

Latvijas Universitātes
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Ģeogrāfijas nodaļa

**AEROLĀZERSKENĒŠANAS DATU IZMANTOŠANA LINEĀRĀS
EROZIJAS FORMU IDENTIFICĒŠANĀ UN TO ĢEOGRĀFISKĀ
IZVIETOJUMA ANALĪZĒ GAUJAS NACIONĀLĀ PARKA
TERITORIJĀ**

MAĢISTRA DARBS

Autore: Baiba Ciseļonoka
Matrikulas nr.: bc10004
Darba vadītājs: Dr. geol., doc. Juris Soms

Rīga 2015

SATURA RĀDĪTĀJS

SATURA RĀDĪTĀJS	2
ANOTĀCIJA	3
ANNOTATION	4
IEVADS	5
1.1. Lineārās erozijas veidotās reljefa formas, to veidošanās un tipoloģija	8
1.2. Gravu erozijas tīkla izvietojums un tā saistība ar teritorijas fiziski-ģeogrāfiskajiem apstākļiem.....	12
1.3. Aerolāzerskenēšanas pielietojums lineārās erozijas reljefa pētījumos pasaulē un Eiropā	13
1.4. Pārskats par iepriekšēji veiktajiem gravu erozijas reljefa pētījumiem Gaujas Nacionālā parka teritorijā.....	14
2. PĒTĪJUMU TERITORIJAS RAKSTUROJUMS	16
2.1. Gaujas Nacionālā parka teritorijā ietilpstošās Gaujas senielejas daļas raksturojums....	16
2.2. Gaujas senielejai piegulošā teritorija.....	18
2.2.1. Gaujas senielejai piegulošās teritorijas ģeogrāfiskais raksturojums.....	18
2.2.2. Gaujas senielejai piegulošās teritorijas ģeoloģiskās uzbūves iezīmes.....	18
3. MATERIĀLI UN METODES	22
3.1. Aerolāzerskenēšanas datu apstrāde un digitālo zemes virsmas modeļu sagatavošana 23	
3.2. Gravu erozijas tīklu aprakstošo datu ieguve no digitālajiem augstuma modeļiem	24
3.3. ĢIS vidē identificētā gravu erozijas tīkla datu precizitātes pārbaude	36
3.4. Lineārās erozijas formu ģeogrāfiskā izvietojuma analīze ar ĢIS programmatūru.....	38
3.5. Kartogrāfiskā materiāla analīze etalonteritoriju noteikšanai lauka pētījumiem	39
3.6. Ģeomorfoloģiskie lauka pētījumi	39
3.7. Kartogrāfiskā materiāla salīdzināšana ar aerolāzerskenēšanas un lauka pētījumu datiem.	41
4. REZULTĀTI	43
4.1. GPS uzmērīšanas, aerolāzerskenēšanas un lielmēroga topogrāfiskā materiāla salīdzināšanas rezultāti	43
4.2. Gaujas Nacionālā parka gravu tipoloģija un morfometrisko parametru raksturojums..	46
4.3. Gravu erozijas tīkls un tā ģeogrāfiskais izvietojums	54
DISKUSIJA	60
SECINĀJUMI	63
PATEICĪBAS	64
LITERATŪRAS SARAKSTS	65
PIELIKUMS	70

ANOTĀCIJA

Maģistra darba tēma ir aerolāzerskenēšanas datu izmantošana lineārā erozijas tīkla identificēšanā un ģeogrāfiskā izvietojuma analīzē Gaujas Nacionālā parka teritorijā. Darba mērķis ir veikt lineārās erozijas formu identificēšanu un to ģeogrāfiskā izvietojuma analīzi Gaujas Nacionālā parka teritorijā, izmantojot aerolāzerskenēšanas datus un to apstrādes iespējas ĢIS vidē. Darba pirmajā nodaļā sniegts literatūras ieskats par gravu eroziju tipiem un to veidošanos. Otrā nodaļā apkopota literatūra par pētījuma teritoriju. Trešajā nodaļā izklāstītas metodes, bet ceturtajā nodaļā apkopoti rezultāti.

Analizējot aerolāzerskenēšanas datu analīzi iegūtie rezultāti parāda, ka gravu blīvums Gaujas Nacionālā parka teritorijā ir daudz lielāks, nekā pirms tam tika uzskatīts. Arī izskaitļojot gravu tīkla elementu sistemātiku pēc zarošanās pakāpes, maksimālā pakāpe sasniedz sesto klasi, kas ir ļoti augsts rādītājs.

Atslēgas vārdi: gravas, lineārā erozija, aerolāzerskenēšana, gravu blīvums, zarošanās pakāpe.

ANNOTATION

The theme of masters thesis is application of airborne laser scanning data for identification of linear erosion landforms and analysis of geographic distribution Gauja National park. The objects of master thesis is to identificate linear erosion landforms and analyze geographical distribution in Gauja national park, using airborne laser scanning data and processing capabilities of GIS environment. In first chapter of master thesis are described the types of gully erosion and their formation. The second chapter summarizes the literature of the study area. The third chapter set out the methodology, but the fourth chapter summarizes the results.

Analysing the airborne laser scanning data, results show that, the density of gullies in Gauja National park is much greater than previously thought. Also calculation elements systematic of ravine network after branching grades, the maximum reaches sixth grade class, which is a very high indicator.

Key words: gullies, linear erosion, airborne laser scanning, density of gullies, branching grades.

IEVADS

Gravu erozijas veidotā reljefa formām, to attīstību un ģeogrāfisko izvietojumu noteicošo faktoru noskaidrošanai pēdējās desmitgadēs tiek veltīts arvien vairāk zinātnisku un lietišķu pētījumu, uz ko norāda pieaugošais publicēto zinātnisko rakstu, pārskatu un monogrāfiju skaits (Poesen *et al.*, 2003; Valentin *et al.*, 2005; Dotterweich *et al.*, 2013). Tas saistīts pirmkārt ar faktu, ka gravu veidošanās un tālāka attīstība nosaka tādus procesus kā intensīva augsnes erozija un saimnieciski izmantojamo zemes platību samazināšanās, tādējādi daudzās valstīs ūdens izraisītā lineārā erozija tiek ierindota vides problēmu lokā (Valentin *et al.*, 2005). Jāatzīmē, ka lineārās erozijas norises negatīvās sekas izpaužas ne tikai gravu sateces baseinos, bet šo procesu rezultātā hipsometriski zemāk novietotajās teritorijās, arī uztverošajās ūdenstilpēs un ūdenstecēs nonāk augsnes izskalošanas un erozijas produkti, pastiprinās sedimentācijas un eutrofikācijas procesi un norisinās piesārņojošu vielu pieplūde (Quilbé *et al.*, 2006, Rickson, 2014). Otrkārt šie jautājumi aktualizējas saistībā ar nepieciešamību zinātniski izvērtēt gravu veidošanās cēloņus, likumsakarības un potenciālos turpmākās norises scenārijus klimata globālo izmaiņu kontekstā (Poesen *et al.*, 2003), t.sk. izvērtēt gravu erozijas atjaunošanās risku jau esošajās erozijas formās, kādas daudzviet ir sastopamas Eiropā un arī Latvijā.

Lielā mērā impulsu lineārās erozijas formu pētījumu dažādu aspektu aktualizēšanai ir devusi arī mūsdienu pētījumu metožu, tajā skaitā informācijas tehnoloģiju un tālizpētes metožu iespēju izmantošana dabas ģeogrāfijas un erozijas reljefa pētījumos (James *et al.*, 2007; Cho and Slatton 2007; Baruch and Sagi, 2011; Shruthi *et al.*, 2014).

Arī Latvijā pēdējos gados gravu morfoloģijas, veidošanās un erozijas tīkla izvietojuma jautājumiem tiek veltīti plašāki pētījumi (Soms 2010; Krišāns 2011). Sevišķi interesants šādu pētījumu veikšanai ir Gaujas Nacionālā parka teritorijā esošais gravu tīkls, kas ir saistīts ar Gaujas senielejas nogāzēm, jo saskaņā ar publicētajos avotos norādītajiem datiem gravu tīkla blīvums minētajā teritorijā ir vislielākais Latvijā un tā vērtības sasniedz 2 līdz 2,4 km·km⁻² (Āboltiņš, 1971, citēts no Krišāns, 2011). Kopumā par Gaujas Nacionālajā parkā esošajām gravām un ar tām saistītajiem procesiem ir veikti daudzi pētījumi. Tomēr nepieciešams atzīmēt, ka daudzos gadījumos tie ir veikti pagājušā gadsimta 70.-jos un 80.jos gados (piemēram, Venska, 1982; Saltupe, 1982; Vanaga, 1986) un bieži vien lineārās erozijas formu identificēšanā un to ģeogrāfiskā izvietojuma analīzē ir izmantotas topogrāfiskās kartes. Taču zinātniskajā literatūrā ir norādīts, ka teritorijās, kuras sedz meža veģetācija, negatīvo reljefa formu identificēšana no kartogrāfiskā materiāla var būt neprecīza (James *et al.*, 2007, James and Hunt, 2010). Tas, ka agrākajos pētījumos publicētie rezultāti var ievērojami atšķirties no

faktiskās situācijas dabā, t.i. – gravu erozijas tīkls ir ievērojami komplicētāks, apliecina arī Latvijā pēdējos gados iegūtie dati, (Krišāns, 2011).

Ņemot vērā iepriekšēji norādīto, tēmas izvēles pamatojums un aktualitāte maģistra darba izstrādei ir saistīta ar nepieciešamību atkārtoti veikt jaunākus pētījumus, kas balstīti uz mūsdienās pieejamo tālzipētes metožu, konkrēti – uz aerolāzerskenēšanas datu izmantošanu digitālo zemes virsmas modeļu izveidošanai ģeogrāfisko informācijas sistēmu vidē un gravu tīkla analīzei uz to pamata. Datu ieguve notiek ar skeneri, kas izmanto LiDAR metodi (angl. *Light Detection and Ranging*). Šāda pieeja ir metodiski pamatota, jo, tālzipētes un lāzerskenēšanas datu (James *et al.*, 2007; Alatorre and Beguería, 2009; Eustace *et al.*, 2009; Baruch and Sagi, 2011) izmantošana gravu reljefa identifikācijai un pētījumiem tiek plaši pielietota citās pasaules valstīs. Turklāt ir jāizvērtē aerolāzerskenēšanas datu izmantošanas iespējas atsevišķu formu morfoloģijas un tipoloģijas pētījumos, salīdzinot tālzipētes datu apstrādes gaitā iegūtos rezultātus ar lauka pētījumu datiem.

Maģistra darba mērķis ir veikt lineārās erozijas formu identificēšanu un to ģeogrāfiskā izvietojuma analīzi Gaujas Nacionālā parka teritorijā, šim nolūkam izmantojot aerolāzerskenēšanas datus un to apstrādes iespējas ĢIS vidē.

Maģistra darba uzdevumi ir

- 1) Apkopot pieejamo publicēto un npublicēto literatūru par lineārās erozijas formām, to veidošanos, gravu tipiem un saistību ar teritorijas fiziski-ģeogrāfiskajiem apstākļiem.
- 2) Veikt pieejamo publicēto un npublicēto literatūras avotu analīzi par pētījumu teritoriju un lineārās erozijas tīklu Gaujas Nacionālajā parkā.
- 3) Noskaidrot erozijas veidojumu identificēšanas un to raksturlielumu izpētes metodes, kas balstītas uz aerolāzerskenēšanas datu dešifrēšanu un analīzi ģeogrāfisko informācijas sistēmu vidē, izvērtēt atšķirīgu metožu piemērotību un pielietojuma iespējas Gaujas senielejas gravu reljefa pētījumiem un uz izvērtējuma pamata izvēlēties noteiktas metodes turpmākajam darbam.
- 4) Pētāmās teritorijas lielmēroga kartogrāfiskā materiāla studijas, lai noskaidrotu esošo lineārās erozijas formu ģeogrāfisko lokalizāciju Gaujas Nacionālajā parkā.
- 5) Izmantojot aerolāzerskenēšanas datus, sagatavot gravu erozijas tīkla izplatības areālu digitālos zemes virsmas modeļus un veikt gravu erozijas procesā veidotā reljefa ģeomorfoloģisko izpēti kamerālos apstākļos.
- 6) Lai nodrošinātu kamerāli iegūto rezultātu pārbaudi, veikt atsevišķu gravu erozijas formu morfometrijas un morfoloģijas lauka pētījumus izvēlētajās etalonteritorijās.

- 7) Pamatojoties uz pētījumu datiem, novērtēt gravu erozijas procesos veidotā reljefa ģeogrāfiskā izvietojuma apveidu un raksturlielumus, sagatavot atbilstošo digitāla formāta kartogrāfisko materiālu.

Maģistra darbs satur 36 attēlus, 1 pielikumu, 1 tabulu un tajā apkopoti 80 literatūras avoti.

Tā kopējais apjoms bez pielikumiem ir 69 lapaspuses.

1. TEORĒTISKAIS PAMATOJUMS

1.1. Lineārās erozijas veidotās reljefa formas, to veidošanās un tipoloģija

Gravu erozija mūsdienās ir ļoti būtisks ģeomorfoloģisks un eksodinamisks process, kurš pārveidojot zemes virsmu, negatīvi ietekmē cilvēka saimniecisko darbību. Tieši cilvēka iejaukšanās un dabas kompleksu pārveidošana saimnieciskās darbības rezultātā veicina lineārās erozijas intensitāti, kas izjauc jau izveidojušos dabisko erozijas/akumulācijas līdzsvaru visos hidrogrāfiskā tīkla posmos, (Harvey et al., 1985; Miller et al., 2003). Paātrināta augšņu noskalošana un gravu attīstība nosaka drupu materiāla ievērojamu apjomu nokļūšanu upju palienēs un gultnēs. Tā jau V. Lohtins 1897. gadā atzīmēja (Lokhtin, 1897 citēts Soms, 2010), ka viens no galvenajiem upes transportētās cietās noteces avotiem ir nevis krastu un gultnes izskalošana, bet augšņu erozijas produkti, kuri no ūdensguves baseina virsmas tiek attransportēti ar bezgultnes plūsmu un gravu starpniecību (Soms, 2010).

Gravu darbība galvenokārt izpaužas, kā īslaicīga gultnes ūdens plūsmu izraisītu negatīvu lineāru reljefa formu veidošanās un attīstības process. Periodiskās ūdens plūsmas darbojas lietusegāžu un sniega kušanas laikā, kad intensīvas noteces apstākļos nogāžu virsa tiek pārklāta ar ūdens kārtiņu, kas sastāv no daudzām sīkām straumītēm. Plūstot lejup, tās izskalo un aizrauj sev līdzī sīkākās augsnes un iežu daļiņas. Izšķir divus īslaicīgo ūdens plūsmu ārdošās darbības veidus – plaknes (laukumveida) un lineāro eroziju. Lineāras erozijas gadījumā tiek veidotas dažāda dziļuma skaidri izteiktas gultnes, kas orientētas ūdens plūsmas tecēšanas virzienā. Tā kā ūdens plūsma šajās gultnēs nav patstāvīga, tad gultnes ir nelīdzenas un tām nav izveidojies vienmērīgs garenprofila kritums. Spēcīga periodisko lineāro ūdens plūsmu darbība labvēlīgos apstākļos izraisa gravu veidošanos, (Maldavs, 1981).

Jau 1877. gadā terminu "lineāras reljefa formas" aprakstīja V. Dokučajevs un to vēlākajos pētījumos bieži uzsvēruši arī citi zinātnieki (piemēram, Horton, 1945; Kosov, 1984, citēts no Soma, 2010; Leopold *et al.*, 1995; Knighton, 1998; Poesen *et al.*, 2003), gravu eroziju apskata kā vienu no fluviālo reljefu veidojošo procesu ķēdes posmiem. Gravu, kas ir lineārās erozijas forma, raksturo gultnes slīpums, kas pārsniedz augstāk novietotā ūdensguves baseina teritorijas virsas vidējo slīpumu, un nogāzē iegrauzta gultne (Zorina, 2006, citēts no Soms, 2010). Jo nogāze ir stāvāka, jo lielāks ir ātrums un līdz ar to lielāks ūdens dzīvais spēks. Lēzenās nogāzēs lejup plūstošais ūdens aiznes sev līdzī tikai iežu smalkākās frakcijas, izskalo augsnes auglīgās sastāvdaļas un veido reljefā nelielas vadziņas, radot raksturīgas nanoforamas un mikroformas uz nogāžu virsas, (Maldavs, 1981). Grava zināmā mērā ir transporta "kanāls", pa kuru tiek pārvietots gan no ūdensguves baseina virsmas noskalotais (Poesen *et al.*, 2003),

gan gravas gultnē un nogāzēs izskalotais drupu materiāls (Soms and Gruberts, 2008). Tāpēc grava vienlaicīgi ir ne tikai transporta kanāls tajā nonākušajam drupu materiālam, bet vienlaicīgi arī forma, kuras attīstības gaitā pieaug tās lejteces virzienā pārvietojamā materiāla daudzums (Soms, 2010).

Ilgstošas attīstības gaitā gravas sasniedz tādu gultnes garumu, kurā erozijas procesus nomaina akumulācija, tāpēc gravas uzskatāmas ne tikai par transporta "kanāliem" dezintegrētajam drupu materiālam, bet arī par "buferzonām", kas uztver daļu ūdens plūsmu nestā materiāla un pasargā augstākas pakāpes hidrogrāfiskā tīkla posmus no intensīvas sanešu pieplūdes (Smith and Dragovich, 2008).

