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200 000, 44. – 45. – 54. lapa – Alūksne – Viļaka- Valka; paskaidrojuma teksts un kartes*. VĢD, Rīga, 1 l.
- Juškevičs, V., Skrebels, J., 2003. Kvartāra nogulumu. Krāj.: Āboltiņš, O., Brangulis, A.J. (red.), *Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200 000, 34. lapa – Jēkabpils, 24. lapa – Daugavpils; paskaidrojuma teksts un kartes*. VĢD, Rīga, 10.-28. lpp.
- Juškevičs, V., Skrebels, J., 2003. Kvartāra nogulumu karte. Krāj.: Āboltiņš, O., Brangulis, A.J. (red.), *Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200 000, 34. lapa – Jēkabpils, 24. lapa – Daugavpils; paskaidrojuma teksts un kartes*. VĢD, Rīga, 1 l.
- Kalm, V., 2006. Pleistocene chronostratigraphy in Estonia, southeastern sector of the Scandinavian glaciations. *In: Quaternary Science Reviews, 25, 960–975.*
- Karabanov, A.K., Matveyev, A.V., Pavlovskaya, I.E., 2004. The main glacial limits in Belarus. *In: Ehlers, J., Gibbard, P.L. (eds.), Quaternary Glaciations - Extent and Chronology, Part I: Europe. Elsevier, Amsterdam, pp. 15-18.*
- Kajak, K., 1965. Osobennosti geologicheskogo strojenhija krajevih lhednhikovih obrazovanhiy v Estonhiji. *Grām. Krajevije obrazovanhija materikovogo olhedenhenhija. Mintis, Viļņa, 59. - 64. lpp. (in Russian)*
- Karukäpp, R.J., 1978. Morfoloģicheskiye osobennosti kamovih polhei na lhednikovih vozvishennostjah Estoniji. *Grām. Raukas, A., (otv. red.) Strojenije i formirovanije kamov. Akademija Nauk Estonskoi SSR, Tallin, 91. - 97. lpp. (in Russian)*
- Kudaba, I., 1969. Ice-marginal formations of the Baltic Ridge and diagnostic of ice margin dynamics. *In: Materikovye oledeneniya i lednikoviy morfogenez, Mintis, Vilnius, pp. 155-226. (in Russian).*
- Kudaba, Č., 1972. Nekotoriji osobennosti krajevih lhednikovih obrazovanhiy Baltijskoi holmisti-morenoī grjadi. *Grām. Krajevije obrazovanhija materikovogo oledenhenhija. Mintis, Viļņa, 59. - 64. lpp. (in Russian)*
- Kudaba, Č., 1979. Glaciomorfologija relhjefa. *Grām. Strojenhije i relhjeff Zhemaitijskoy vozvishennosti. Mokslas, Viļņa, 63. - 85. lpp. (in Russian)*
- Kuršs, V., Stinkule A., 1969. O raznovidnostjah lhentochnoi sloistosti v lhimmoglacialhnih glhinah Latviji. *Grām. Voprosi chetvertichnoj geologiji, s. 4. Zinātne, Rīga, 83. - 100. lpp. (in Russian)*
- Lazdāne, A., 1959. Vidzemes Centrālās augstienes ģeomorfoloģisks apskats. *Grām. Zinātniskie raksti; XXVII sēj. LVU, Rīga, 119. - 161. lpp.*
- Lhevkov, E.A., 1980. *Glhaciotektonika. Nauka i tehnika, Minsk, 278 lpp. (in Russian)*
- Malahovskiy, D., Vigdorčik, M., 1963. Nekotorije formi lhednikovogo akumulhativnogo relhjefa na severo-zapade Russkoi ravnhini. *Grām. Krajevije formi relhjefa materikovogo oledenhenhija na Russkoi ravnhine. Izv. AN SSSR, Moskva, 47. - 63. lpp. (in Russian)*
- Markots, A., 1986. On the problem of the eastern boundary of the dispersion fan of the Dalarnian porphyry. *In: Aboltinš, O., Eberhards, G., Klane, V. (eds), Morfogenez relyefa I paleogeografiya Latviji, Latviyskiy gosudarstvenniy universitet, Riga, pp. 122-129. (in Russian).*
- Markots, A., 1994. Burzavas pauguraine. *Grām. Kavacs, G. (red.), Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba. 1. sēj. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 177. - 178. lpp.*

- Markots, A., 1994. Dagdas pauguraine. *Grām.* Kavacs, G. (red.), *Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba.* 1. sēj. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 207. - 208. lpp.
- Markots A. 1995. Feimaņu pauguraine *Grām.* Latvijas Dabas Enciklopēdija, 2. sēj.. Latvijas Enciklopēdij, Rīga,. 70. - 71. lpp.
- Markots A., 1995. Icēnkalns. *Grām.* Latvijas Dabas Enciklopēdija, 2. sēj.. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 160. lpp.
- Markots, A., 1997. Rāznavas pauguraines. *Grām.* Kavacs, G. (red.), *Enciklopēdija Latvija un latvieši. Latvijas daba.* 4. sēj. Preses nams, Rīga, 226. - 228. lpp.
- Markots, A., Āboltiņš, O., 1998. STOP 9. Morphology and internal structure of plateau-like hills at Skujene. In: *Field Symposium on Glacial Processes and Quaternary Environment in Latvia*, Excursion guide. University of Latvia, Rīga, 57.- 62. lpp.
- Markots, A., Āboltiņš, O., 1999. Vidzemes augstienes zvoncu morfoloģiskie tipi. *Grām. Zeme. Daba. Cilvēks LU 57. konference*, Tēžu krājums, LU, Rīga, 95.–99. lpp.
- Markots, A., Zelčs V., 2001. Overview of surface topography and Quaternary geology. In: *ProGEO Working Group Nr. 3 Meeting*. Guidebook & abstracts. University of Latvia. Rīga, p. 13 - 16.
- Markots A., 2010. Distribution, spatial arrangement and internal composition of plateau-like hills in insular accumulative-glaciostructural uplands of Latvia. In: Lorenz S. (ed.) Gletscher, Wasseer, Mensch – Quartären Landschaftswandel in Peribaltischen Raum; Conference Proceedings, Greifswald, pp. 126-127.
- Markots, A., *in review*. Distribution, spatial arrangement and internal composition of plateau-like hills in insular accumulative-glaciostructural uplands of Latvia. In: *Eiszeitalter und Gegenwart – Quaternary Science Journal (E&G)*. 12 pp.
- Markots, A., Nartišs M., Rečs, A., 2010. Topogrāfiskās kartes M 1:10 000 reljefa piemērotība Baltijas jūras stadiju pētniecībā. *Krāj.*: LU 68. zinātniskās konferences referātu tēzes. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 164. - 165. lpp.
- Marks, L., 1998. Middle and Late Vistulian glaciation in Poland. In: *Geologija* 25, 57-61.
- Marks, L., 2004. Pleistocene glacial limits in Poland. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L. (eds.), *Quaternary Glaciations - Extent and Chronology*, Part I: Europe. Elsevier, Amsterdam, pp. 295-300.
- Marks, L., Guobyte, R., Kalm, V., Pavlovskaya, I.E., Rattas, M., Stephan, H.-J., Zelčs, V., Gogołek, W., Bielecki, T., Kocyla, J., 2003. Map of Weichselian directional ice-flow features of Central and Eastern Europe. Paper No. 24-11. Sesion No. 24. T10. Glaciogeological and geomorphological evidence of ancient ice streams and outlet glaciers. In: *Shaping the Earth: A Quaternary Perspective. The XVI INQUA Congress Programs with Abstracts*. Reno, Nevada, 2003.
- Meirons, Z., 1975. Relhjef Latgalhskoj vozvishennosti i sopredelnhnih rayonov Vostocno-Latvijskoj nhzmmennosti. *Grām.* Danilāns, I., (ed.), *Voprosi cetvertichnoj geologii*, v. 8. Zinātne, Rīga, pp. 48 - 82. (*in Russian*)
- Meirons, Z., Straume, J., Juškevičs, V., 1974. Harakteristika podcervertičnoi poverhnosti Latviji i nekotarije voprosi formirovaņija pogrebennih donin. *Grām.* Danilāns, I. (red.), *Voprosi cetverticnoi geologii*, s. 7. Zinātne, Rīga, 9. - 21. lpp. (*in Russian*)
- Meirons, Z., Juškevics, V., 1984. Quaternary deposits. In: Misans, J., Brangulis, A., Straume, J. (eds), *Geologija Latvijskoi SSR*, (Explanatory text with geological maps on scale of 1:500,000. Zinatne, Riga, 89. - 122. lpp. (*in Russian*).
- Meirons, Z., Straume, J., 1979. Cenozoic group. In: Misans, J., Brangulis, A., Danilans, I. & Kuršs, V. (eds.), *Geologicheskoe stroyenie i poleznye iskopayemye Latviji*, Zinatne, Riga, 176.-268. lpp. (*in Russian*).