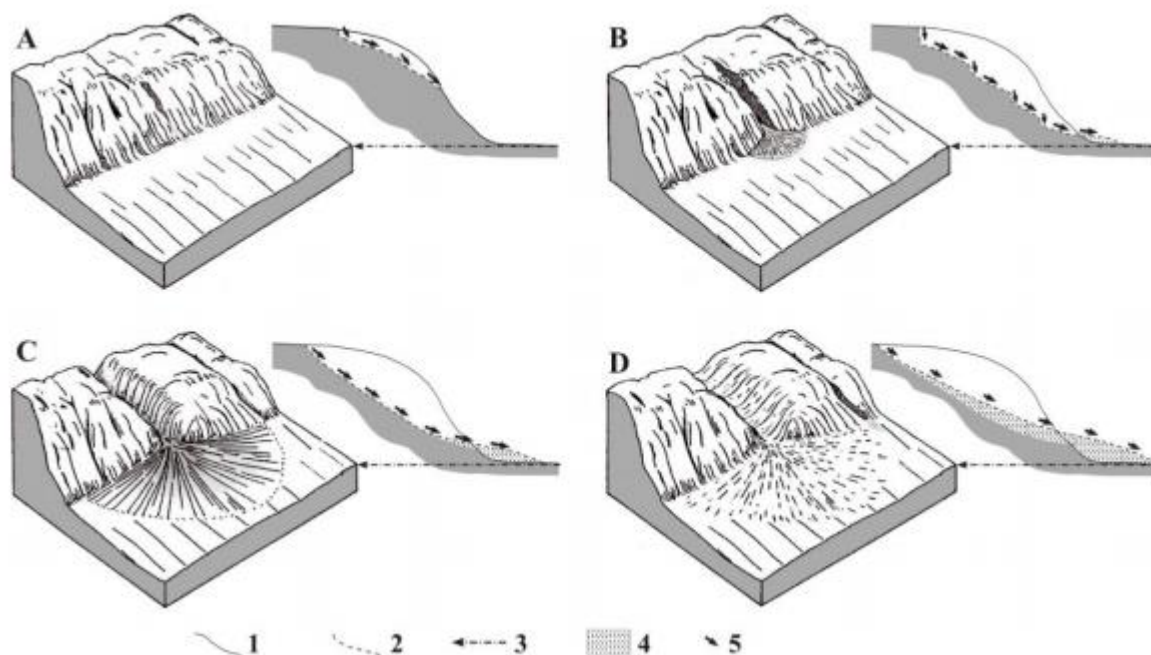
Attiecībā uz lineārās erozijas formu aprakstošo terminoloģiju jāatzīmē, ka neskatoties uz ilgstošiem pētījumiem šajā jomā, starptautiski akceptēta vienota viedokļa, respektīvi, definīcijas, jautājumam par to, kas ir grava, pagaidām nav (Soms, 2010).

Neņemot vērā to, ka gravu veidošanos klimatiski atšķirīgos ģeogrāfiskajos reģionos izraisa dažādi dabiskie un antropogēnie faktori vai šo faktoru mijiedarbība, tomēr visām šīm lineārās erozijas formām to turpmākajā attīstība ir raksturīga kopēja ģeomorfoloģiskā likumsakarība, proti, virzība uz Dž. Haka definēto (1975) dinamiskā līdzsvara stāvokli ainavīdē. No tā izriet, ka gravas laiktelpiskā griezumā evolucionē tāpat kā citas morfoskulpturālās reljefa formas un to attīstībā var izdalīt stadijas (Harvey *et al.*, 1985).

Neskatoties uz gravu attīstības stadialitātes koncepcijas atzīšanu kopumā, pieeja gravu attīstības stadiju izdalīšanā pasaules zinātnieku saimē ir atšķirīga. Daudzi fluviālās erozijas pētnieki Rietumeiropā un Ziemeļamerikā parasti izdala divas stadijas – iegraušānās stadiju un aizpildīšanās stadiju (Ireland *et al.*, 1939; Poesen *et al.*, 2003; Istanbuluoğlu *et al.*, 2003), šim viedoklim pievienojas arī viens no vadošajiem gravu erozijas pētniekiem Krievijā A.Sidorčuks (1999). Savukārt, Kosovs (1984) pieturās pie gravu erozijas pētījumu pamatlicēja V. Dokučajeva (1877) aprakstītajai lineārās erozijas norisei, gravu veidošanās un attīstības procesā izdala četrus posmus – sākotnējās iegraušānās stadiju, aktīvo stadiju, erozijas stabilizācijas stadiju un atmiršanas stadiju. Starp šīm divām viedokļu grupām nepastāv pretrunas vai kardinālas nesaskaņas, proti, atšķirība ir procesa apraksta detalizācijas pakāpē. Izdalot tikai divas gravu attīstības stadijas faktiski sākotnējās iegraušānās stadija un aktīvā stadija tiek apvienotas vienā, t.i. iegraušānās stadijā, savukārt nākamās divas stadijas - erozijas stabilizācijas stadija un atmiršanas stadija tiek apvienotas aizpildīšanās stadijā, (Sidorchuk, 1999).

Tomēr no ģeomorfoloģiskā viedokļa, ņemot vērā dažādām attīstības stadijām raksturīgās gravu morfoloģijas un morfometrijas atšķirības, kuras viegli konstatēt lauka pētījumos (Kosov and Nikolskaya, 1984, citēts pēc Soma, 2010), korektāk tomēr pieturēties

erozijas procesa iedalījumam četrās stadijās (1.1.1. attēls) – sākotnējā stadijā, aktīvajā stadijā, erozijas stabilizācijas jeb aprimšanas stadijā un atmiršanas stadijā, (Soms, 2010).



1.1.1. attēls. Gravās secīga attīstība, pēc Maldavs, 1981 un Ahnert, 1998 un Soma, 2010 papildinājumiem. A = sākotnējā stadija; B = aktīvā stadija; C = erozijas stabilizācijas jeb aprimšanas stadija; D = atmiršanas stadija. 1 = nogāzes garenprofils; 2 = gravas gultnes garenprofils; 3 = vietējais erozijas bāzes līmenis; 4 = proluviālie nogulumi un to veidots iznesu kons; 5 = ūdens plūsmu virziens.

Sākotnējā stadijā atmosfēras nokrišņu, sniega kušanas ūdeņu, retāk pazemes ūdeņu plūsmas nogāzes krituma virzienā izskalo nelielu, dažus cm vai dažus desmitus cm dziļu (līdz 0,5 m), taisnvirziena vai vāji līkumotu izskalojuma vagu, kas nerasniedz nogāzes pakāji. Erozijai labvēlīgos apstākļos izskalojuma vagai padziļinoties un pārsniedzot 0,5 m dziļumu, tā pārvēršas nelielā gravā, kuras augštece vēl nešķeļ nogāzes kroti (1.1.1. A un 1.1.2. attēls A). Gravai attīstoties kohezīvā materiālā, šajā stadijā tai ir raksturīgs - kastes veida vai trapecveida šķērsprofils, bet irdenā materiālā – V-veida šķērsprofils, gravai ir izliekts garenprofils, kas visumā atkārto nogāzes profilu un tās gultnes garums ir līdz 50% no nogāzes garuma (Soms, 2010).

Aktīvajā stadijā ūdens plūsmu izskalojošās darbības rezultātā nelielā grava padziļinās un pagarinās gan pa nogāzi uz leju, gan arī regresīvās erozijas ceļā pagarinās pa nogāzi uz augšu līdz augšējai nogāzes krotei, šķērso to un iesniedzas nogāzei pieguļošajā teritorijā. Gravai kļūstot garākai, veidojas arī sānu atzarojumi, dažviet ar stāvām brūkošām kraujām, gravas garenprofils veido izliektu līkni ar kāplēm un ir maz saistīts ar nogāzes profilu. Gravās

gultnes garums sasniedz vai pārsniedz nogāzes garumu, tās šķērsprofils ir - veida (kastes veida), trapecveida vai V-veida, nogāzes subvertikālas vai stāvas, bez velēnu segas ar krasi izteiktu kroti; gravas lejas daļā veidojas erodētā materiāla (prolūvija) iznesu konuss. Gravas ieagraušānās dziļumā turpinās, līdz tā sasniedz erozijas bāzes līmeni - uztverošās upes, ezera vai vecgravas ievalka līmeni, vai arī nogāzes pakāji (1.1.1. B un 1.1.2. attēls B) (Soms, 2010).

Erozijas stabilizācijas jeb apīmšanas stadijā gravā dziļumerozijas procesus pakāpeniski nomaina sānu erozija. Krastu izskalošana aktivizē nogāžu procesus - noslīdeņus, noplūdeņus, nobrukumus, soliflukciju, kas savukārt izraisa gravas šķērsprofila paplašināšanos. Gravas augšteces daļā šķērsprofils vēl ir V-veida, bet vidusdaļā un lejteces daļā tas iegūst lēzenāku trapecveida vai U-veida formu. Nogāzēm kļūstot lēzenākām, uz tām sāk veidoties veģētācijas sega un noapaļojas krote. Prolūvijs sāk izgulsnēties arī gravas gultnē, garenprofils pakāpeniski iegūst ieliektas līknes formu (1.1.1. C un 1.1.2. attēls C) , (Soms, 2010).

Atmiršanas stadijā gravas garenprofils sasniedz līdzsvara stāvokli un gultni pakāpeniski aizpilda prolūvijs un no nogāzēm noskalotais delūvijs. Nogāzes kļūst vēl lēzenākas un izlīdzinātākas, pamazām apaug ar lakstaugiem, krūmiem un kokiem, krotas noapaļojas, šķērsprofils visā gravas garumā iegūst lēzenu U-veida vai trapecveida formu (1.1.1. D un 1.1.2. attēls D). Šādas aizaugušas gravas, kuru gultne ir aizpildīta ar proluviālajiem nogulumiem, sauc par vecgravām jeb balkām. Atsevišķos gadījumos, kad gravas veidojušās jau ledus laikmeta beigu posmā, īslaicīgu, intensīvu ledājkūšanas ūdeņu straumju erodējošās darbības ietekmē, bet vecgravas attīstības stadiju sasniegušas holocēnā, autors, pēc analogijas ar terminu „senieleja”, ierosina šādu formu apzīmēšanai lietot terminu „sengrava” (Soms, 2010).

Pēc atmiršanas, pateicoties erozijas procesu norisei vecgrāvju sateces baseinos un erozijas produktu pārnesei uz vecgravām ar īslaicīgu ūdens plūsmu starpniecību, ģeoloģiskajā laikā turpinās nogulumu akumulācija, līdz vecgravas tiek gandrīz pilnīgi aizpildītas un pārvēršas par ļoti vāji izteiktiem reljefa elementiem (Harvey *et al.*, 1985; Vanwalleghem *et al.*, 2005). Tomēr, kā to vēl 19. gs. ir atzīmējis fluviālās erozijas ģenētiskās rindas „izskalojuma vaga – grava – vecgrava – ieļeja” koncepcijas pamatlicējs V. Dokučajevs (1878) – citēts pēc Soma, 2010, noteiktos apstākļos, aktivizējoties erozijai jau atmirušās formās, vecgravas var transformēties par ieļejām, (Soms, 2010).



1.1.2. attēls. Gravu erozijas reljefa formas dažādās attīstības stadijās. A = gravas veidošanās pēc lietusgāzes, Jaunborne; B = gravas aktīva iegraušanos apstrādātā nogāzē, Dvietes pagasts; C = erozijas procesu apstāšanās un veģetācijas segas izveidošanās gravas nogāzē, Adamova, Krāslava; D = vecgrava ar aizpildītu gultni un pilnīgi izveidojušos velēnu segu, Raščina, Naujenes pagasts. Foto J. Soms.

1.2. Gravu erozijas tīkla izvietojums un tā saistība ar teritorijas fiziski-ģeogrāfiskajiem apstākļiem

Gravu veidošanās un attīstība ir sarežģīts ģeoloģisks un eksogēns process, kas visos gadījumos ir saistīts ar zemes virsmas un dziļāk esošo iežu izskalošanu īslaicīgu sniega kušanas un lietus ūdeņu plūsmu vai nelielu pastāvīgu pazemes ūdeņu plūsmu iedarbībā. Gravu erozijas iniciāciju nosaka vesela virkne faktoru, taču galvenā loma gravu rašanās un attīstības procesā ir gultnes ūdens plūsmu darbībai, kas pilda trīs funkcijas:

- 1) iežu dezintegrēšana gultnē dziļumerozijas un sānu erozijas rezultātā un kā sekas tam gravas padziļināšanās, pagarināšanās (regresīvā erozija) un gultnes paplašināšanās;
- 2) gravitācijas izraisītu procesu stimulēšana gravas nogāzēs un virsotnē uz dziļumerozijas, sānu erozijas, gravas pagarināšanās un paplašināšanās rēķina;
- 3) erozijas un nogāžu procesu dezintegrētā drupu materiāla iznešana no gravas, kā rezultātā pieaug gravas tilpums, (Kosov, 1984).

Nogāžu un pieguļošās teritorijas apaugums nav dominējošais faktors, bet arī tas dod savu pienesumu gravas attīstībā. Daudz svarīgāks faktors ir gravas profils un nogāzes stāvums. Arī nokrišņu pienesumu var uzskatīt par pietiekoši nopietnu faktoru, (El Khalili *et al.*, 2013). Tomēr dominējošā loma gravas attīstībā pieder erozijas procesiem, taču, līdztekus erozijai, nozīmīgi ir arī tādi eksogēnie ģeoloģiskie procesi kā noslīdeņi, plūdeņi, nobrukumi, sufozija un soliflukcija (Robinson *et al.*, 2000; Poesen *et al.*, 2003). Vienlaicīgi gravās un it sevišķi to lejteces daļās norisinās arī akumulācijas procesi (Kosov, 1984; Sidorchuk, 1999). Viens no vissvarīgākajiem faktoriem vienlaidus erozijas procesos ir nogāžu slīpums, jo stāvāka nogāze, jo lielāks ir ūdens tecēšanas ātrums un tā spēks transportēt materiālu, (Maldavs, 1981).

Apskatot pētījuma teritorijas fizioģeogrāfiskos un ģeoloģiskos aspektus – jāuzsver, ka Gaujas senieleja un tai pieguļošā teritorija izceļas ar ģeoloģisko apstākļu un dabiskās vides nestabilitāti, ko apraksta Latvijas ģeoloģiskās kartes paskaidrojošajā tekstā. Stāvais artikulētais reljefs ar lielajām relatīvā augstuma starpībām, bet no otras puses – ģeoloģiskās uzbūves īpatnības. Galvenās dabiskās vides izmaiņas ir saistītas ar ūdeņu darbību. Gaujas ieleja drenē ne tikai virszemes ūdeņus un gruntsūdeņus, bet daļēji arī Gaujas un Amatas ūdens horizontus. Daudzi avoti un strauti ielejas nogāzēs veicina jaunu gravu veidošanos un esošo padziļināšanos, alu un plaisu izskalošanu smilšakmeņos, to iebrukšanu, noslīdeņu un nobrukumu rašanos senielejas nogāzēs. Virszemes ūdeņu darbība spilgti izpaužas aktīvā sānu un dziļuma erozijā, ko pavada Gaujas gultnes pārvietošanās, krastu noskalošanās un nobrukšana, vietām arī pastiprināta gravu veidošanos. Šos procesus vēl vairāk pastiprina tehnoloģiskā slodze, (Latvijas ģeoloģiskā karte, 2000).

Ne tikai pamatieži un to stiprība ir noteicošie gravu veidošanās sākumam – kā savā pētījumā apraksta Okoyeh *et al.* (2014) svarīgi ir arī kādi ieži veido virsmas kārtu – ja dominē slikti cementētu smilšu materiāla nogulumu ar ļoti mazu organisko daļiņu saturu, tos ir viegli izkustināt un spēcīgi nokrišņi tajos var radīt gravas vai zemes nogrūzumus (Okeyen *et al.*, 2014).

1.3. Aerolāzerskenēšanas pielietojums lineārās erozijas reljefa pētījumos pasaulē un Eiropā

Aerolāzerskenēšana nodrošina augstas izšķirtspējas topogrāfisko informāciju, kas var veikt precīzu zemes virsmas attēlojumu (Ackerman, 1999; Kraus un Pfeifer, 2001; Briese, 2004). Šīs tehnoloģijas vērtīgā īpašība ir daudzās priekšrocības salīdzinājumā ar tradicionālo topogrāfisko uzmērīšanas paņēmienu, kā arī iespēja iegūt augstas izšķirtspējas datus. Ar šo metodi tiek iegūti digitāli augstuma modeļi no zemes virsmas, jo raidītie signāli tiek filtrēti

cauri veģetācijas slānim. Izmantojot šos datus iespējams iegūt noderīgu informāciju par nogāžu slīpumu, drenāžas blīvumu un citus parametrus. Šie parametri ir tikai daži, kas atspoguļo lielās iespējas, kādas var izmantot pētījumos daudzās nozarēs – topogrāfijā, hidroloģijā, ekoloģijā, ainavu modelēšanā, ģeomorfoloģijā un citās. Pētījumi ir pierādījuši, ka šāda veida dati lieliski noder reljefa ziņā koplicētu reģionu pētīšanai. Tie atspoguļo nogāzes morfoloģiju, un palīdz konstatēt dažādas norises, kas attīstās uz nogāzes, raupjuma indeksu, veikt nogāžu procesu analīzi u.c. Tarolli and Tarboton (2006) izmantoja aerolāzerskenēšanas datus, lai modelēto nogāžu noslīdeņus, Storesund and Minear (2006) analizēja upju ģeomorfoloģiju un materiāla nogulsnešanos. James et al. (2007) parādīja iespējas, ko sniedz dati tos izmantojot lineāro erozijas formu identificēšanā un kartēšanā, kā arī sateces ievalku tematisko slāņu ģenerēšanai teritorijās pat zem biezas koka lapotnes Vianello *et al.*, (2009) salīdzināja digitālos zemes virsmas modeļus ar dažādu izšķirtspēju, lai iegūtu kanālu slīpumu Alpos. Popit *et al.* (2014) veica uz aerolāzerskenēšanas datiem balstītu aizu ģeomorfoloģisko izpēti Slovēnijā esošajai Vipavas ielejai.

1.4. Pārskats par iepriekšēji veiktajiem gravu erozijas reljefa pētījumiem Gaujas Nacionālā parka teritorijā

Gaujas Nacionālā parka teritorijā esošais lineārās erozijas tīkls jau sen piesaistījis pētnieku uzmanību. Gaujas senielejas nogāžu raksturs un īpaši izvērsta gravu tīkls Siguldas posmā (no Braslas ietekas līdz Lorupei) saistījis vairāku ģeogrāfu un ģeologu uzmanību. Jau 20. gs 30tajos gados, apkopojot pētījumus par Latvijas reljefu, zinātniskajā literatūrā tiek sniegtas ziņas par gravām un to veidošanos Gaujas krastos (Sleinis, 1936; Ašmanis, 1937).

Pirmais gravu tīkla blīvumu, analizējot reljefa saposmojumu minētajā posmā, aprēķinājis K. Ramans (1975). Skaitlis, kas sasniedz 2,5 km uz 1 km², izrādījās vislielākais Latvijas teritorijai. Vēlāk līdzīga rakstura aprēķinus par senielejas kreisā krasta nogāzes zonu un piegulošo līdzenuma joslu veikusi arī B. Saltupe un ģeologi GNP kartēšanas laikā, bet šie rezultāti nav publicēti. Plašāka informācija par lineārās erozijas formām ir atrodama O. Āboltiņa (1971, citēts Krišjāns, 2011) monogrāfijā, kurā, līdztekus pētījumu rezultātiem par Gaujas senielejas ģeoloģisko uzbūvi, morfoloģiju un paleoģeogrāfisko attīstību, tiek izdalīta, tā saucamā, Piegaujas erozijas reljefa josla, kurā gravu tīkla biežums, saskaņā ar monogrāfijas autora pausto viedokli, ir vislielākais Latvijā un sasniedz vērtības 2 līdz 2,4 km·km².