- Meirons, Z., 1986. Stratigrafija pleistocenovih otlozhenij Latviji. In: Kondratiene, O., Mikalauskas, A. (eds.), *Issledovaniya lednikovyx obrazovaniy Pribaltiki*, Vilnius, pp. 69-81. (in Russian)
- Meirons, Z., 1992. Stratigraficheskaia shema pleistocenovih otlozhenij Latviji. *Grām. Veinbergs, I., Danilans, I., Sorokin, V., Ulst, R. (eds.), Paleogeografiya i stratigrafiya fanerozoya Latviji i Balstijyskogo morya*, Zinatne, Riga, 84-98. (in Russian)
- Meirons, Z., 2004. Kvartāra nogulumi. *Krāj.: Āboltiņš, O., Brangulis, A.J. (red.), Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200 000, , 25. lapa – Indra, 35. lapa – Rēzekne;; paskaidrojuma teksts un kartes*. VGD, Rīga, 9.-25. lpp.
- Meirons, Z., 2004. Kvartāra nogulumu karte. *Krāj.: Āboltiņš, O., Brangulis, A.J. (red.), Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200 000, , 25. lapa – Indra, 35. lapa – Rēzekne;; paskaidrojuma teksts un kartes*. VGD, Rīga, 1 l.
- Menzies, J., 2002. *Modern and Past Glacial Environments*. Butterworth-Heinemann, 576 pp.
- Morawski, W., 2005. Reconstruction of ice sheet movement from the orientation of glacial morpholineaments (crevasse landforms): an example from northeastern Poland. In: *Geol. Quart.*, 49 (4): Warszawa, pp. 403–416.
- Morawski, W., 2009. Differences in the regional stratigraphy of NE Poland caused by vertical movements due to glacioisostasy. *Geologos*, 15 (3-4), pp. 235-250.
- Mūrnieks, A., 2002. Pirmskvartāra nogulumu karte. *Krāj.: Āboltiņš, O., Brangulis, A.J. (red.), Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200 000, 44. – 45. – 54. lapa – Alūksne – Viļaka- Valka; paskaidrojuma teksts un kartes*. VGD, Rīga, 1. l.
- Mūrnieks, A., 2002. Pirmskvartāra nogulumi. *Krāj.: Āboltiņš, O., Brangulis, A.J. (red.), Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200 000, 44. – 45. – 54. lapa – Alūksne – Viļaka- Valka; paskaidrojuma teksts un kartes*. VGD, Rīga, 5. – 9. lpp.
- Mūrnieks, A., Meirons, Z., Misāns, J., 2004. *Latvijas ģeoloģiskā karte mērogā 1:200 000. 35. lapa – Rēzekne un 25. lapa – Indra. 1. lapa „Pirmskvartāra nogulumi” un 3. lapa „Kvartāra nogulumi”*. Valsts ģeoloģijas dienests, Rīga.
- Meirons, Z., Straume, J., Juškevičs, V., 1976. Osnovnije raznovidnosti marginalnih obrazovanih i otstupanihije poslhednego lhednhika na territoriji Latviji. *Grām. Voprosi chetvertichnoi geologii*, s. 9. Zvaigzne, Rīga, 50. - 74. lpp. (in Russian)
- Mozhajev, B., 1973. *Noveishaja tektonhika Severo-Zapada Russkoi ravnini*. Nedra, L., 45. - 83. lpp. (in Russian)
- Niewiarowski, W., 1963. Types of Kames occurring with in the area of the last glaciation in Poland as compared with Kames from other regions. In: *Rep. of the 6th Intern. Congr. Quat., III*. Warsaw, Lodz, pp. 475-485.
- Niewiarowski, W., 1965. Kemy i formy pokrewne w Danii oraz romieszczenie obszarow kemowych na terenie ostatniego zlodowacenia. In: *Zeszyty Naukowe UMK. Geografia IV*. Torun, 117 p.
- Osnovnyje položenija organizacii i proizvodstva ģeologo-sjomočnykh rabot masštaba 1:50 000 (1:25 000)*, 1968. Moskva, Nedra, 55.
- Par Eiropas ainavu konvenciju*. LR likums, 2007. Latvijas Vēstnesis, 18.04.2007. Nr. 63 (3639).
- Piotrowski, J.A., Larsen, N.J. & Junge, F.W., 2004. Reflections on soft subglacial beds as a mosaic of deforming and stable spots. *Quaternary Science Reviews* 23, 993-1000.
- Philipp, H., 1921. *Beitrag zur Kenntnis des Endmoränenverlaufs im östlichen Baltikum*. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1921. 9. - 34. lpp.

- Prest, V.K., 1975. *Nomenclature of moraines and ice-flow features as applied to the glacial map of Canada*. Ottawa. p. 27.
- Punkari, M., 1997. Subglacial processes of the Scandinavian Ice Sheet in Fennoscandia inferred from flow-parallel features and lithostratigraphy. *In: Sedimentary Geology*, 111, pp. 263-283.
- Punning, J.-M., Raukas, A., Serebryanny, L.R., 1967. Geochronology of the last glaciation in Russian Plain in the light of new absolute age dating of the relict lacustrine and mire deposits in the Eastern Baltic. *In: Zavriyev, V.G. (ed.), Materialy II Simpoziuma po istorii ozyor Severo-Zapada SSSR (23-28 maya 1967)*, Minsk, pp. 139-147. (*in Russian*).
- Punning, J.-M., Raukas, A., Serebryanny, L.R., Stelle, V., 1968. Paleogeographical peculiarities and absolute age of the Luga stage of the Valdaian glaciation on the Russian Plain. *Doklady Akademiji nauk SSSR, Geologiya*, 178 (4), pp. 916-918 (*in Russian*).
- Ramans, K., 1975. Latvijas PSR. Fiziski ģeogrāfisko rajonu apskats. Teritoriālie dabas kompleksi un fiziski ģeogrāfiskā rajonēšana. Viduslatvija. *Grām. Pūriņš, V., (red.), Latvijas PSR ģeogrāfija*. Otrās papild. izd. Zinātne, Rīga. 164. – 199. lpp.
- Raukas, A., 1978. *Pleistocenovije otlozhenija Estonskoi SSR*. Valgus, Tallin, 310 lpp.
- Raukas, A.V., Kont, A.R., 1978. Voprosi formirovanija i klassifikaciji kamov. *Grām. Raukas, A., (otv. red.) Strojienije i formirovanije kamov*. Akademija Nauk Estonskoi SSR, Tallin, 5. - 10. lpp. (*in Russian*)
- Raukas, A.V., Kont, A.R., 1978. Raznovidnosti kamov (tolkovij slovarik). *Grām. Raukas, A. (otv. red.) Strojienije i formirovanije kamov*. Akademija Nauk Estonskoi SSR, Tallin, 180. - 183. lpp. (*in Russian*)
- Raukas, A., Karukäpp, R., 1979. Eesti llustikutekkeliste akumulatiivsete saarkorgustike ehitus ja kujunemine. *Grām. Eesti NSV saarkorgustige ja järvenogude kujunemine*. Valgus, Tallin, 6. - 26. lpp. (*Summary in Russian*).
- Raukas, A., Aboltinš, O., Gaigalas, A., 1995a. The Baltic States. Overview. *In: Shirmer, W. (ed.), Quaternary field trips in Central Europe, 1*, 146-151. München, Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- Raukas, A., Aboltinš, O., Gaigalas, A., 1995b. Current state and new trends in the Quaternary geology of the Baltic States. *In: Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 44*, pp. 1-14.
- Raukas, A., Aboltinš, O. & Gaigalas, A. 1995. Deglaciation of the territory. In Schirmer W. (ed.): *Quaternary field trips in Central Europe 1*, 148-151. Verlag Friedrich Pfeil München.
- Raukas, A., Kalm, V., Karukäpp, R., Rattas, M., 2004. Pleistocene Glaciations in Estonia. *In: Ehlers, J., Gibbard, P.L. (eds.), Quaternary Glaciations - Extent and Chronology, Part I: Europe*. Elsevier, Amsterdam, pp. 83-91.
- Rinterknecht, V.R., Clark, P.U., Raisbeck, G.M., Yiou, F., Bitinas, A., Brook, E J., Marks, L., Zelčs, V., Lunkka, J.-P., Pavlovskaya, I.E., Piotrowski, J.A., Raukas, A., 2006. The Last Deglaciation of the Southeastern Sector of the Scandinavian Ice Sheet. *Science* 10 March 2006: Vol. 311. no. 5766, pp. 1449 – 1452.
- Rukhina, E.V., 1978. Kami i jih raznovidnosti. *Grām. Raukas, A., (otv. red.) Strojienije i formirovanije kamov*. Akademija Nauk Estonskoi SSR, Tallin, 11. - 15. lpp. (*in Russian*).
- Saarse, L.A., 1978. Nalozhennije kami Otepjaskoij vozvishennosti. *Grām. Raukas, A., (otv. red.) Strojienije i formirovanije kamov*. Akademija Nauk Estonskoi SSR, Tallin, 105. - 111. lpp. (*in Russian*)
- Saks, T., Kalvāns, A., Zelčs, V., in press. OSL dating evidence of Middle Weichselian age of shallow basin sediments in Western Latvia, Eastern Baltic. *In: Quaternary Science Reviews*.