Vēlāk arī citi pētnieki apraksta GNP esošo lineārās erozijas tīklu, bet dodot jau sīkāku informācija par gravu eroziju Gaujas senielejā un tai piegulošajā teritorijā kā mūsdienu eksogēno procesu veidojumu (Venska, 1982). Saltupe (1982) pēta gravu veidošanās vecumu,

bet Vanaga (1986) gravu morfometriju un veidošanos ietekmējošajiem faktoriem. Tieši A. Vanagas 1986. gadā publicētajā rakstā atrodami topogrāfisko un morfoloģisko pētījumu rezultāti par Ratnieku apkārtnē esošās gravas izpēti.

Pēdējos gados Gaujas senieleju pavadošo erozijas reljefa joslu liela mēroga topogrāfiskajā kartē, ievērojot teritorijas ģeoloģiskās uzbūves un reljefa specifiku, analizējis J. Soms (2003).

Krišāns (2009) bakalaura darbā sniedz informāciju par Nurmižu gravu rezervāta lineārās erozijas tīkla attīstību un morfoloģiju, kā arī attīstības veicinošus cēloņus un faktorus. Vēlāk maģistra darba ietvaros (2011) veic tiešo uzmērīšanu Kaktiņu gravai, ģeoloģisko urbšanu un iznesu konusa granulometrisko analīzi. Juzāne (2011) izstrādā bakalaura darbu par lineārajām erozijas formām, sniedz ieskatu par gravu tipiem un to veidošanās likumsakarībām Siguldas pilsētas teritorijā, Gaujas kreisajā krastā. Norādītā autore veic gravu inventarizāciju un nosaka gravu morfoģenētiskos tipus.

Savukārt, Kukemilks (2012) maģistra darbā pētījis gravu eroziju un noslīdeņus posmā Sigulda – Līgatne un izstrādājis metodi nogāžu procesu faktoru aprēķināšanai. Balstoties uz šo metodi veicis noslīdeņu un gravu zonējumu un izstrādājis iespējamo Gaujas senielejas posma erozijas tīkla attīstības scenāriju.

Ne tikai zinātniskajās publikācijās, bet arī tūrisma maršrutu aprakstos, bukletos un avīzēs tiek aprakstīti daudzi senielejā, lielāko pieteku ielejās un gravās esošie ģeoloģiskie un ģeomorfoloģiskie objekti – iežu atsegumi, alas, grotas, ūdenskritumi u.c. (Krišāns, 2011).

2. PĒTĪJUMU TERITORIJAS RAKSTUROJUMS

2.1. Gaujas Nacionāla parka teritorijā ietilpstošās Gaujas senielejas daļas raksturojums

Par Gaujas senieleju tiek uzskatīts Gaujas upes posms no Valmieras līdz Inčukalnam (Murjāņiem), (Āboltiņš, Eniņš, 1979). Senieleja atdala Idumejas augstieni un Burtnieku līdzenumu no Viduslatvijas zemienes, Vidzemes augstienes un Trikātas pacēluma. Tā ietver upes ieleju un tās pieteku lejteces, kā arī šauru, gravu un strautu izvagotu, piegulošā reljefa joslu. Tas ir vislabāk izteiktais Gaujas ielejas posms ar sarežģītu, daudzveidīgu morfoloģiju un ģeoloģisko uzbūvi. Visā senielejas garumā tā ir iegrauzta devona iežos. Ielejas platums pārsvarā ir ap 1,5 km, pie Līgatnes un Siguldas līdz 1 km. Dziļums mainās no 25 – 30 m pie Valmieras un Murjāņiem līdz 50 – 60 m pārējā daļā. Siguldas apkārtnē sasniedzot 80 – 85 m. Ielejas nogāžu raksturs mainās atkarībā no tās dziļuma. Vietās kur ieleja ir seklāka, pamatkrasta nogāzes ir lēzenākas un mazāk gravu pārveidotas. Palielinoties dziļumam, pieaug pamatkrasta stāvums, kas nogāzes lejas daļā beidzas ar kraujām, kurās atsedzas Gaujas un Amatas svītas smilšakmeņi, māli un aleirolīti. Pieaug arī gravu skaits, kas dziļi saposmo ielejas krastu, tālu ievirzoties apkārtējā reljefā, īpaši posmā starp Cēsīm un Siguldu. Atsevišķu gravu garums sasniedz 3 – 4 km, bet dziļums 30 un vairāk metrus (Āboltiņš, Eniņš, 1979).

Senielejas vidusdaļu aizņem upes gultne ar palieni un virspalu terašu kompleksu. Augstākās terases (4 – 7 virspalu terases) ir izveidojuši ledāju kušanas ūdeņi, noplūstot dažādos sprostezeros. Terases ir iegrauztas devona iežos, atsevišķos gadījumos Latvijas ledus laikmeta morēnā un pārklātas ar 4 – 6 m biezu dažādgraudainu, granšainu un oļainu smilti, Šīs terases atrodas 22 – 25 m augstumā virs upes līmeņa un atsevišķu nelielu fragmentu veidā ir izsekojamas ielejas dziļākajos posmos (Pārsvarā starp Cēsīm un Siguldu). Zemāko terašu veidošanās saistīta ar Baltijas jūras līmeņa svārstībām. Trešā virspalu terase ir veidojusies Baltijas ledus ezera laikā. Terasi veido līdz 8 – 9 m biezi palu un gultnes alūvija nogulumi – smalkgraudaina, aleirītiska smilts, kuru dziļāk nomaina rupjgraudaināki nogulumi. Otrā virspalu terase atrodas vidēji ap 10 – 11 m virs jūras līmeņa. Terasē ir iegrauzta devona iežos, retāk trešās virspalu terases nogulumos. Pirmā virspalu terase sastopama visā ielejas posmā, tā atrodas 5 – 7 m virs upes līmeņa. Virsma ir nelīdzena, bieži ar vecupēm un daļēji aizbērtām gultnēm, daļa, no kurām ir izveidojušās nesenā pagātnē lielu plūdu laikā. Terasē ir akumulatīva – to veido 10 – 11 m, lejtecē līdz 13 m biezs alūvijs, kurā dominē palienes veidojumi, bieži ar dūņainu un organiskām vielām bagātu mālu un kūdras starpkārtu, ar koku stumbru atliekām. Palienes maksimālais augstums ir 4 – 4,5 m virs tagadējā upes līmeņa. Tās

virsmā ir nelīdzena, ar līdz 1 m augstiem vaļņiem un to sērijām, senākām gultnēm un vecupēm dažādās aizaugšanas stadijās. Paliene ir akumulatīva un sastāv no aleirītiskas un smalkgraudainas smilts ar dažādgraudainas smilts un organiskām vielām bagātināta aleirīta un smilts starpkārtām. Palienes nogulumu biezums reti pārsniedz 10 m, senielejas augšdaļā augšpus Cēsīm tas samazinās līdz 6 – 8 m, (Latvijas ģeoloģiskā karte, 2000).

Pašā Gaujas ielejā atšķirībā no apkārtējās teritorijas ģeoloģiskā uzbūve ir sarežģītāka. Pirmie dati par tās īpatnībām tika iegūti jaunbūvējamā tilta vietā pār Gauju pie Siguldas, kur 1935. gadā ģeologa V.Pērkonā vadībā izdarīja vairākus urbumus. Tā kā Siguldas apkārtnē ielejas nogāzēs un sāngravas bieži redzami devona smilšakmeņi, reizē māli un aleirolīti, bija loģiski gaidīt, ka arī ielejas zemākajā daļā zem Gaujas aluviālajām sanesām samērā nelielā dziļumā sekos devona vecuma ieži. Tomēr īstenība, kā nereti dabā mēdz būt, bija citādāka. Urbis metru pēc metra ieģrauzās irdeno kvartāra iežu slāņos – smiltīs, grantī, putekļu mālos, bet smilšakmeņu, kā nebija tā nebija. Tikai pie 50 m dziļuma urbja uzgalis iestrēga lielu oļu, laukakmeņu un grants slānī. Ar toreiz rīcībā esošo tehniku nebija iespējams urbt dziļāk, kaut arī vēl nebija sasniegt devona iežu slāņi. Tikai tajos urbumos, kas tika izdarīti tuvāk ielejas nogāzēm, smilšakmeņus konstatēja vairāku desmitu metru dziļumā. Iegūtais ielejas ģeoloģiskais šķērsgriezums sniedza pavisam negaidītu ainu. Izrādījās, ka zem Gaujas aluviālajām sanesām, kuru biezums ielejas zemākajā daļā nepārsniedza 10 – 15 m, seko limnoglaciālie nogulumi. Kas līdzīgi Zemgales līdzenumā izplatītajiem ledāju sprostezeru nogulumiem – brūnganiem aleirītiskiem slokšņu tipa māliem. Dziļāk sekoja bieži fluvioglaciālas izcelsmes grants, oļu un smilšu slāņi. Pat visdziļākajā urbumā 50 m dziļumā šie slāņi netika caururbti. Pētījumi liecināja, ka zem labi pārredzamās Gaujas ielejas pie Siguldas ir vēl cita ieleja, kas daļēji aizpildīta ar jaunākiem kvartāra perioda, galvenokārt ledājkūšanas ūdeņu nogulumiem. Vēlāk apkopojot šos materiālus V. Pērkonā iepazīnās arī ar citiem ielejas šķērsgriezumiem – pie Murjāņiem, Valmierā, Raunas lejtecē un izrādījās līdzīgi. Urbumi parādīja, ka senās, daļēji aizbērtās ielejas dziļāko daļu aizpilda ledāja kūšanas ūdeņu smilts, grants un oļi, bet paša ledāja veidotie nogulumi (morēna) līdz pat 1946. gadam netika konstatēti. Šie fakti norādīja uz to, ka Gaujas senieleja veidojusies ledus laikmeta beigu posmā. Tomēr vēlākajos gados izdarītie ģeoloģiskie un ģeomorfoloģiskie pētījumi ne tikai papildināja faktisko materiālu, bet arī sniedza pilnīgi jaunas ziņas par ielejas uzbūvi un veidošanos. Tika atklāts, ka starp oļu un grants slāņiem vietām plānā kārtā atrodami morēnas slāņi. Tas liecināja, ka senais ieģrauzums pamatiežos pastāvējis jau vismaz pirms pēdējā apledojuma, t.i. vecāks par 60 000 – 80 000 gadu, (Āboltiņš, Eniņš, 1979).

2.2. Gaujas senielejai piegulošā teritorija

2.2.1. Gaujas senielejai piegulošās teritorijas ģeogrāfiskais raksturojums

Gaujas senieleja un tās piegulošā teritorija atrodas posmā Valmiera – Cēsis – Līgatne – Sigulda – Murjāni. Visa pētījumu teritorija ietilps Gaujas Nacionālajā parkā, kura ZR un D robežas izdalāmas gar valsts galvenajiem autoceļiem A3 un A2 - posmā no Murjāniem, kur abi ceļi sadalās līdz Bērzkrugam, kas atrodas uz A2, tad pa mazākiem ceļiem posmā Bērzkrugs – Veselava - Jaunrauna – Skangaļi un visbeidzot Valmiera, kas atrodas uz autoceļas A3 un atpakaļ uz Murjāniem. Gaujas Nacionālā parka teritorijā ietilps arī Sudas purvs, kura robežas velkamas posmā Augšlīgatne – Jūdaži – More un tad pa reģionālas nozīmes ceļu P32 atpakaļ uz Augšlīgatni.

Teritorija D un DA daļā, Gaujas kreisajā krastā ietilpst Mežoles paugurainē un Madlienas nolaidenumā. Savukārt, labajā krastā teritorijas Z daļā atrodas Trikātas pacēlums, vidusdaļā Augstrozes paugurvalnis, bet tālākajā R daļā viļņotais Limbažu līdzenums (Latvijas Dabas apvidi).

Senielejas piegulošās teritorijas nokrišņu sadalījums svārstās starp 650 līdz 850 mm gadā. Vidējā gaisa temperatūra janvārī ir - 4° C, bet jūlijā 17° C (Turlajs, 2004).

Piegulošās teritorijas novietojums virs jūras līmeņa aptver lielu augstumu amplitūdu, Mežoles pauguraines daļā tas sasniedz pat 120 m v.j.l., Augstrozes paugurvalnī ap 100 m v.j.l., bet viļņotajā Limbažu līdzenumā un pie Valmieras tikai 50 – 70 m v.j.l. (Turlajs, 2004).

2.2.2. Gaujas senielejai piegulošās teritorijas ģeoloģiskās uzbūves iezīmes

Gaujas senielejā un apkārtnē sastopamas divas atšķirīgas augšdevona slāņkopas. Pirmo no tām veido irdenie smilšakmeņi, aleirīti un māli (Gaujas un Amatas svītas). Otro – daudz cietākie karbonātieži - dolomīti un dolomītmerģeļi (Pļaviņu svīta). Devona vecuma pamatiežus pārsedz jaunākie kvartāra nogulumi. Slāņkopu iekšējās atšķirības saskatāmas arī ārēji, apkārtējā reljefā. Labi izceļas robeža starp abām slāņkopām, kas velkama virzienā no Cēsīm uz Līgatni, Siguldu un Allažiem. Dabā devona iežu virsā parādās kāpe, kuras augšmala sastāv no izturīgākajiem dolomīta slāņiem. Tāpēc tajās vietās kur zem plānās kvartāra nogulumu segas izplatīti dolomīti, pamatiežu virsma un līdz ar to arī tagadējais reljefs atrodas augstāk, bet vietās kur zem kvartāra nogulumiem uzreiz sastopami smilšakmeņi – zemāk. Īpaši labi šī reljefa augstuma starpība novērojama starp Cēsīm un Raunas ieleju. No Cēsīm paveras plašs skats uz Ziemeļlatvijas līdzenumiem, kas novietojušies apmēram 30 – 40 m

zemāk. Kvartāra nogulumu liecina, ka ka Latvijas teritoriju pleistocēnā pārklājuši vismaz četrus apledojumus ledāji. Gaujas vidusteces rajonā devona iežus klāj plāna (2 – 10 m) sarkanīgi brūna, rūsgana, retāk pelēcīgi brūna vai violetas nokrāsas akmeņaina un oļaina morēnas smilšmāla sega. Kvartāra nogulumus neveido tikai morēna, bieži vien virs morēnas seko fluvioglaciāli un limnoglaciālie nogulumi. Limnoglaciālie nogulumi izplatīti gar Gaujas ietekas kreiso krastu starp Braslas ieteku un Nurmīžiem. Šaurā joslā gar labo pamatkrastu lejpus Braslas ietekas līdz Turaidai, kā arī pie Amatas ielejas Kārļu apkārtnē un ziemeļos no Ieriķiem, kur tie veido limnoglaciālus līdzenumus. Allažu un Inčukalna apkārtnē sastopamas limnoglaciālas smiltis. Savukārt Braslas lejteces rajonā, Gaujas ielejas labajā krastā augšpus Lojas ietekai, kā arī vietām kreisajā krastā ziemeļaustrumos no Inčukalna sastopami kēmi. Fluvioglaciāliem ārpusedāja nogulumi sastopami šaurā līdzenumu joslā starp Turaidu un Incienu. Savukārt fluvioglaciālie nogulumi starp Cēsīm un Līgatni, Amatas lejtecē un Braslas apkārtnē, kā arī Gaujas labajā krastā pret Silcienu un kreisajā krastā ziemeļaustrumos no Inčukalna veido kēmu paugurus. Pie Silciema un Inčukalna apkārtnē sastopami arī kāpu smilts nogulumi. Savukārt visā pieguļošajā teritorijā reljefa pazeminājumos (ne upju ielejās) satopami jaunākiem – holocēnā nogulumi, kurus veido purvu un ezeru nogulas, (Āboltiņš, Eniņš, 1979).

2.3. Gravu erozijas reljefa formas kā aizsargājami dabas objekti Gaujas Nacionālajā parkā

Jau pagājušā gadsimta 70 – 80. gados Gaujas Nacionālajā parkā gravas tika atzītas par aizsargājamiem un saudzējamiem ģeomorfoloģiskajiem objektiem. To pierāda fakts, ka gan 1975. gan 1985. gadā izdotajos materiālos par Gaujas Nacionālās parka aizsargājamajiem ģeoloģiskajiem un ģeomorfoloģiskajiem objektiem, Latvijas tā laika vadošie pētnieki (V. Grāvītis, V. Kuršs, Ļ. Ļarska, A. Stinkule, J. Straume, V. Venska, B. Salupe, O. Āboltiņš, A. Ceriņa, I. Danilāns un I. Stāls - Stumbure) tās plaši apraksta visā senielejas un tai pieguļošās teritorijas posmā un min arī konkrētus gravu nosaukumus.

Gaujas un tās pieteku dziļajās, vietām kanjonveidu ielejās ar labi attīstītu gravu tīklu vērojami aktīvu mūsdienu ģeoloģiskie procesi. Šos procesus izsauc nokrišņu ūdeņu infiltrācija, virszemes un pazemes ūdeņu plūsmas, kā arī gravitācijas spēki un iežu dēdēšana. Gaujas Nacionālā parka ainavai īpatnēju raksturu piedod labi izveidotais gravu tīkls, kas izrobo gan Gaujas, gan arī tās pieteku (Vaidavas, Amatas, Līgatnes, Braslas u.c.) dziļo ieleju pamatkrastus. Visā parka teritorijā minēto upju ieleju dziļums vidēji sasniedz 20 – 40 m. Izņēmums ir Gaujas ieleja, kuras dziļums posmā no Līgatnes papīrfabrikas, līdz Siguldai pieaug no 60 līdz 80 m. Līdz ar to arī gravas dziļi iegrauzušās šo upju ieleju pamatkrastos.

Gravas veido plašas, labi sazarotas sistēmas, kas nereti vairāku kilometru garumā saposmo upju ielejām pieguļošo līdzenumus. Gravu tīkla biezums lejup pa Gauju (sākot no Valmieras) jūtami pieaug, un Siguldas apkārtnē sasniedz 600 m uz 1 km². Kvartāra nogulumu biezums gar Gaujas u.c. upju ieleju pamatkrastiem, gan arī minētajos līdzenumos nepārsniedz 5 – 10 m, tāpēc gravas dziļi iegrauzušās pamatiežos – Gaujas, Sietiņu un Amatas svītu smilšakmeņos, (Grāvītis *et al*, 1985).

Lielākai daļai gravu, kas sastopamas Gaujas Nacionālā parka teritorijā, nogāzes apaugušas ar kokiem un krūmājiem. Šķērsgriezumā tām ir labi izteikts kastes veida profils. Gravas parasti ir sausas un tikai atsevišķu gravu dibenā palu vai ilgstošu lietus laikā vērojami nelieli strautiņi. Šāda veida gravas tiek dēvētas par atmirušām, jo mūsdienu apstākļos to tālāka veidošanās nav vērojama. Atmirušo gravu garums nereti sasniedz 1,5 – 3 km, un kopā ar sāngravām tās veido labi sazarotu sistēmu (Grāvītis *et al*, 1985).

Stāvajos Gaujas senielejas krastos Siguldas apkārtnē, Vaives, Rauņa, Melnupes, Līgatnes u.c. upju ieleju nogāzēs, kā arī atsevišķu lielo atsegumu (Sietiņieža, Ramatu un Līču – Laņģu klinšu, Sautas kalna u.c.) augšdaļā nereti sastopamas nelielas, pilnīgi atmirušas un kokiem apaugušas graviņas. To garums nepārsniedz 100 – 200 m, dziļums svārstās no 5 līdz 10 m (Grāvītis *et al*, 1985).

Siguldas tuvumā, Nurmižu gravu rezervāta teritorijā, Vējupītes, Daudas, Svīkupes un Nurmižupes ielejas nogāzes, gravu veidošanās (padziļināšanās, augšana) notiek arī mūsdienās. Ļoti raksturīgas šajā ziņā ir Lielā un Mazā Kautraka gravas, kuras vajadzētu īpaši aizsargāt. To augšdaļas (virsošnes) veido kanjonveida iegrauzumus. Dziļums šeit strauji pieaug sasniedzot 40 – 45 m. Stāvajās kanjonu nogāzēs atsedzas plaisaini smilšakmeņi. Palu vai ilgstošu lietus laikā pa šīm gravām tek strautiņi, kuru gultnēs vērojamas nelielas ūdenskritumu kaskādes (Grāvītis *et al*, 1985).

Gaujas senielejas pamatkrasta nogāzes ļoti saposmotas ar dažāda tipa erozijas formām – gravām, sengravām, nelielo upīšu un strautu ielejām. Tā kā gravu un sengravu lejasgalos bieži izveidojušies iznesu koni, tie kopā ar deluviālā materiāla iznesām jūtami pārveido ieleju un terašu nogāžu pakājes. Parasti nogāzes posmo sengravas, kuru šķērsprofils atgādina burtu U. Visbiežāk sastopamas divējāda rakstura sengravas. Vienas – īsas, novietojas visā garumā ielejas nogāzes robežās, nešķērsojot pamatkrasta šķautni. Tās parasti ir seklas, ar lēzenām veģetācijas segu klātām nogāzēm. Par cik tās bieži atrodas netālu viena no otras, tad ielejas pamatkrasts un vecāko terašu nogāzes ir pilnīgi pārveidotas un iegūst „gofrētu” izskatu. Otra veida liela izmēra sengravas ir daudz garākas un dziļākas. Tās šķērso ielejas pamatkrastu un tam pieguļošās teritorijas. Šo lielo sengravu garums svārstās no 0,5 līdz 2,5 km, platums sasniedz 100 – 250 m, bet dziļums 15 – 50 m. Šīm sengravām ir vairāki sānzari, kas arī

sasniedz ievērojamu garumu un dziļumu. Reizēm sānzari virzās ārpus ielejai paralēli pamatkrasta šķautnei. Viss daudzveidīgais erozijas reljefu komplekss pilnīgi pārveidojis ne tikai ielejas nogāzes, bet arī tai piegulošo līdzenumu teritoriju, gar abiem ielejas krastiem, izveidojot tā saucamo Piegaujas erozijas reljefa joslu 1 – 3 km platumā. Šī dažādā tipa erozijas formu tīkla biežus Braslas ietekas – Nurmižupītes apkārtnē ielejas kreisajā krastā ir vislielākais Latvijā – aptuveni 2 – 2,2 km uz km² (Saltupe *et al*, 1975).

Pašlaik Dabas aizsardzības pārvaldes izveidotajā Dabas datu pārvaldības sistēmā “Ozols” atrodama informācija par 8 Īpaši aizsargājamām dabas teritorijām, kuras ir klasificētas kā gravas. Trīs no tām savu īpaši aizsargājamās teritorijas statusu ieguvušas jau pagājušā gadsimta vidū (Kalamecu – Markuzu gravas statuss piešķirts 1961.g.; Kautraka gravas 1973.g.; Zartapu 1956 .g.). Pārējām statuss piešķirts 2000. un 2003. gadā, kaut arī dažas no tām ir minētas kā aizsargājamas teritorijas jau iepriekš citētajos avotos daudz senāk - Embūtes gravas, Kaktiņu gravas, Rogaļu gravas, Sproģu gravas un Sandarišķu karengravas.

3. MATERIĀLI UN METODES

Izveidojot pētījuma teorētiskās daļas tika veikta publikāciju izpēte no Latvijas Universitātes bibliotēkas abonētajiem e-resursiem, kā arī pieejamajiem noslēguma darbiem un grāmatām kopkatalogā. Galvenokārt, tika izmantotas EBSCO un Science Direct datubāzes. Lai iegūtu pilnīgāku pārskatu par Gaujas Nacionālā parka ģeoloģisko vidi un ģeomorfoloģiskajiem procesiem, tika apmeklēti Latvijas Vides Ģeoloģijas un Meteoroloģijas fonda arhīvi, kur tika sniegta pieeja Latvijas Ģeoloģijas karšu lapām 53 – Ainaži un 43 – Rīga M 1: 50 000. Bija iespēja iepazīties arī ar ģeoloģiskajiem un ģeomorfoloģiskajiem aprakstiem par nozīmīgiem aizsargājamiem ģeoloģiskiem objektiem Nacionālā parka teritorijā.

Pētījumā tiek izmantotas bijušās PSRS Armijas Ģenerālštāba topogrāfiskās kartes M 1 : 10 000, kas paredzētas, lai identificētu gravu erozijas reljefa formas pētījumu teritorijā un noskaidrotu atsevišķus gravu morfometriskos parametrus. Galvenais maģistra darbā izmantoto datu veids ir aerolāzerskenēšanas dati, kas iegūti projekta „Meža biotopu atjaunošana Gaujas Nacionālajā parkā” (Dabas aizsardzības pārvalde). Aerolāzerskenēšanu ir veicis nodibinājums „Vides Risinājumu Institūts” „FOR-REST” projektā, kas tika realizēts ar ES LIFE finanšu instrumenta atbalstu. Aerolāzerskenēšanas galveno parametru raksturojums sniegts 3.1. tabulā.

3.1. tabula. Nodibinājuma „Vides Risinājumu Institūts” veiktās aerolāzerskenēšanas parametri

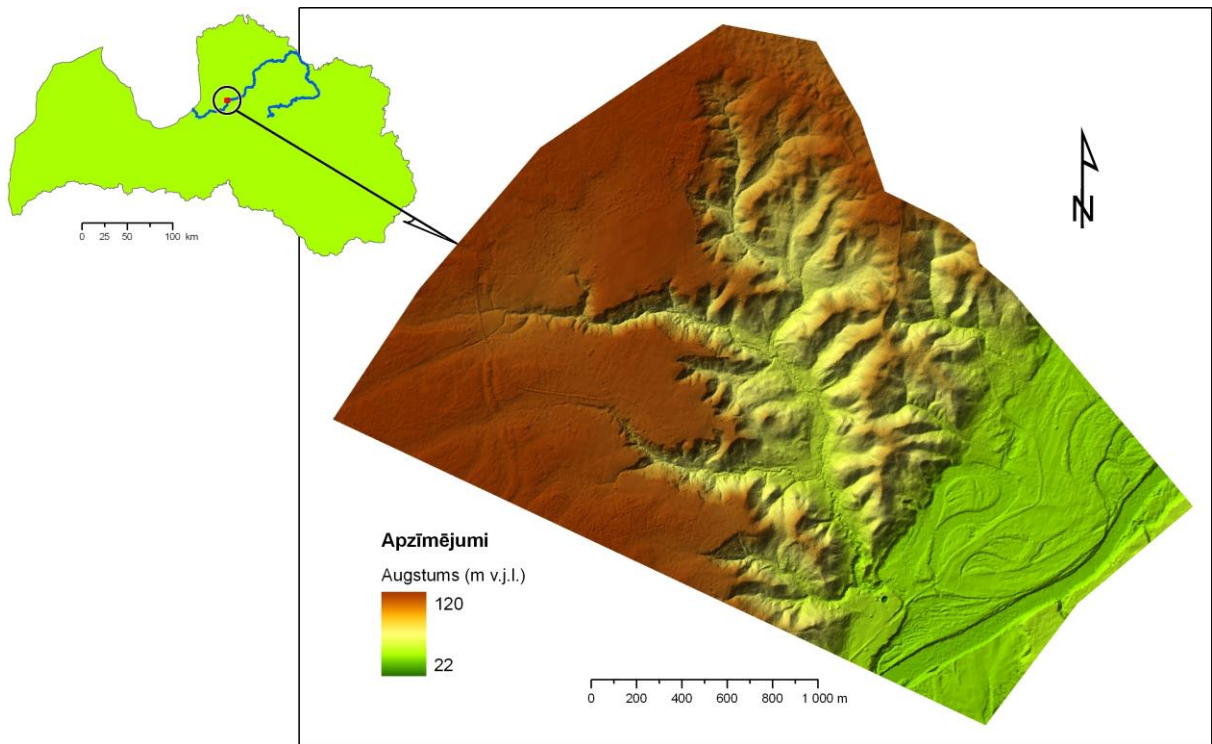
Parametra apraksts	Vērtības
Aerolāzerskenēšanas lidojuma augstums	860 m
Ātrums attiecībā pret zemes virsmu	90 mezgli (167 km h^{-1})
Impulsu raidīšanas frekvence	100 kHz
Skenēšanas frekvence	50 Hz
Emitētā LiDAR signāla staru kūļa leņķis	30° (šaurais staru kūlis, ir)
Lidmašīnas korpusa šūpošanās kompensācija	Jā
LiDAR datu punktu blīvums	4 līdz 6 p m^{-2}
Lāzerimpulsa kūļa laukums uz zemes virsmas	0,236 m pie lidojuma augstuma 850 m

3.1. Aerolāzerskenēšanas datu apstrāde un digitālo zemes virsmas modeļu sagatavošana

Vides risinājumu institūtā no iegūtajiem aerolāzerskenēšanas LAS datiem, atlasot zemes virsmas atstarojuma punktus (angl. *bare ground points*), tika ģenerēti *ESRI Grid* formātā regulārā tīkla rastra dati. Savukārt no tiem autore ar ģeogrāfisko informācijas sistēmu programmatūras ArcGIS 10.0 un tās paplašinājumu palīdzību izveidoja digitālos augstuma modeļus (DEM), t.sk. ESRI TIN formātā (angl. *Triangular Irregular Network*). Digitālo augstuma modeļu izveidei, kā piemērotākā interpolācijas metode, saskaņā ar literatūrā norādītajām ziņām (Pirotti and Tarolli, 2010), tika izvēlēta *Natural Neighbor*. Savukārt rastra formāta DEM par TIN datiem tika konvertēti ar ArcGIS paplašinājuma 3D Analyst rīku *Raster to TIN*. Pētījuma veikšanai ar moduļa 3D Analyst palīdzību no rastra datiem tika atvasināti TIN formāta DEM (3.1.1. attēls), jo uz to pamata ir iespējams veikt tālāku erozijas tīkla un tā atsevišķu elementu analīzi saskaņā ar publikācijās aprakstītajām metodēm (James *et al.*, 2007; Mason *et al.*, 2006; Baruch and Sagi, 2011).

Lai nodrošinātu iespējami kvalitatīvāku DEM atainojumu un novērstu tā saucamo „flīžu efektu”, empīriskā ceļā tika noteikta šīs darbības *Z Tolerance* vērtība, proti, 0,018.

Gravas kā negatīvas reljefa formas aerofotouzņēmumos, digitālos zemes virsmas vai augstuma modeļos (angl. *digital elevation model* jeb DEM) ir veikli identificējamās vizuāli (Easterbrook and Kovanen, 1999; Downs and Priestnall, 2003), jo tās pateicoties stāvām nogāzēm, labi izteiktām krotēm un lineāri sazarotam apveidam ir krasi izteiktas apkārtējā reljefā (3.1.1. attēls). Taču analītisku darbību veikšanai ar datoru nepieciešami vektora formāta vai rastra formāta ĢIS dati, kas satur informāciju par erozijas tīklu un atsevišķiem tā elementiem. Tas savukārt nozīmē, ka gravu viegla identificēšana vizuālā ceļā vēl nebūt nenozīmē tikpat vieglu identificēšanu, datu iegūvi un to apstrādi digitālā vidē.



3.1.1. attēls. Digitālajos augstuma modeļos negatīvās reljefa formas, t.sk. gravas, ir viegli identificējamās vizuāli, jo tās ir krasi izteiktas apkārtējā reljefā. Attēlā redzams DEM ar gravu erozijas tīklu Gaujas senielejas labā krasta nogāzei piegulošajā teritorijā uz DA no Inciema DEM datu avots: Nodibinājums „Vides risinājumu institūts” .

3.2. Gravu erozijas tīklu aprakstošo datu ieguve no digitālajiem augstuma modeļiem

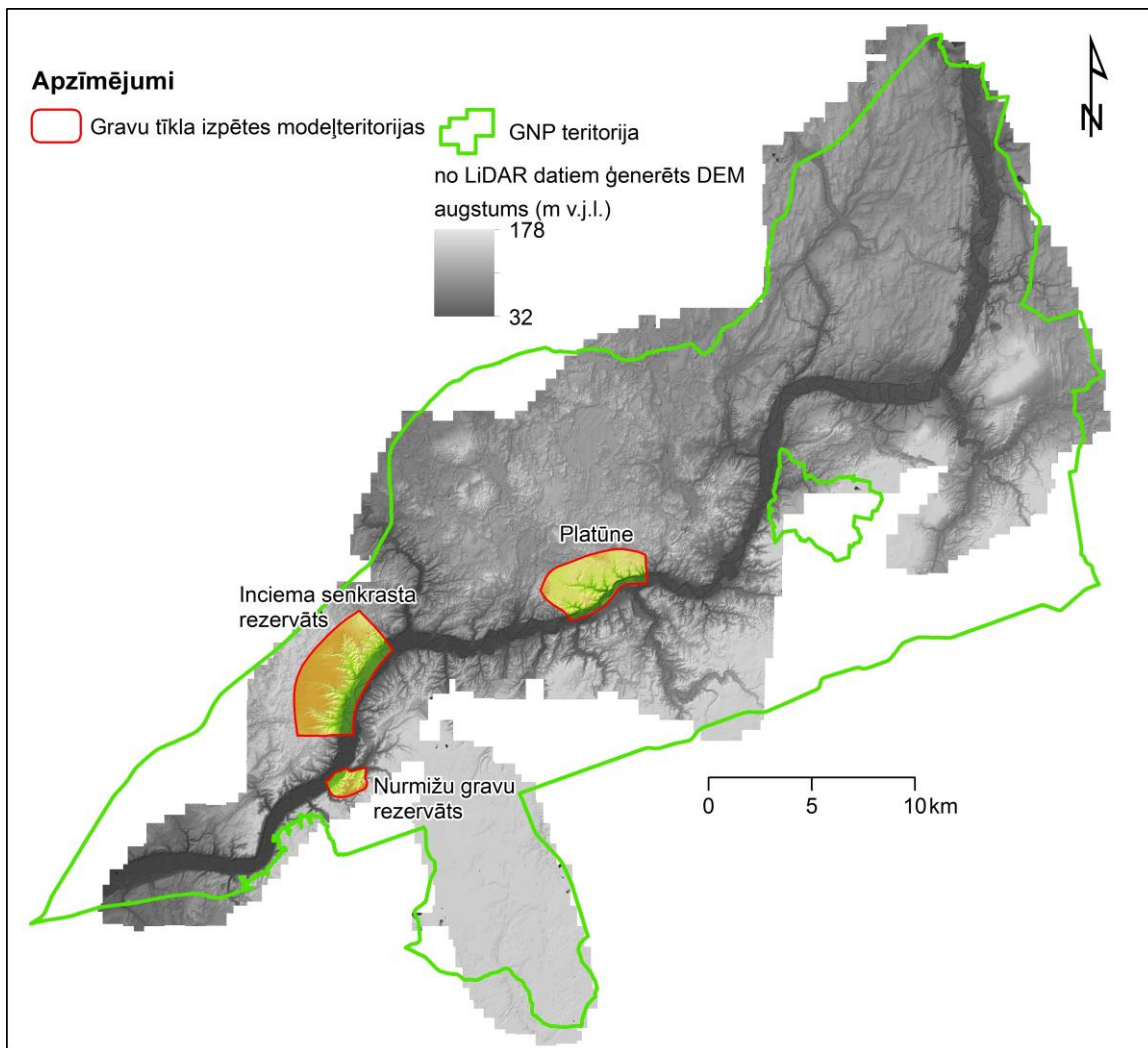
Viens no risinājumiem gravu tīkla analīzei nepieciešamo datu ieguvei digitālā formā ir erozijas formu digitizēšana. Gravu kā *polyline* veida vektordatu manuāla digitizēšana uz DEM pamatnes ir salīdzinoši vienkāršs uzdevums, taču gadījumos, ja šāda darbība jāveic platības ziņā lielā teritorijā, kāds ir Gaujas Nacionāls parks, tas ir ļoti laikietilpīgi. Turklāt manuālās vektorizēšanas gaitā vēl papildus ir nepieciešams nodrošināt topoloģisko saistību starp atsevišķiem gravu tīkla elementiem, t.i. gravām un to atzariem (Dawes and Short, 1994). Pretējā gadījumā ĢIS vidē nav iespējams veikt virkni analītisku darbību, piemēram, identificēt erozijas elementu zarošanās pakāpi (Strahler, 1952) un izskaitļot hierarhiskās anomālijas indeksu (Bahrami, 2013) sazarotu gravu sistēmām.

Zinātniskās literatūras un publikāciju analīze parāda, ka uz augstas izšķirtspējas DEM pamata ar ĢIS rīkiem daļēji automatizētu operāciju ceļā ir iespējams efektīvi veikt gravu tīkla identificēšanu (Tarboton *et al.*, 1991). Turklāt pēdējās desmitgadēs, līdz ar mūsdienu pētījumu metožu, tajā skaitā ĢIS un tālzpētes metožu izmantošanas iespēju paplašināšanos augstas precizitātes DEM izveidei, it sevišķi uz aerolāzerskenēšanas datu pamata, tiek izvērsti lineārās erozijas formu pētījumi, kas ļauj iegūt kvalitatīvi jaunu faktisko materiālu (James *et al.*, 2007; Baruch and Sagi, 2011; Höfle *et al.*, 2013; Shruthi *et al.*, 2014; Popit *et al.*, 2014).

Šāda veida pētījumus var veikt arī Gaujas Nacionālajā parkā esošajam gravu erozijas tīklam, jo norādītajā īpaši aizsargājamā dabas teritorijā nodibinājums „Vides Risinājumu Institūts” projekta „FOR-REST” ietvaros (projekta norises laiks 2011. gada 1. septembris - 2015. gada 31. augusts) ir veicis aerolāzerskenēšanu. Uz šo datu pamata ir ģenerēts augstas izšķirtspējas *ESRI Grid* formāta DEM ar rastra šūnas izmēru 1×1 m.