- Salonen, V.-P., Kaakinen, A., Kultti, S., Miettinen, A., Eskola, K.O., Lunkka, J.P., 2008. Middle Weichselian glacial event in the central part of the Scandinavian Ice Sheet recorded in the Hitura pit, Ostrobothnia, Finland. In: *Boreas* 37, 38–54.
- Serebryanny, L.R., Raukas, A., 1966. Transbaltic correlations of the Late Pleistocene marginal ice formations. In: Grichuk, V.P., Kind, N.V., Ravskiy, E.I., (ed.), *Verkhniy pleistotsen, Stratigrafiya i absolyutnaya geokhronologiya*, 12-28. Moscow, Nauka (in Russian).
- Serebryanny, L., Raukas, A., 1967. Correlation of Gotiglacial ice-marginal belts in the Baltic Sea depression and the neighbouring countries. *Baltica*, 3, 235-249 (in Russian with English and French summary).
- Serebrjannij, L.R., 1978. *Dinamika pokrovnogo olhedenhenhija i glhacioevstazija v pozdnechetvertichnoje vremja*. Nauka, Moskva, 271 lpp. (in Russian)
- Sietinsone, L., 2006. Latvijas pilskalnu datubāzes izveide un telpiskā izvietojuma analīze ģeogrāfisko informāciju sistēmu vidē. *Grām. Latvijas universitātes raksti, Zemes un vides zinātnes. Pilskalni Latvijas ainavā*. LU, Rīga, 41. – 56. lpp.
- Shultz, S.S., Mozhajev, B.N., Mozhajeva V.G., Rukojatkin, A.A., Dolino-Dobrovolsky, A.V., Palicin, G.D., Ponomarev, E.V., 1963. *Sudomskaja vosvishennosts – geologo-geomorfologicheskij ocherk*. Izd. Akademiji Nauk SSSR, M. - L., 49.-52. lpp. (in Russian)
- Slater, G., 1929. Quaternary period. In: *Handbook of the Geology of Great Britain*. London, pp. 457-498, 503-510.
- Slaucītājs, L. 1934. Par Apukalna augstumu apgabala morfometriju un hidrogrāfiju. *Grām. Ģeogrāfiski raksti*; III un IV. Latvijas Ģeogrāfijas biedrība, Rīga, 115. - 165. lpp.
- Sleinis, I., 1936. Latvijas reljefs. *Grām.* Malta, N., Galenieks, P., (red.), *Latvijas zeme, daba un tauta, I. sēj.* Valters un Rapa, Rīga, 129. - 158. lpp.
- Sleinis, I., 1935. Vidzemes Centrālās augstienes morēnas. *Grām. Ģeogrāfiskie raksti, III un IV sēj.*. Latvijas Ģeogrāfijas biedrība, Rīga, 85. - 103. lpp.
- Soms, J., 2006. Regularities of gully erosion network development and spatial distribution in south-eastern Latvia. *Baltica* 19 (2), pp. 72-79.
- Springis, K., Konshin, G.I., Savvaitov, A.S., 1963. Data concerning pebble orientation and changes of the ice movement direction of the Valdaian glaciation. In: Danilans, I. (ed.), *Questions of Quaternary Geology*, II, Zinatne, Riga, pp. 35-43. (in Russian with English summary)
- Stalker, A.M., 1960. *Ice - pressed drift forms and associated deposits*. Geol. Surv. Canada., Bull. 57, p 38.
- Stinkule, A., 1977. Ģlhini. *Grām.* Stinkule, A. (otv. red.), *Minheralhnoje sirjo Latviji dlha promishlhennosti stroitelnhih materialov*. Zinātne, Rīga, 57. – 75. lpp.
- Straume, J., 1978. Sovremennij relhief Latviji. *Grām. Geologicheskoje strojenije i polheznije iskopajemije Latviji*. Zinātne, Rīga, 326.-329.; 359. - 364. lpp. (in Russian)
- Straume, J., Juškēvičs, V., Meirons, Z., 1976. Karta podchetvertichnoi poverhnosti Latvijskoi SSR. M 1:1 000 000. *Grām. Geologicheskoje strojenije i polheznije iskopajemije Latviji*. Zinātne, Rīga, XX pielikums. (in Russian)
- Straume, J., Juškēvičs, V., Meirons, Z., 1988. *Ģeomorfoloģiskā karte. Latvijas PSR atlants*. PSRS Ministru Padomes Ģeodēzijas un kartogrāfijas galvenā pārvalde, Maskava, 11. lpp.
- Strautnieks, I., 1988. *Austrumkursas augstienes glacigēnais reljefs un tā ģenēze*. Promocijas darba kopsavilkums. Latvijas Universitāte, Rīga, 55 lpp.
- Tatarnhikov, O.M., 1981. Nhekotorije osobennosti degradaciji Lovatskoi lopasti Valdaiskogo lednika na Bezanickoi vosvisennosti. *Grām. Isslhedovanhija pazvitija*

- skandinavskogo lednhikovogo pokrova na territoriji SSSR*. Kolhskiy filhial AN SSSR, Apatiti, 69 - 81. lpp. (in Russian)
- Tatarnhikov, O.M., 1981. Relhjeŕ i paleogeografija Pskovskoi oblasti. PGPU, Pskov, 128 s. (in Russian).
- Trenhaile, Alan S., 1990. *Geomorphology of Canada. An introduction*. Oxford University press, Toronto, 240 p.
- Vanaga, A., 1970. O morfologiji i nhektorih osobennostjah razvitija relhjeŕa Aluksnenskoj vozvishennosti. *Grām. Voprosi chetvertichnoj geologiji*, s. 4. Zinātne, Rīga, 77. - 94. lpp. (in Russian)
- Veinbergs, I., Krūkle, M., 1965. O genhezise holmistih i grjadovih form lhednikovogo relhjeŕa severnoy chasti Latgalhskoj vozvishennosti. *Grām. Basalikas, A., (red.) Krayevye obrazovaniya materikovikh oledeneniŕy*. Mintis, Viļņa, 73. - 88. lpp. (in Russian)
- Velichko, A.A., Faustova, M.A., Gribchenko, Y.N., Pisareva, V.V., Sudakova, N.G., 2004. Glaciations of the East European Plain- distribution and chronology. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L. (eds.), *Quaternary Glaciations – Extent and Chronology, Part I: Europe*. Elsevier, Amsterdam, pp. 337–354.
- Viiding, H., Gaigalas, A., Gudelis, V., Raukas, A., Tarvidas, R., 1971. *Crystalline indicator boulders in the East Baltic area*, Mintis, Vilnius, 95 pp. (in Russian).
- Zāns, V., 1935. Glaciālās skrambas un frikciŕas parādības Latvijas pamatiežos. *Grām.: Geogrāfiski raksti (Folia Geographica)*, V, 63-84 (with English summary).
- Zāns, V., 1936. Leduslaikmets un pēcleduslaikmets Latvijā. *Grām. Malta, N., Galenieks, P., (red.), Latvijas, zeme, daba un tauta, I*. Valters un Rapa, Rīga, 49. - 127. lpp.
- Zarrina, E.P., Krasnov, I.I., 1965. Problem of correlation of ice-marginal formations in the north-western European part of SSSR and adjoining foreign areas. In: Basalikas, A. (ed.), *Krayevye obrazovaniya materikovogo oledeneniŕa*, 5-21, Vilnius, Mintis (in Russian).
- Zavriyev, V.G. (ed.), *Materialy II Simpoziuma po istoriji ozyor Severo-Zapada SSSR (23-28 maya 1967)*, Minsk, 139. - 147. lpp (in Russian).
- Zelčs, V., 1987. Raznovidnosti glhaciadislokacij i ih relhjeŕoobrazujushchaja rolh v prede-lah glhaciodepressionnih nhizmennostei Latviji. T107-JIa88. LVU, Rīga. 35 lpp. (in Russian).
- Zelčs, V., Šteins, V., 1989. Latvijas daba un fiziogeogrāfiskie rajoni. *Zinātne un Tehnika*, Rīga, Nr. 7.
- Zelčs, V., 1992. The interlobate hilly area of Augstroze. In: *Glaciotectonic Processes, Sediments, Landforms And Their Influence on The Present Geoecological Situation. Guide Book of Baltic Regional Summer Field Meeting of Geologists and Geomorphologists. North and Central Vidzeme, Latvia*. University of Latvia, Rīga, pp. 5-13.
- Zelčs, V., 1993. *Glaciotectonic landforms of divergent type glaciodepressional lowlands*. Dissertation work synthesis. University of Latvia, Rīga, pp. 41-71
- Zelčs, V., 1995. Augstroze Interlobate High. In: Schirmer, W. (ed.), *INQUA 1995. Quaternary field trips in Central Europe. C-3 Baltic Traverse*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munchen, Germany. pp. 164-165.
- Zelcs, V., Dreimanis, A., 1997. Morphology, internal structure and genesis of the Burtņieks drumlin field. In: *Sedimentary Geology*, 111 (1-4), pp. 73-90.
- Zelčs V., 1997. Reljefs. *Grām. Latvijas Dabas Enciklopēdija, 4. sēj.* Rīga, Preses nams, 234. - 238. lpp.
- Zelčs V., Markots A., Dzelzītis J., 2003. Map of Late Weichselian directional ice-flow features of Latvia. Paper No. 24-12. Sesion No. 24. T10. Glaciogeological and geomorphological evidence of ancient ice streams and outlet glaciers. In: *Shaping the*

Earth: A Quaternary Perspective. The XVI INQUA Congress Programs with Abstracts. Reno, Nevada, 2003. p. 118.