Nemot vērā, ka liela apjoma rastra formāta DEM apstrādei un erozijas tīkla ģenerēšanai ĢIS vidē platības ziņā lielai teritorijai ir nepieciešama datortehnika ar augstu veiktspēju un ievērojamiem operatīvās atmiņas resursiem, un arī pie šiem nosacījumiem tas ir ļoti laikietilpīgs process (Kopp *et al.*, 2001), vispirms tiks izmēģinātas ĢIS-bāzētas analīzes metodes un noskaidrot piemērotākos risinājumus salīdzinoši nelielās teritorijās. Šim nolūkam GNP tika izvēlētas trīs etalonteritorijas ar izteiktu gravu erozijas reljefu, t.i. Nurmižu gravu rezervāts, Inciema senkrasta rezervāts un teritorija pie Platones upītes (3.2.1. attēls).

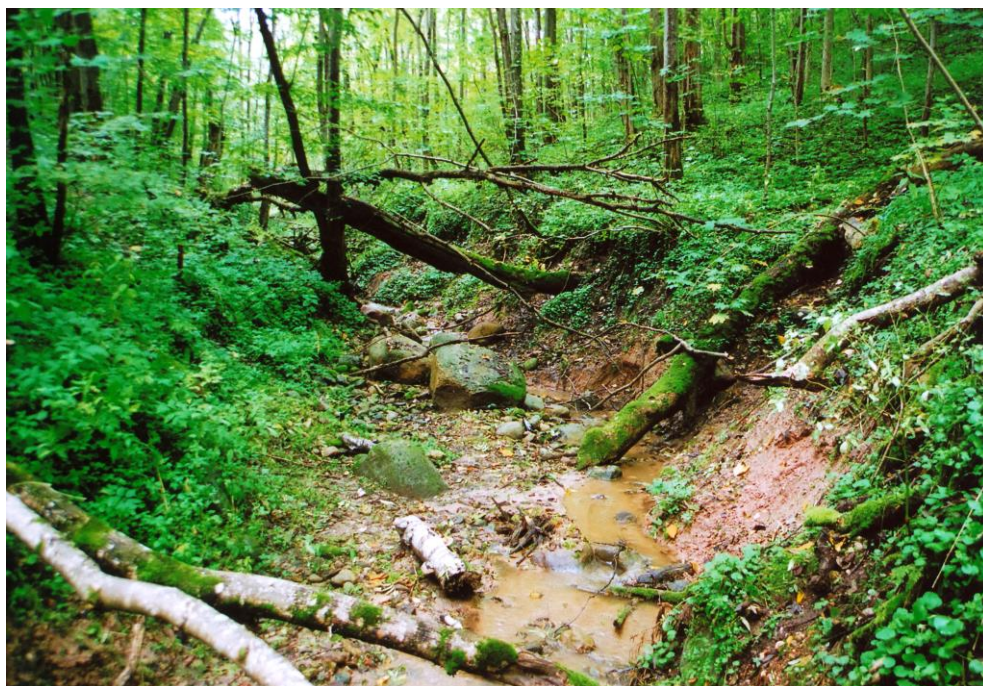
Kā platforma pētījuma veikšanai un datu apstrādei tika izvēlēts ESRI datorprogrammu komplekss *ArcGIS* 10.0, telpiskās analīzes un reljefa vizualizācijas paplašinājumi *Spatial Analyst*, *3D Analyst* un *ArcScene*. Norādītās datorprogrammas ir vieni no visplašāk lietotajiem ĢIS programmatūras veidiem, ir uzkrāta ievērojama pieredze to izmantošanā gan reljefa pētījumos vispār, gan konkrēti lineārās erozijas formu identificēšanā un analīzē, nosaukto datorprogrammu licencētās versijas ir pieejamas LU ĢZZF pētījumu veikšanai. Atsevišķu uzdevumu veikšanai tika izmantots arī paplašinājums *ArHydro*, kas ir bezmaksas un ir integrējams *ArcGIS* 10.0 vidē kā *ArcToolbox* atsevišķa rīku kopa.



3.2.1. attēls. Lineārās erozijas formu identificēšanas un telpiskās analīzes ĢIS risinājumu aprobācijai izvēlētās modeļteritorijas GNP. DEM avots: nodibinājums „Vides risinājumu institūts”

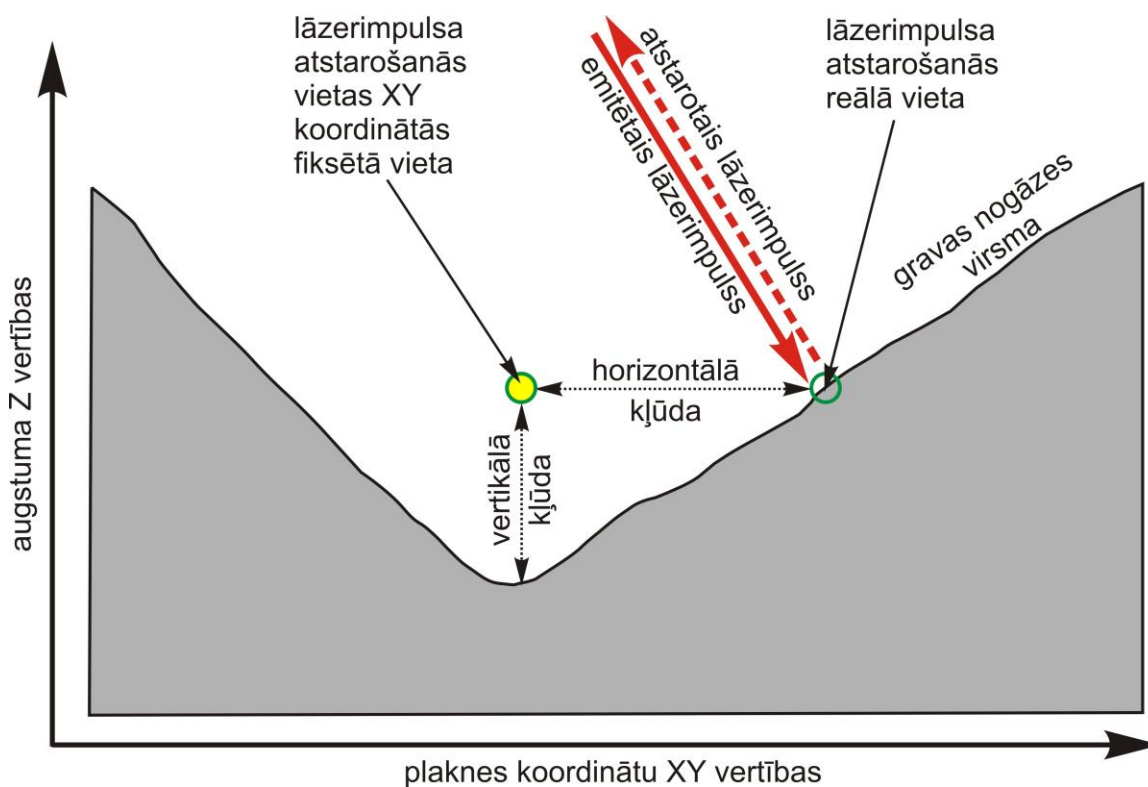
Dažāda rakstura ģeomorfoloģiskajos pētījumos digitālajā augstuma modelī esošās atsevišķas kļūdainas rastra šūnu vai šūnu grupu vērtības var neņemt vērā, ja tiek interpretētas reljefa formas, to klasteri vai ģeogrāfiskā izvietojuma raksturs (Haneberg, 2008). Tomēr gadījumos, ja DEM tiek izmantots kvantitatīvu raksturlielumu noteikšanai vai gravu erozijas tīkla elementu ģenerēšanai ĢIS vidē, rastra šūnu vai šūnu grupu kļūdainas vērtības var būt nopietns šķērslis hidroloģiski savstarpēji saistītu un topoloģiski korektu tīklveida datu ieguvei (Roux *et al.*, 2013).

Minētais fakts tika konstatēts darba izstrādes sākotnējā etapā, kad no aerolāzerskenēšanas datiem ģenerētais DEM bez papildus koriģēšanas procedūrām tika izmantots, lai ar ĢIS rīkiem iegūtu gravu tīklu aprakstošos vektordatus. Kā noskaidrojās, DEM satur sīkas neprecizitātes vai arī kļūdainas augstuma vērtības, jo gravu gultnēs nelielus, reāli eksistējošus lokālus paaugstinājumus var veidot laukakmeņi, nogāzušos koku stumbri vai noslīdeņu materiāls (3.2.2 attēls).



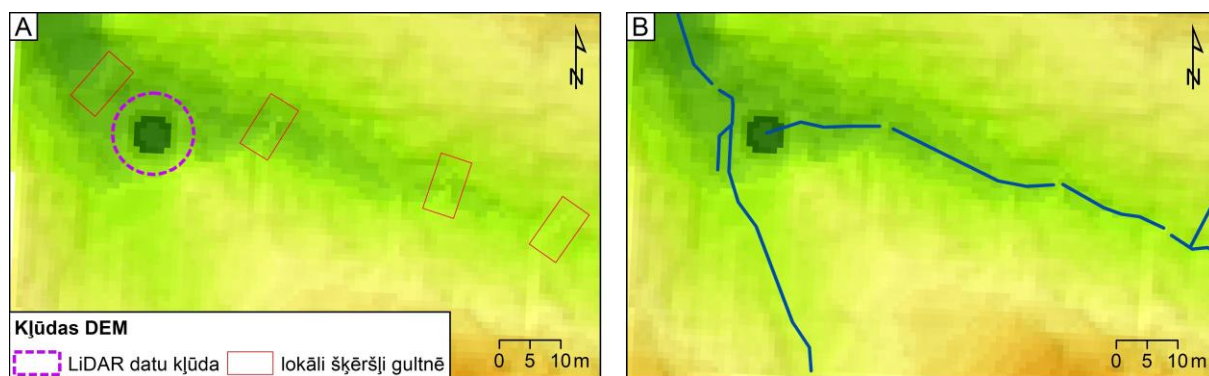
3.2.2 attēls. Gravas gultnē esoši objekti, piem., nogāzušos koku stumbri un laukakmeņi, no kuriem iegūtais lāzertimpulsa atstarojums var radīt kļūdainas augstuma vērtības DEM. Foto J. Soms

Tajā pašā laikā aerolāzerskenēšanas datu ieguves un apstrādes procesā var tikt iegūti XY koordinātās kļūdaini pozicionēti lāzertimpulsa atstarojuma dati (3.2.3. attēls), neeksistējoši lokāli ekstrēmi ar atšķirīgām augstuma vērtībām, vai arī rastra šūnu grupas, kurām nav Z atribūta, respektīvi, tām nav piešķirta augstuma vērtība (angl. *NoData*).



3.2.3. attēls. No LiDAR datiem atvasināto DEM kļūdu avots, kas saistīts ar aerolāzerskenēšanas procesā kļūdaini fiksēto punkta XY pozīciju. Šādā gadījumā gravas gultnē DEM parādās dabā neeksistējoša barjera. Attēla avots: Hodgson and Bresnahan, 2004, autores modificēts.

Augstāk aprakstītās DEM neprecizitātes un kļūdas augstuma modelī atainojas kā beznoteces ieplakas vai lokāli šķēršļi gultnē (3.2.4. attēls A), kurus ĢIS telpiskās analīzes algoritmi uztver kā noteces veidošanās barjeras. Tādejādi, tīklveida datu atvasināšanai un erozijas tīkla ģenerēšanai kā pamatni izmantojot sākotnējo DEM, tika iegūts fragmentētu, hidroloģiski nesaistītu elementu kopums (3.2.4. attēls B). Respektīvi, neizlabojot kļūdas DEM, uz tā pamata iegūtajos gravu tīklā elementos veidojas pārrāvumi, kuru novēršana prasa daudz laika. Faktiski šādi iegūtie tīklveida vektordati nav izmantojami tālākā analīzē.



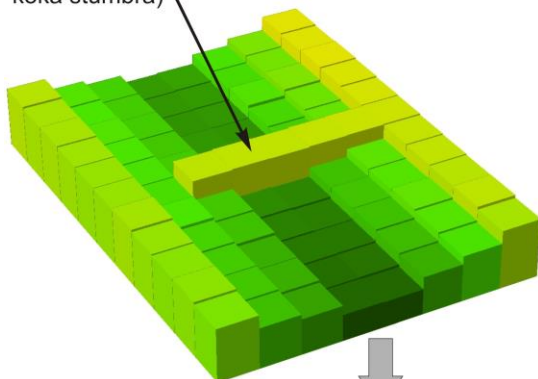
3.2.4. attēls. Gravas gultnes DEM fragments ar sīkām neprecizitātēm un kļūdainām augstuma vērtībām (A) un uz šī DEM pamata iegūti hidroloģiski nesaistīti gravu tīkla elementi ar pārrāvumiem (B).

Tāpēc vispirms nepieciešams veikt DEM papildus apstrādi, proti, izlīdzināt blakus esošo rastra šūnu augstuma vērtības un likvidēt lokālus paaugstinājumus – noteces barjeras, kā arī aizpildīt beznoteces ieplakas – ūdensplūsmu konverģences strupceļu punktus. Norādītās darbības tika veiktas ar *ArcGIS* paplašinājuma *Spatial Analyst* rīkiem *Focal Statistics* un *Hydrology Fill*.

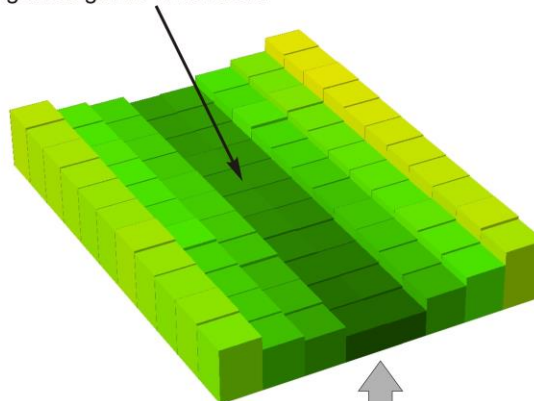
Pirmais no nosauktajiem rīkiem, t.i. *Focal Statistics* testē rastra šūnu vērtību atbilstību blakus esošo šūnu vērtībām, vairākkārtīgi atkārtojot šo operāciju t.s. slīdošajā logā, kamēr lokāli paaugstinājumi ir izlīdzināti (3.2.5. attēls). Blakus esošo šūnu atlase var tikt veikta saskaņā ar atšķirīgiem algoritmiem, no kuriem erozijas reljefa DEM apstrādē piemērotākais ir riņķis (angl. *Circle*). Slīdošā loga izmērus kartes pamatnes mērvienībās vai šūnu skaita veidā jāievada izvēlnes logā *Radius* (3.2.6. attēls), piemēram, $R = 3$ nozīmē, ka datu apstrāde un

lokālu paaugstinājumu izlīdzināšana notiek slīdošajā logā ar izmēru 3×3 rastra šūnas, kas konkrētā DEM gadījumā nozīmē 3×3 m laukumu.

kļūdainas DEM rastra šūnu vērtības - neeksistējoša barjera gravas gultnē (LiDAR signāls atstarots no nogāzušās koka stumbra)



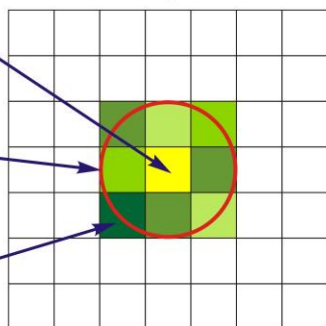
kļūdainās DEM rastra šūnu vērtības ir izlīdzinātas un neeksistējoša barjera gravas gultnē ir novērsta



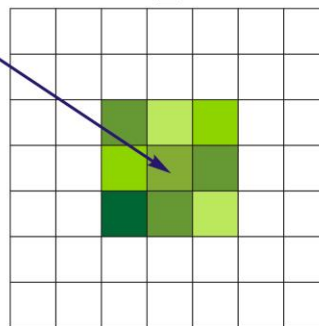
apstrādei pakļautā rastra šūna ar ekstrēmu vērtību

rādiuss, kurā tiek atlasītas blakus esošās rastra šūnas

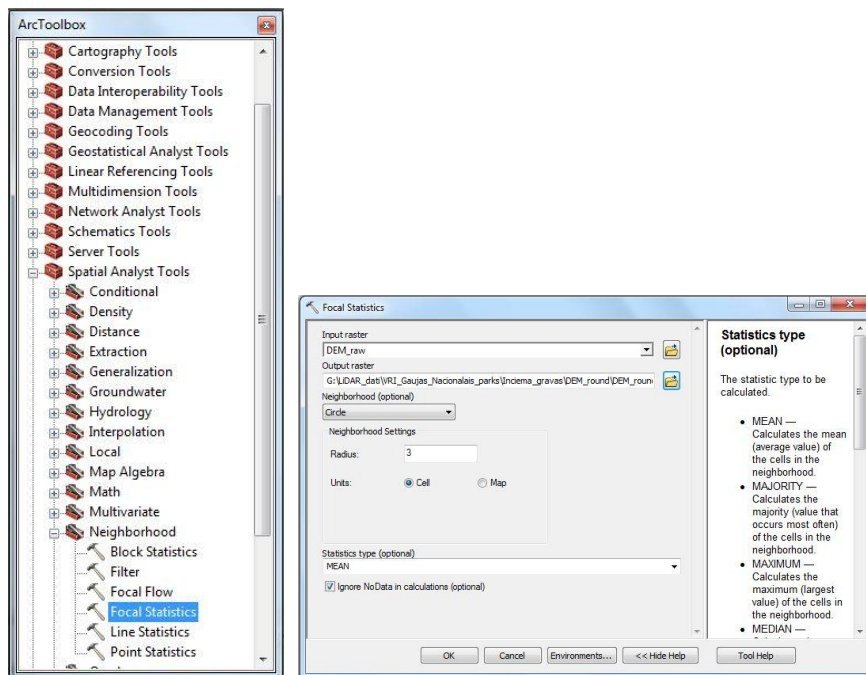
atlasītās rastra šūnas, kuras tiek izmantotas ekstrēmas vērtības izlīdzināšanai



apstrādei pakļautā rastra šūna ar izlīdzinātu vērtību



3.2.5. attēls. Rīka *Focal Statistics* pielietojuma princips lokālu paaugstinājumu izlīdzināšanai gravu gultnēs (J. Soma attēls)

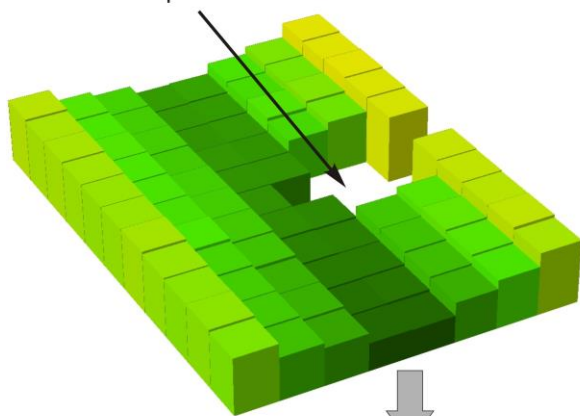


3.2.6. attēls. Rīka *Focal Statistics* izvēlne un ievadāmie parametri (datorprogrammas ArcGIS ekrānskaits)

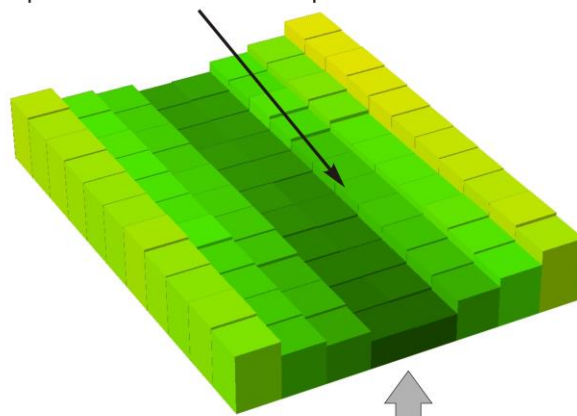
Apstrādei pakļautās rastra šūnas jaunās vērtības noteikšanai kā statistisko metodi no izvēlnes ieteicams izmantot vidējās vērtības vai mediānas aprēķināšanu.