Zelčš, V., Markots, A., 2004. Deglaciation History of Latvia. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L. (eds.), *Quaternary Glaciations – Extent and Chronology, Part I: Europe.* Elsevier, Amsterdam, pp. 225–243.

Zelčš, V., Markots, A., Nartišs M., Saks. T., 2010. Pleistocene glaciations in Latvia. In: Ehlers, J., Gibbard, P., Hughes, P. (eds.), *Quaternary Glaciations - Extent and Chronology. Part IV: A closer look.* Elsevier, 21 pp. (in preparation).

N e p u b l i c ģ ģ t i e m a t e r i ģ ģ l i

Ģeoloģiskās un hidroģeoloģiskās izpētes un kartēšanas rezultātu nepublicētie pārskati un atskaites

Aleksāns, O., Ginters, G., Vilcāns, J., Kozļinskis, S., Mazajeva, T., Seļivanovs, I., Stiebriņa, L., Šķiņķis, P., 1988. *Otchet o rezulhtatah kompleksnoi gidrogeologicheskoj i inženerno-geologicheskoj sjemki so sjemkoi četvertichnih otlozhenij masshtaba 1:50 000 dlha celhei melhiorativnogo stroitelstva v predelah listov O-35-90-A,B,V,G; O-35-91-A,B,V,G; O-35-92-A,V, (Alūksne) 1985.-1988. g.g.* Rīga, 1. grām. 164 lpp. (VĢF Inv. Nr. 10580) (in Russian)

Aleksāns, O., Ginters, G., Juškevičš, V., 1991. *Rezultati kompleksnoj gidrogeologicheskoj i inženerno-geologicheskoj sjemki M 1:50 000 so sjomkoi četvertichnih otlozenij M 1:50 000 dlja celei melioraciji v predelah listov O-35-127-A,B,V,G; O-35-128-A,B,V,G; O-35-129-A,V (Rezekne). Otchet gidromeliorativnogo otrjada 1988.-1991.gg.* Ģeoloģijas pārvalde, Rīga, 1. grām. 309 lpp. (VĢF Inv. Nr. 10840) (in Russian)

Bērziņš, K., 1955. *Otchet o detalhnoj razvedke Tumuzhskogo mestorozhdenija glin.* Latgiprogostroi. Rīga, 130 lpp. (VĢF Inv. Nr. 404) (in Russian)

Ginters, G., Aleksāns, O., Vilcāns, J., Degle, I., Deglis, A., Kozļinskis, S., Pogodina, S., Ruduka, I., Šķiņķis, P., 1986. *Otchet o kompleksnoi gidrogeologicheskoj i inženerno-geologicheskoj sjemke so sjemkoi četvertichnih otlozhenij masshtaba 1:50 000 dla celhei meliorativnogo stroitelstva v predelah listov O-35-102-A,B,V,G (Gulbene) 1983.-1986. g.g.* Rīga, 1. gr. 272 lpp. (VĢF Inv. Nr. 10335) (in Russian)

Ginters, G., Aleksāns, O., Vilcāns, J., Degle, I., Deglis, A., Pogodina, S., Ruduka, I., Šķiņķis, P., Markovs, V., 1985. *Otchet o kompleksnoi gidrogeologicheskoj i inženernogeologicheskoj sjemke so sjemkoi četvertichnih otlozhenij masshtaba 1:50 000 dlha celhei melhiorativnogo stroitelstva v predelah listov O-35-101-A,B,V,G (Jaunpiebalga) 1982.-1986. g.g.* Rīga, 325 lpp. (VĢF Inv. Nr. 10225) (in Russian)

Lazdāne, A., 1963. *Vidzemes Centrālās augstienes ģeomorfoloģiskš raksturojums.* Disertācija ģeogrāfijas zinātņu kandidāta grāda iegūšanai. R., 288 lpp.

Mironovs, G., 1973. Geomorfoloģiskš kartš. In: Mironovs G., Tracevskis G., Bendrupe L., Podgurskis V., Spudas G., Tracevska L., Straume J., Otchet o glubinnom doizuceniji territoriji lhista 0-35-XXVI (Cesis) Lhivanskš GSP, 1969 - 1973 g., Rīga 1 l, piel. Nr. 9. (LVĢM GF Nr.9200)

[Ramans, K., 1958.](#) *Vidzemes vidienas ģeogrāfisko ainavu tipoloģija (Latvijas PSR).* Disertācija ģeogrāfijas zinātņu kandidāta grāda iegūšanai. P. Stučkas Latvijas Valsts universitātes Ģeogrāfijas fakultāte. Rīga, 573 lpp.

Straume, J. 1973. Ģeomorfoloģiskš kartš. *Krāj.:* Mironovs, G., Tracevskis, G., Bendrupe, L., Podgurskis, V., Spudas, G., Tracevska, L., Straume, J., Juškevičš, V., Brijo H., *Otchet o glubinnom doizucheniji territoriji lista O-35_XXVI (Cesis). Lhivanskš GSP 1969-1973.* (VĢF Inv. Nr. 9200, 9. pielikums) (in Russian)

Uļģis, M., Ginters, G., Aleksāns, O., 1981. *Otchet o kompleksnoi gidrogeologicheskoj i inženerno-geologicheskoj sjemke so sjemkoi četvertichnih otlozhenij mashtaba 1:50 000 dlha celei mehiorativnogo stroitelstva na Vidzemeski vozvishennosti*. Rīga, 1. gr. 158 lpp. (VĢF Inv. Nr. 9811) (in Russian)

Uļģis, M., Ginters, G., Aleksāns, O., Stiebriņš, O., Deglis, A., Meirons, Z., Markovs, V., 1983. *Otchet o kompleksnoi gidrogeologicheskoj i inženerno-geologicheskoj sjemke so sjemkoi četvertichnih otlozenij mashtaba 1:50 000 dlha celei meliorativnogo stroitelstva v predelah listov O-35-139-A,B,V,G. Tom 1*. Rīga, 1. gr. 280 lpp. (VĢF Inv. Nr. 10035) (in Russian)

Kartogrāfiskais materiāls

LR Armijas štāba Ģeodēzijas un topogrāfijas daļas 1928. - 1932. g. izdotās topogrāfiskās kartes M 1:75 000 ar horizontāļu šķēluma augstumu 2 asis (4,267 m).

LR Armijas štāba Ģeodēzijas un topogrāfijas nodaļas 1928. - 1932. g. izdotās topogrāfiskās kartes M 1:25 000 ar horizontāļu šķēluma augstumu 4 m.

PSRS MP Ģeodēzijas un kartogrāfijas galvenās pārvaldes topogrāfiskās kartes M 1:50 000 (1942.g. koord. sistēma, horizontāļu šķēluma augstums 10 m; 1983. g. izdevums)

PSRS MP Ģeodēzijas un kartogrāfijas galvenās pārvaldes topogrāfiskās kartes M 1:25 000 (1963.g. koord. sistēma, horizontāļu šķēluma augstums 5 m; 1969. - 1979. g. izdevums pēc 1951. g. rekognoscijas datiem)

PSRS MP Ģeodēzijas un kartogrāfijas galvenās pārvaldes topogrāfiskās kartes M 1:10 000 (1963. g. koord. sistēma, horizontāļu šķēluma augstums 2 m; 1976. g. izdevums pēc 1971. g. rekognoscijas datiem)

PSRS MP Ģeodēzijas un kartogrāfijas galvenās pārvaldes topogrāfiskās kartes M 1:10 000 (1942. g. koord. sistēma, horizontāļu šķēluma augstums 2 m; 1976. g. izdevums pēc 1971. g. rekognoscijas datiem)

LU ĢZZF Karšu pārlūks

TOPO 10K PSRS. *Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba 42. un 63. gada sistēmas topogrāfisko karšu mozaīka mērogā 1:50 000*. LU ĢZZF WMS. Skatīts Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

TOPO 25K PSRS. *Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba 42. un 63. gada sistēmas topogrāfisko karšu mozaīkas mērogā 1:50 000*. LU ĢZZF WMS. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

TOPO 50K PSRS. *Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba 42. gada sistēmas topogrāfisko karšu mozaīka mērogā 1:50 000*. LU ĢZZF WMS. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

ORTOFOTO 3. *LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka*. LU ĢZZF WMS. Skatīts 01.01.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

SRTM, *Shuttle Radar Topographic Mission dati*. LU ĢZZF WMS. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

Cits

Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras (LĢIA) Karšu pārlūks. Pieejams <http://karte.lgia.gov.lv/kartes.html>



ISSN

ISBN