Kad tādā veidā no sākotnējā DEM ir izveidots jauns rastra slānis, ir nepieciešams aizpildīt beznoteces ieplakas un t.s. „caurumus”, t.i. vietas, kur šūnām nav augstuma vērtības (*NoData*). To paveic ar *ArcGIS* paplašinājuma *Spatial Analyst* rīku grupas *Hydrology* rīku *Fill*. Līdzīgi kā rīks *Focal Statistics*, arī rīks *Fill* slīdošā logā testē rastra šūnu vērtību atbilstību blakus esošo šūnu vērtībām (3.2.7. attēls). Tomēr atšķirībā no iepriekšējā rīka, šajā gadījumā kā lokāli ekstrēmi tiek fiksētas rastra šūnas ar ievērojami zemākām augstuma vērtībām, nekā blakus esošas šūnas. Ar fokālās plūsmas un zonālās statistikas funkcijām vairākkārtīgos atkārtojumos beznoteces ieplakas tiek aizpildītas un tiek iegūts izlīdzināts DEM bez noteces strupceļiem (3.2.8. attēls). Šai darbībai ir nepieciešams apmēram 4 reizes lielākas datora operatīvās atmiņas apjoms, nekā apstrādājamā rastra apjoms (Kopp *et al.*, 2001). Tāpēc ja koriģēšanai ir paņemts DEM lielā teritorijā, tas var prasīt ilgu laiku vai pat datora veiktspēja var izrādīties nepietiekama, lai šo uzdevumu izpildītu.

NoData, kļūdainas vai ekstrēmi zemākas DEM rastra šūnu vērtības - reāla vai neeksistējoša beznoteces ieplaka vai “caurums”

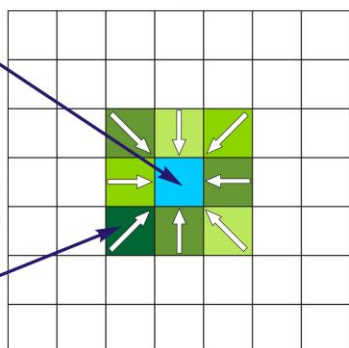


NoData, kļūdainas vai ekstrēmi zemākas DEM rastra šūnu vērtības ir izlīdzinātas un ieplaka vai “caurums” ir aizpildīts

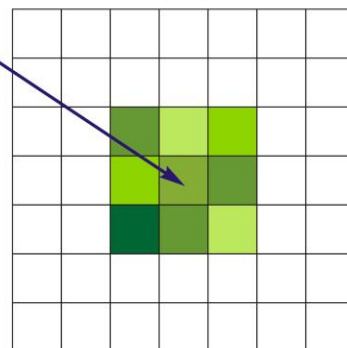


apstrādei pakļautā rastra šūna ar *NoData*, kļūdainu vai ekstrēmi zemāku vērtību

blakus esošās rastra šūnas, kuras fokālās plūsmas un zonālās statistikas funkcijās tiek izmantotas ekstrēmas vērtības izlīdzināšanai

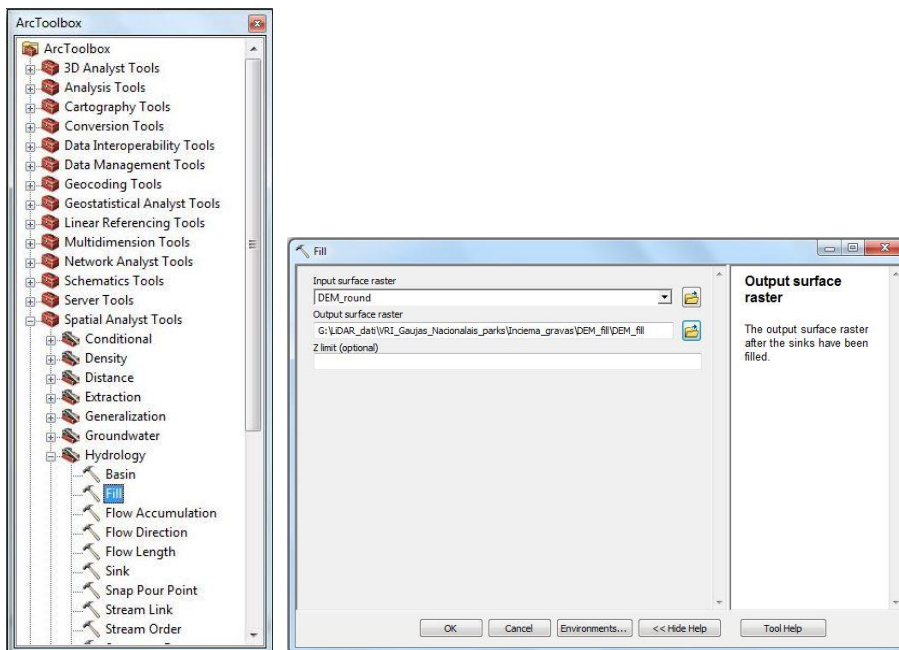


apstrādei pakļautā rastra šūna ar izlīdzinātu vērtību



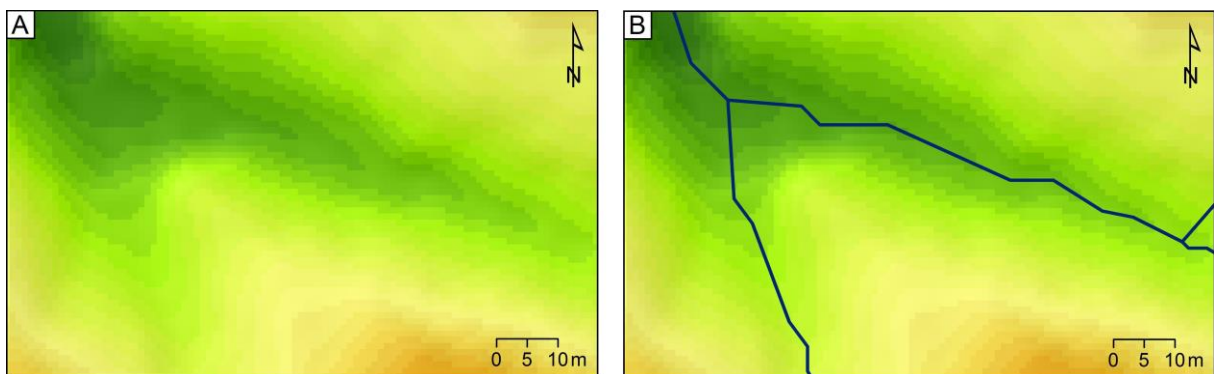
3.2.7. attēls. Rīka *Fill* pielietojuma princips beznoteces ieplaku aizpildīšanai (J. Soma attēls)

Rīka *Fill* izvēlnē papildus parametrus definēt nav iespējams, datu apstrāde notiek saskaņā ar automatizētu algoritmu.



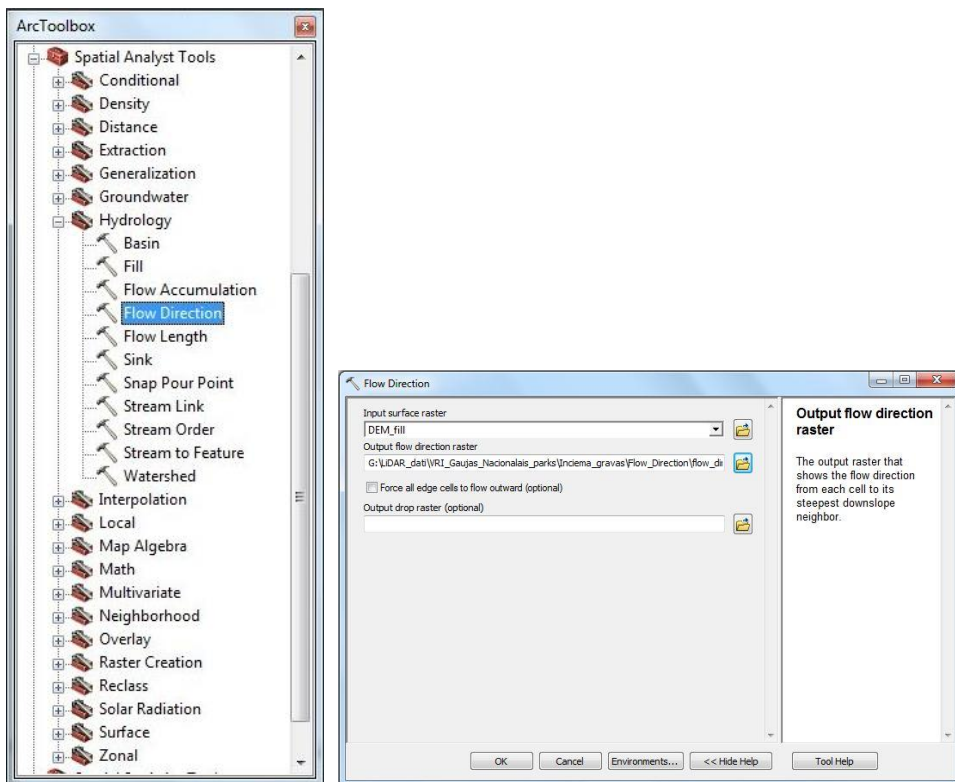
3.2.8. attēls. Rīka *Fill* izvēlne un izejas datu ievade (datorprogrammas ArcGIS ekrānskaits)

Rīku *Focal statistics* un *Fill* pielietojums ļāva izlabot DEM esošās neprecizitātes un kļūdas virsmas modelī un likvidēt beznoteces ieplakas vai lokālos šķēršļus gultnē (3.2.9. attēls A). Līdz ar to, tīklveida datu atvasināšanai un erozijas tīkla ģenerēšanai kā pamatni izmantojot izlīdzināto DEM bez ieplakām, kļuva iespējams iegūt nefragmentētu, hidroloģiski saistītu elementu kopumu (3.2.9. attēls B).



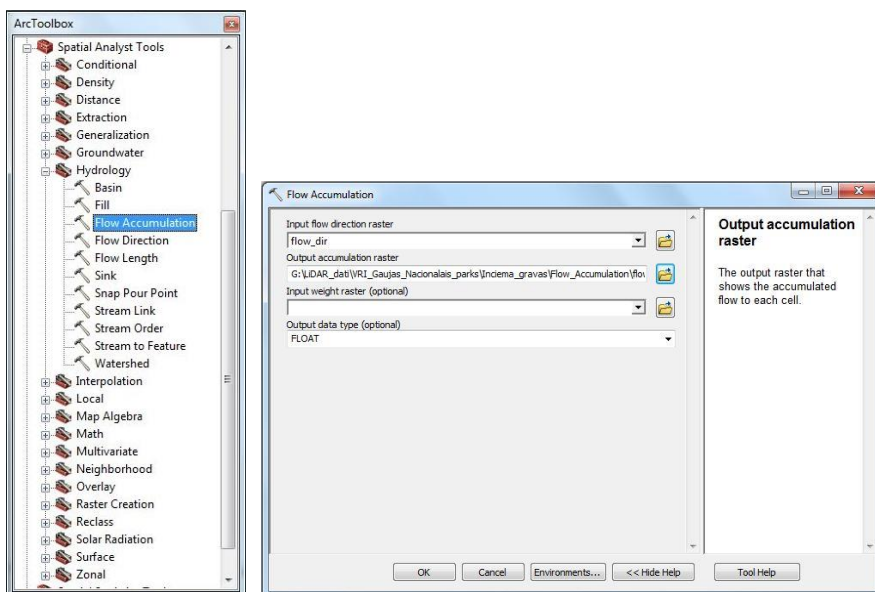
3.2.9. attēls. Gravas gultnes DEM fragments ar izlīdzinātām neprecizitātēm un novērstām kļūdainām augstuma vērtībām (A) un uz šī DEM pamata iegūti hidroloģiski saistīti gravu tīkla elementi bez pārrāvumiem (B).

Tādā veidā papildus apstrādātais DEM tālāk tika izmantots, lai ar *ArcGIS* paplašinājuma *Spatial Analyst* telpiskās analīzes rīku *Flow Direction* (3.2.10. attēls) atvasinātu noteces virziena rastra slāni.



3.2.10. attēls. Rīka *Flow Direction* izvēlne un izejas datu ievade (datorprogrammas ArcGIS ekrānskaits)

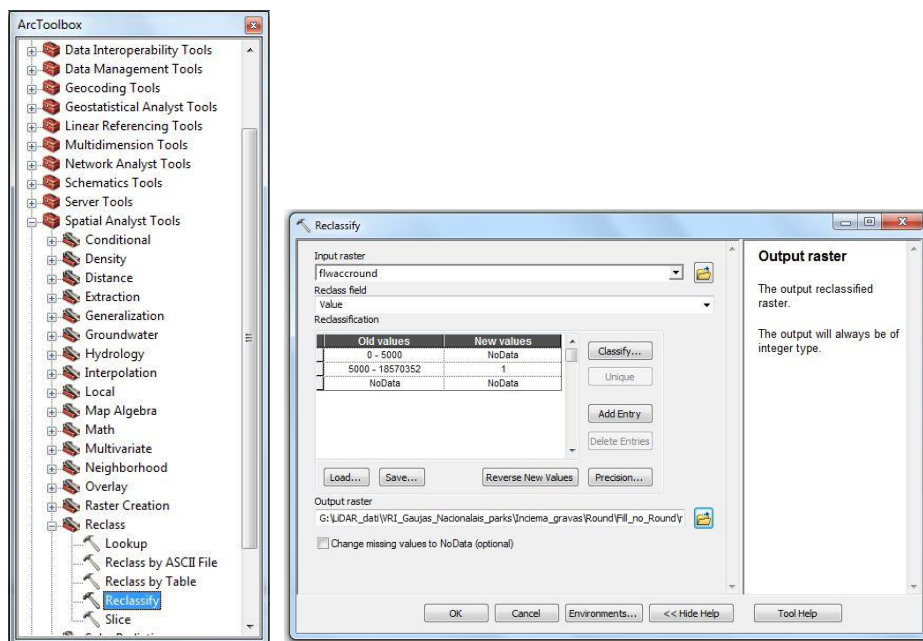
No noteces virziena slāņa savukārt ar *ArcGIS* paplašinājuma *Spatial Analyst* telpiskās analīzes rīku *Flow Accumulation* (3.2.11. attēls) tika atvasināts noteces koncentrēšanās vietu jeb ievalku slānis rastra formātā. Šis slānis faktiski reprezentē savstarpēji savienotus lokālos reljefa minimuma ekstrēmumus digitālajā augstuma modelī.



3.2.11. attēls. Rīka *Flow Accumulation* izvēlne un izejas datu ievade (datorprogrammas ArcGIS ekrānskaits)

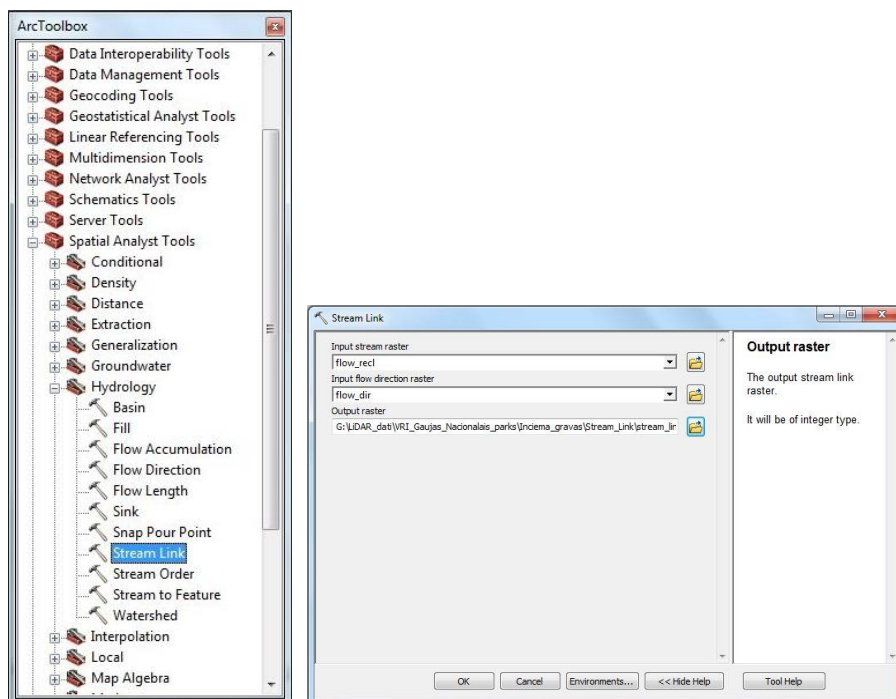
Tad no iegūtā rastra reklasifikācijas gaitā ar rīku *Reclassify* (3.2.12. attēls) tika izveidots jauns slānis, atlasot un saglabājot tikai tās šūnas, kas drenē virsmas laukumu lielāku par 5000 rastra vienībām (Maidment, 2002), respektīvi, platību virs 0,5 ha.

Reklasifikācijas gaitā rastra datus šūnām, kuru vērtības ir < 5000 jeb mazākas par 0,5 ha, tika nomainītas uz „NoData”, savukārt šūnām, kuru vērtības ir > 5000 jeb lielākas par 0,5 ha, tika nomainītas uz „1”.



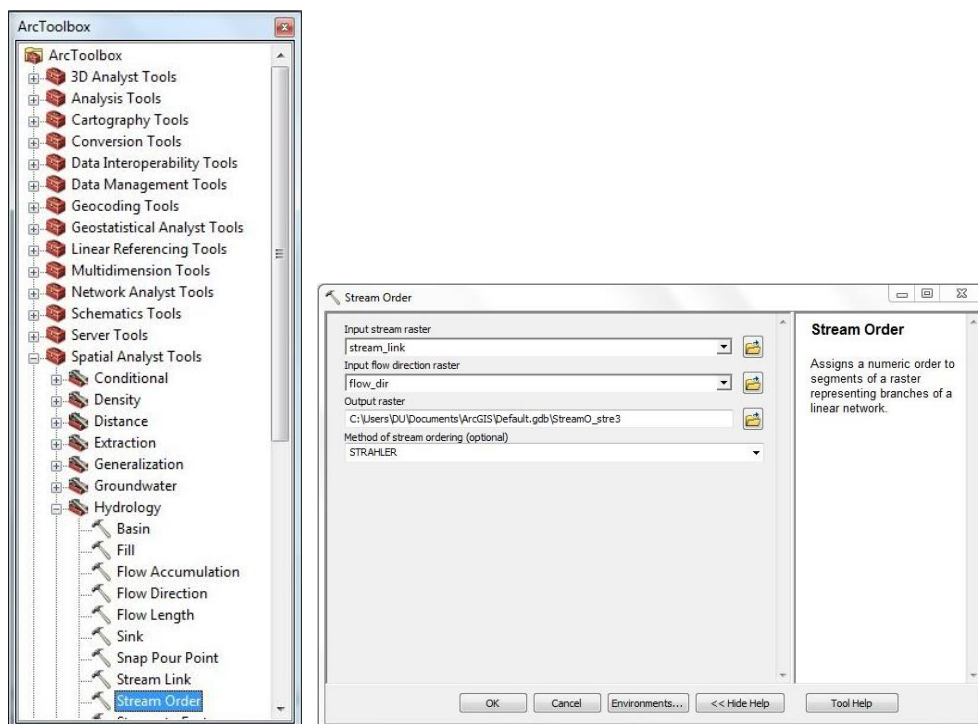
3.2.12. attēls. Rīka *Reclassify* izvēlne un izejas datu ievade (datorprogrammas ArcGIS ekrānskaits)

Pēc tam reklasificētie dati ar *ArcGIS* paplašinājuma *Spatial Analyst* hidroloģiskās analīzes rīku *Stream Link* (3.2.13. attēls) tika savienoti hidroloģiski saistītā tīklā.



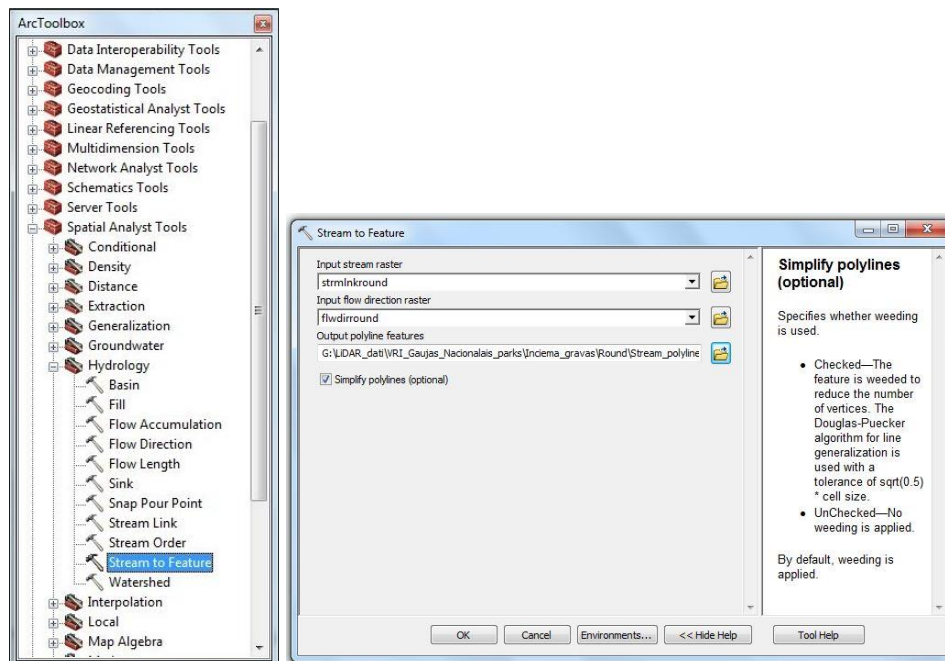
3.2.13. attēls. Rīka *Stream Link* izvēlne un izejas datu ievade (datorprogrammas ArcGIS ekrānskats)

Lai izvairītos no apjomīga, manuāli veicama darba, nosakot gravu zarošanās pakāpi saskaņā ar A. Strālera ieviesto hidrogrāfiskā tīkla elementu zarošanās pakāpes sistēmu (Strahler, 1952), gravu ievalkas reprezentējošie rastra formāta dati tika apstrādāti ar ArcGIS paplašinājuma *Spatial Analyst* hidroloģiskās analīzes rīku *Stream Order* (3.2.14. attēls).



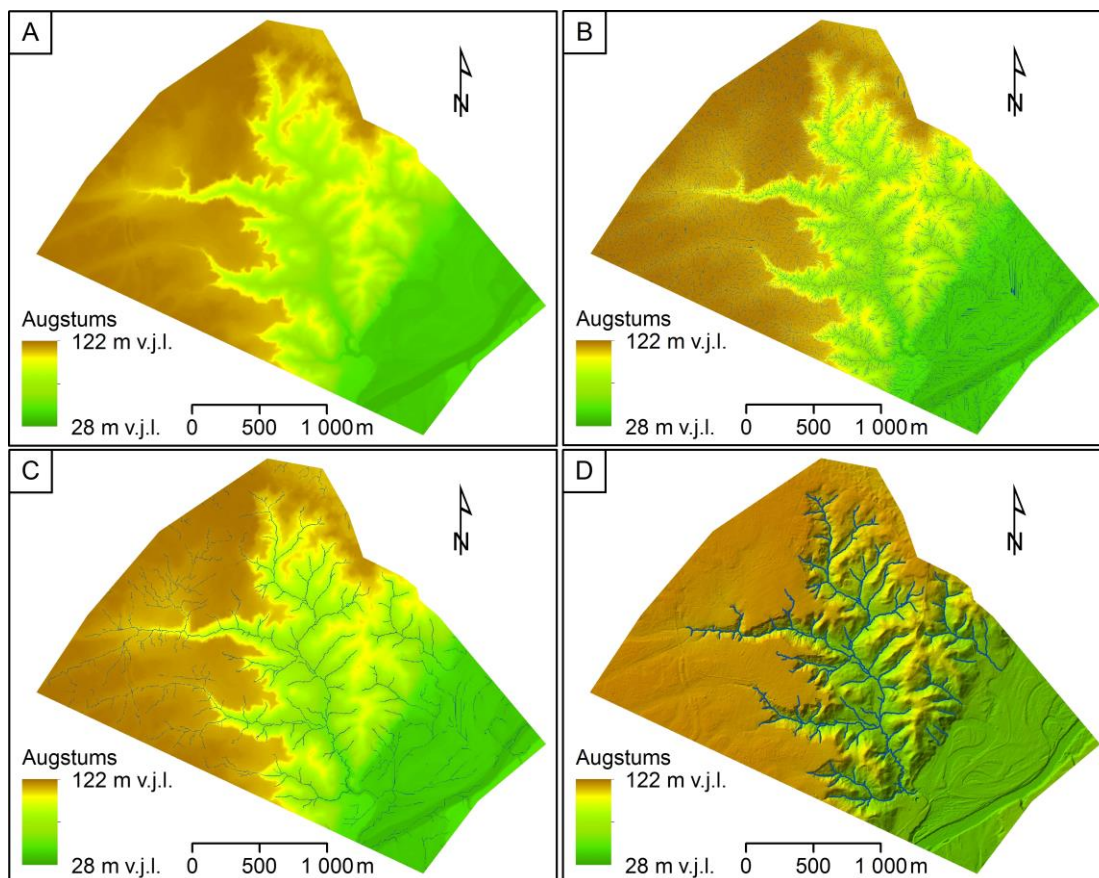
3.2.14.. attēls. Rīka *Stream Order* izvēlne un izejas datu ievade (datorprogrammas ArcGIS ekrānskats)

Turpmācāajā datu apstrādes gaitā iegūtais hidroloģiski saistītā tīkla rastra slānis ar rīku *Stream to Feature* (3.2.15. attēlu) tika konvertēts par *polyline* veida vektordatu slāni, kurā tā atsevišķi elementi savienojuma vietās, proti, gravas un to atzari, tika topoloģiski savienoti (3.2.16. attēlu).



3.2.15. attēls. Rīka *Stream to Feature* izvēlne un izejas datu ievade (datorprogrammas ArcGIS ekrānskats).

Vizuālās analīzes un manuālās rediģēšanas ceļā tika veikta vektordatu papildus apstrāde, izdzēšot gravām neatbilstošus elementus, piemēram, ceļu ierakumus u.c.



3.2.16. attēls. **Gravu tīkla identificēšanas un vektordatu ģenerēšanas secība (kā piemērs izmantots gravu saposmots, Gaujas senielejas kreisā krasta nogāzei piegulošās teritorijas fragments uz DA no Inciema): uz Aerolāzerskenēšanas rastra datu pamata izveidotais digitālais zemes virsmas modelis (A); atvasināts noteces koncentrēšanās vietu jeb ievalku slānis (B); reklasifikācijas ceļā ģeneralizēts lineāro elementu slānis (C) un no tā ģenerēts gravu ievalku vektordatu slānis, uzskatāmībai digitālajam zemes virsmas modelim piešķirts ēnojums.**

Tādejādi ĢIS-bāzētu erozijas tīkla izdalīšanas un analīzes metožu aprobācija apliecināja, ka uz augstas izšķirtspējas digitālā virsmas modeļa pamata ar ĢIS rīkiem daļēji automatizētu operāciju ceļā ir iespējams efektīvi veikt gravu tīkla identificēšanu. Tomēr, lai veiktu iegūto datu ticamības pārbaudi, ir nepieciešams dabā apsekot etalonteritorijas un salīdzināt ĢIS analīzē iegūtos rezultātus ar lauka pētījumu datiem, respektīvi, nepieciešams veikt digitāli ģenerēto datu validāciju un pārliecināties par šādi iegūtā erozijas tīkla atbilstību situācijai dabā.

3.3. ĢIS vidē identificētā gravu erozijas tīkla datu precizitātes pārbaude

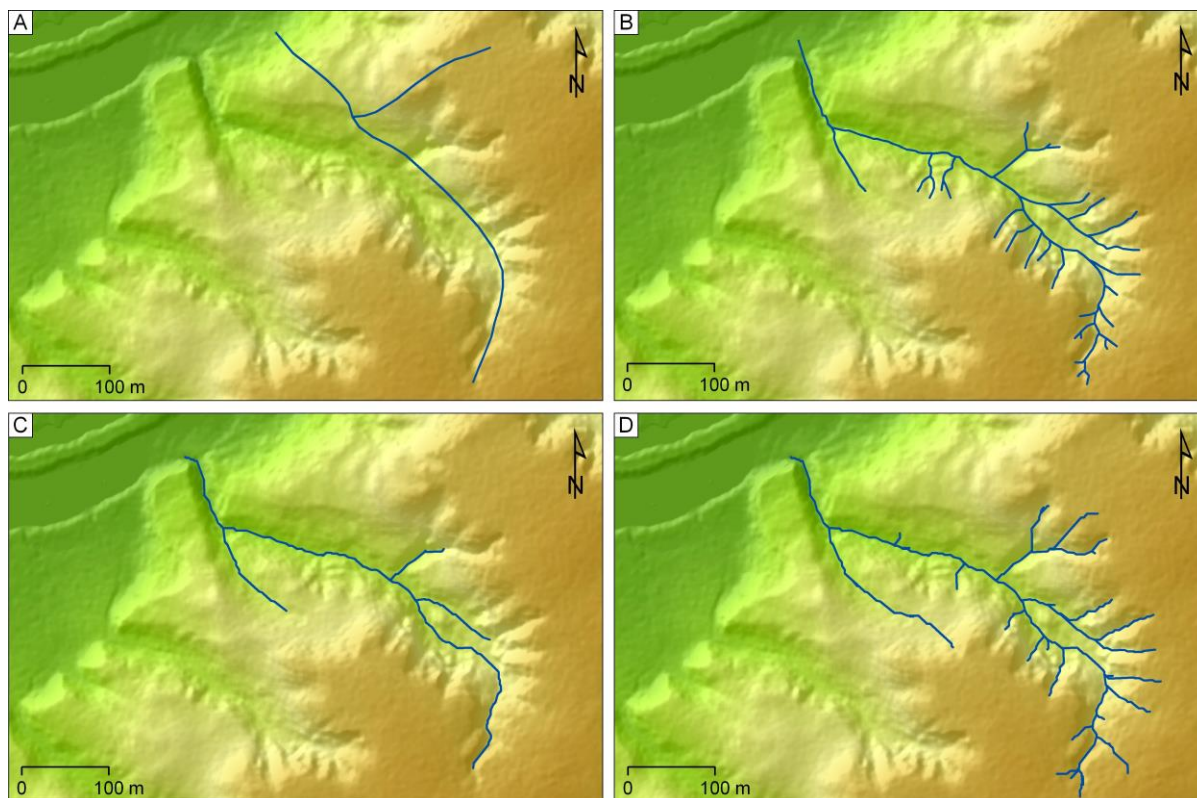
Veicot pētījumu tik noskaidrots, ka uz aerolāzerskenēšanas datu pamata izveidotais DEM, pateicoties augstai detalizētības pakāpei, ļauj iegūt gan kvalitatīvā, gan kvantitatīvā

nozīmē jaunu faktisko materiālu par gravu erozijas tīklu GNP teritorijā. Respektīvi, augstas izšķirtspējas DEM izmantošana un ĢIS analīze nodrošina gan kvalitatīva rakstura jaunu datu iegūvi par erozijas tīkla apveidu, tā ģeogrāfiskā izvietojuma likumsakarībām un gravu morfoloģiju, gan kvantitatīva rakstura jaunu datu iegūvi par erozijas tīkla elementu skaitu, tīkla kopējo garumu un blīvumu u.c.

Pētījums apliecina, ka GNP teritorijā, kur lielas platības sedz meža veģetācija, negatīvo reljefa formu identificēšana no lielmēroga topogrāfiskajām kartēm var būt neprecīza (3.3.1. attēls A), attiecīgi nepietiekami precīzi var būt arī iepriekšēji publicētie (Āboltiņš, 1971) erozijas formu identificēšanas un to ģeogrāfiskā izvietojuma pētījumu rezultāti. Uz šādu neatbilstību norāda arī zinātniskajā literatūrā publicētās atziņas (piemēram, James *et al.*, 2007; Julian *et al.*, 2012). Tas, ka agrākajos pētījumos publicētie rezultāti var būtiski atšķirties no faktiskās situācijas dabā, respektīvi, gravu erozijas veidotajam saposmojumam ir komplicētāks raksturs un attiecīgi gravu tīkla blīvuma vērtības ir augstākas, nekā norādīts literatūrā, apliecina arī Latvijā pēdējos gados iegūtie dati (Krišāns, 2011).

Lai pārlicinātos par ĢIS analīzē iegūtā faktiskā materiālu ticamību, tika veikta ar datoru izveidotā erozijas tīkla un tā elementu salīdzināšana ar situāciju dabā (3.3.1. attēls B). Salīdzinājums parādīja, ka lineāri izstiepto negatīvo reljefa formu elementu ģenerēšanas un lielāko elementu atlases procedūrā ar ArcGIS rīkiem kā datu filtru pielietojot zinātniskajā literatūrā (Maidment, 2002) ieteikto sliekšņvērtību 5000 rastra vienības, kas konkrētā DEM gadījumā atbilst 0,5 ha platībai, iegūtais gravu ievalku slānis pietiekami precīzi ataino galvenos tīkla elementus, taču mazākas gravas, kā arī nelieli sānu atzari tādā veidā netiek iekļauti tīklā (3.3.1. attēls C). Tāpēc atkārtojot augstāk minētās procedūras ar rastra datu filtra atšķirīgiem parametriem, empīriski tika noteikts, ka precīzākus rezultātus sniedz sliekšņvērtības 1000 izmantošana (3.3.1. attēls D), kas tad tika izmantota turpmākos maģistra darba pētījumos.

Nepieciešams atzīmēt, ka sliekšņvērtībai 1000 atbilst 0,1 ha liela platība, taču citu zinātnieku publicēto pētījumu rezultāti parāda, ka sateces baseini ar šādu platību nav pietiekami, lai veidotos gravas (Prosser and Abernethy, 1996; Boardman, 1992; Montgomery and Dietrich, 1994). Tas savukārt norāda uz citu, šajā gadījumā ģeoloģisko un hidroģeoloģisko faktoru nozīmi gravu tīkla mazāko elementu veidošanās procesā. Acīmredzot īsāku gravu un nelielu atzaru veidošanās GNP teritorijā esošajās gravās ir saistīta ar pazemes ūdeņu ģeoloģisko darbību, kad devona vecuma Gaujas, Amatas un Sietiņu svītas pamatiežos norisinoties sufozijas un nogāžu procesiem, veidojas lokālas negatīvās reljefa formas. Literatūrā ir aprakstīts šāds gravu veidošanās mehānisms (Samani *et al.*, 2009; Soms, 2013), tomēr lai gūtu apstiprinājumu šādam pieņēmumam attiecībā uz GNP gravām, nepieciešami papildus pētījumi, kas balstīti uz lielmēroga ģeoloģiskās kartēšanas datiem.



3.3.1. attēls. Nurmižu gravu rezervāta vienas gravas un tās sānu atzaru ievalku slānis, kas iegūts ar dažādam metodēm: veicot M 1 : 10 000 topogrāfisko karšu interpretāciju (A); veicot tahimetrisko uzmērīšanu dabā (B, datu avots Krišāns, 2011); veicot lineārās erozijas elementu atvasināšanu no DEM ar rastra datu filtra vērtību “5000” (C) un veicot lineārās erozijas elementu atvasināšanu no DEM ar rastra datu filtra vērtību “1000” (D).

3.4. Lineārās erozijas formu ģeogrāfiskā izvietojuma analīze ar ĢIS programmatūru

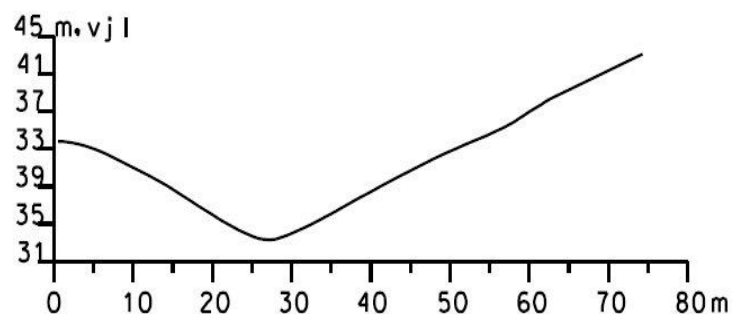
Pēc tam, kad iepriekšējās apakšnodalās aprakstīto darbību veikšanas un datu apstrādes rezultātā no DEM tika iegūti *.shp *polyline* formāta vektordati, kas apraksta gravu erozijas tīklu GNP teritorijā, tika veikta lineārās erozijas formu ģeogrāfiskā izvietojuma analīze. Šim nolūkam saskaņā ar zinātniskajā literatūrā norādīto metodiku (Kopp *et al.*, 2001), izmantojot ArcGIS paplašinājuma *Spatial Analyst* rīku *Line Density*, tika ģenerēti rastra dati, kas ataino gravu tīkla blīvuma ģeogrāfiskās atšķirības GNP teritorijā. Pielietojot norādīto rīku, tā uzstādījumos *Search Radius* tika norādīts 1000 m, bet kā laukuma vienība tika izvēlēts km². Norādītie uzstādījumi ļāva ĢIS vidē veikt erozijas tīkla blīvuma aprēķinus mērvienībās km · km⁻², vizualizēt šo informāciju un identificēt klasterus ar augtām erozijas tīkla blīvuma vērtībām. Erozijas tīkla blīvuma vērtību ģeotelpiskā sadalījuma īpatsvara statistiskā analīze tika veikta ar ArcGIS paplašinājuma *Spatial Analyst* rīku *Histogram*.

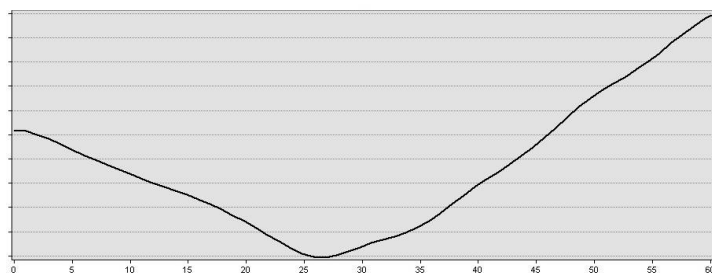
3.5 Kartogrāfiskā materiāla analīze etalonteritoriju noteikšanai lauka pētījumiem

Tā kā maģistra darbā tiek izmantoti arī O. Krišāna (2011) iegūtie dati, tad viena no etalonteritorijām ir Nurmižu gravu rezervātā. Krišāna tiešās uzmērīšanas rezultāti salīdzināti ar no aerolāzerskenēšanas datu apstrādes iegūtajām gravu ievalkām un uz secinājumu pamata pielāgotas metodes, tālākai darba izstrādei atbilstoši situācijai Gaujas Nacionālajā parkā. Abu pārējo Inciema un Platones gadījumā teritorijas izvēlētas apskatot gravu saposmījumu, lai tas būtu pietiekami liels un tajā skaidri būtu izdalāms gravu reljefs. Šajā gadījumā izvēlētas divu veidu teritorijas – Inciemā – ar ļoti skaidri izteiktām gravu krotīm, Platonē ar mazāk izteiktām, bet tajā pašā laikā pietiekami lielu saposmījumu. Izvēloties lauka pētījumu etalonteritorijas bija svarīgi arī aplūkot aerolāzerskenēšanas datus. Gadījumos, ja DEM tiek izmantots kvantitatīvu raksturlielumu noteikšanai vai gravu erozijas tīkla elementu ģenerēšanai ĢIS vidē, rastra šūnu vai šūnu grupu kļūdainas vērtības var būt nopietns šķērslis hidroloģiski savstarpēji saistītu un topoloģiski korektu tīklveida datu ieguvei (Roux *et al.*, 2013).

3.6. Ģeomorfoloģiskie lauka pētījumi

Ar mērķi veikt no aerolāzerskenēšanas datiem ģenerēta DEM precizitātes pārbaudi un noskaidrot tā piemērotību gravu šķēršprofilu un to morfoloģijas, kā arī gravu morfoģenētiskā tipa kamerālai noteikšanai, tika veikta no DEM iegūtu un lauka apstākļos uzmērītu šķēršprofilu salīdzināšana (3.6.1. attēls).





3.6.1. attēls. No Aerolāzerskenēšanas datiem ģenerēta DEM izmantošanas iespējas gravu morfoloģijas analizē: tahimetriskās uzmērīšanas gaitā iegūts Kaktiņu gravas šķērsprofils (Krišāns, 2011) attēla augšējā daļā un ar ArcGIS paplašinājuma 3D Analyst rīku *Create Profile Graph* iegūts Kaktiņu gravas šķērsprofils attēla apakšējā daļā

Dabā gravu nogāžu profili tika uzmērīti ar klinometru, vadoties no A. Janga un līdzautoru aprakstītās metodikas (Young *et al.*, 1974) un tad ar datorprogrammas Microstation V8i PowerDraft (studentu licence) palīdzību tika konstruēti šķērsprofili (sīkāks apraksts sniegts maģistra darba 4.2 nodaļā). Profilu sākuma punktu un beigu punktu koordinātas tika fiksētas ar augstas precizitātes klases GPS uztvērēju Topcon GRS-1 uzstādot to katrā punktā un ļaujot instrumentam no 50 koordināšu nolasījumiem aprēķināt vidējo. Iegūtie profilu punkti tika eksportēti uz ArcGIS. Tas ļāva ar ArcGIS rīku *Profile Graph* no DEM iegūt šķērsprofilus tajās pašās vietās, kur tika veikti uzmērījumi dabā un attiecīgi veikt šķērsprofilu salīdzināšanu. Tāda veidā tika iegūti un salīdzināti 6 šķērsprofili (3 Inciemā un 3 Platonē).

No aerolāzerskenēšanas datiem ģenerēta DEM precizitātes pārbaude apliecina, ka šis augstuma modelis ir izmantojams, lai kamerālos apstākļos iegūtu ticamu informāciju par gravu morfoloģiju un uz tā pamata veiktu arī skaitlisko morfometrisko raksturlielumu noteikšanu. Pēdējais no norādītajiem uzdevumiem ievērojami atvieglo datu apkopošanu, piemēram, gravu platuma un dziļuma attiecības aprēķiniem. Lauka apstākļos šo divu raksturlielumu noteikšana ar ģeomorfoloģijā lietotām standartmetodēm (Goudie *et al.*, 1998) ir ļoti laikietilpīga, bet, ņemot vērā GNP teritorijā esošo gravu ievērojamos izmērus un kokaugu veģetācijas segu, atsevišķos gadījumos šādi mērījumi pat nav izdarāmi.

Veicot gravu ievalku uzmērīšanu, tika izmantots iepriekš minētais GPS uztvērējs, taču, lai ietaupītu lauku darbos pavadīto laiku, tam tika uzstādīta opcija iegūt punkta koordinātes no 10 nolasījumiem. Tā kā instrumentam ir iespējams savienoties ar tuvāko bāzes staciju, tik liels punktu nolasīšanas daudzums nebūtu nepieciešams, lai iegūtu pietiekami augstas precizitātes datus, taču tā kā internetu un līdz ar to arī bāzes stacijas signālu traucēja vai pilnībā aizsedza blīvā veģetācija, kā arī gravas stāvās nogāzes, tika izvēlēts balstīt datus uz lielāku punktu nolasījumu skaitu.

Gravu ievalku uzmērīšana tika veikta agrā pavasarī, laika periodā kad nogāzes vairs neklāj sniega sega, bet kokiem vēl nav parādījies lapojums, kas radītu papildus traucējumus GPS signālam. Lauka darbos kopā tika pavadītas trīs dienas. Divas no tām izmantotas, lai uzmērītu gravu ievalku tīklu Inciemā (30. aprīlis) un Platonē (22.marts), savukārt, trešā, lai iegūtu šķērsprofilu datus abu izvēlēto etalonteritoriju nogāzēm 6 profilos (20.aprīlis). Uzmērot ievalkas, dabā tika meklētas sīkas ūdensteces, jo tās visprecīzāk parāda gravu ievalkas, un pēcāk salīdzinot ar no aerolāzerskenēšanas datiem iegūtās to sakritība būtu lielāka. Netika uzmērītas ievalkas aprīmušām gravām, jo nebija iespējams precīzi noteikt, kur atrodas gravas dziļākā vieta, pa kuru tikai ekstrēmu nokrišņu gadījumā notiktu ūdens plūsma. Līdz ar to uzmērītais gravu ievalku tīkls reprezentē tās vietas, kur mūsdienās turpinās gravu veidošanās pazemes ūdeņu izplūdes rezultātā.

3.7. Kartogrāfiskā materiāla salīdzināšana ar aerolāzerskenēšanas un lauka pētīju datiem.

Kartogrāfiskā materiāla analīzei tika izmantota Armijas ģenerālštāba topogrāfiskā karte mērogā 1 : 10 000, jo šī karte ir viena no visdetālāk izstrādātajām topogrāfiskajām kartēm , kas pieejamas fakultātes karšu serverī un tajā pateicoties smalkajam izolīniju rakstam iespējams dešifrēt gravu ievalkas pat nelielām teritorijām. Tā tiek plaši izmantota dažādos reljefa ģeomorfoloģijas pētījumos Latvijā.

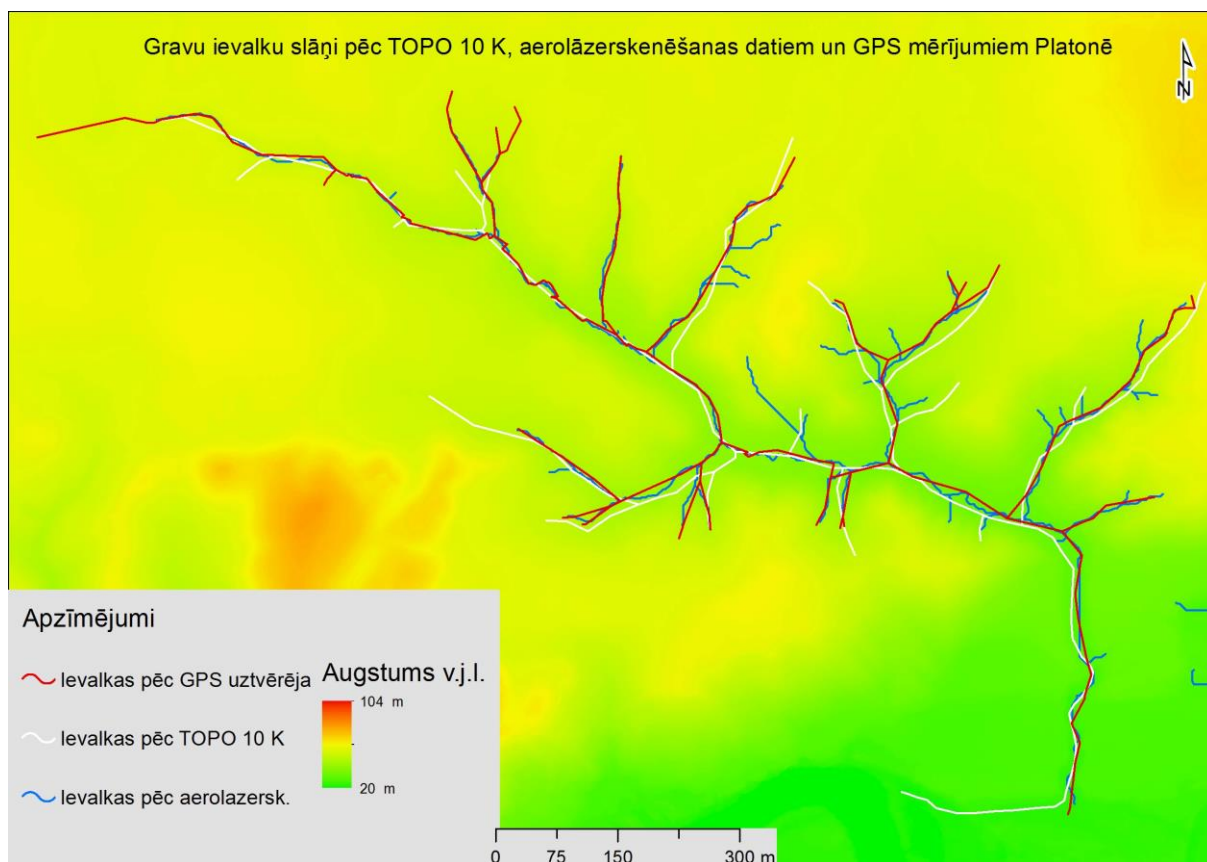
Lauka pētījumu dati tika lejupielādēti no GPS uztvērēja kā *.shp tipa vektordatu fails *Point* formā. ArcGIS 10.0 programmā šāda pieeja ļāva daudz ātrāk paveikt punktu savienošanu ar līniju (*Polyline*), manuālas rediģēšanas ceļā, tā iegūstot gravu ievalku slāni. No uztvērēja tika izlādēts arī *.sdr teksta fails, kas parāda katra uzmērītā punkta koordinātas LKS92-TM (Latvijas koordinātu sistēmā, Transversā Merkatora projekcijā), WGS84 (DD) (Ģeogrāfiskās koordinātas, decimālgados), parāda kāda ir konkrētā punkta lineārās nobīdes - gan vertikālās (VRMS), gan horizontālās (HRMS), kā arī PDOP koeficientu. Parametrs SATS parāda satelītu skaitu, kas izmantoti, lai noteiktu punkta koordinātas. Kā arī punkta statusu, (FIXED) tad ja mērot punktu, instruments ir savienojies, gan ar bāzes staciju, gan ar satelītiem, gūstot maksimālo uztveramības precizitāti no abām bāzes stacijas fāzēm, (FLOAT) statuss parādās ja instruments spēj uztvert tikai 1 fāzi no bāzes stacijas. Savukārt, (UNKNOWN) ja instruments balsta uztveršanu tikai uz satelītiem, bet ne uz tuvāko bāzes staciju. Izdrukā redzami arī divu veidu augstumi, vieni aprēķināti pēc Baltijas 1977. gada normālo augstumu sistēmas (izmantojot LV'98 ģeoīdu), savukārt, otri pielāgoti, lai parādītu augstumu virs jūras līmeņa.

Kā jau 3.2. nodaļā aprakstīts, no aerolāzerskenēšanas datiem tika iegūtas gravu ievalkas un tās attēlojot ArcGIS 10.0 programmā kopā ar GPS uztvērēja iegūtajām ievalkām un no topogrāfiskās kartes iegūtajām ievalkām uzskatāmi redzama datu precizitāte un savstarpējā ievalku sakritība.

4. REZULTĀTI

4.1. GPS uzmērīšanas, aerolāzerskenēšanas un lielmēroga topogrāfiskā materiāla salīdzināšanas rezultāti

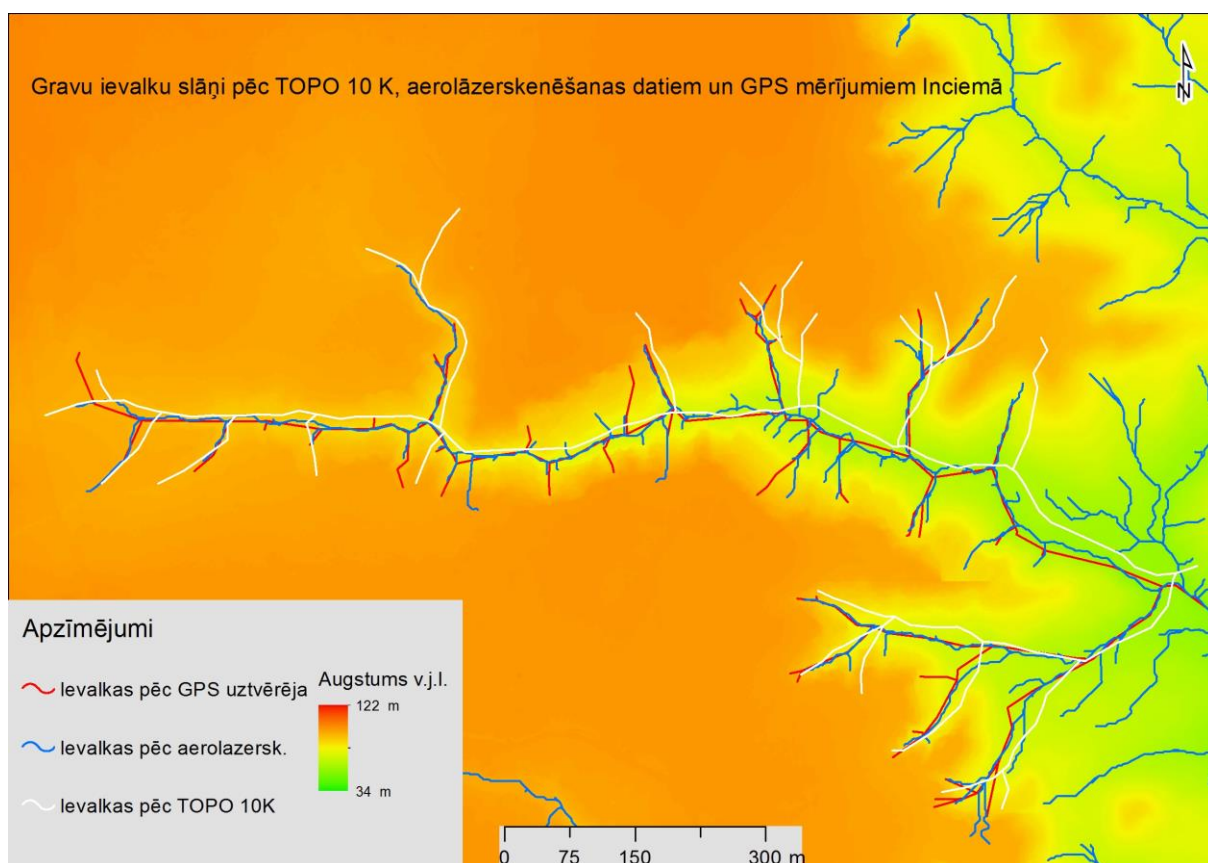
Salīdzinot ar dažādām metodēm iegūtās ievalkas Platones etalonteritorijā (skatīt 4.1.1. attēlu), redzams, ka ar aerolāzerskenēšanas un ar GPS uztvērēja datiem izveidotais ievalku tīkls savā starpā sakrīt vislabāk. Tā kā dabā uzmērot ievalku tīklu netika ņemtas vērā tās gravas un atzari, kuru gultnēs nav konstatēta pastāvīga ūdens plūsma, šādas gravas parādās no aerolāzerskenēšanas datiem iegūtajā ievalku tīklā.



4.1.1. att. **Gravu ievalkas Platones etalonteritorijā.** Sagatavojusi autore, izmantojot nodibinājuma „Vides Risinājumu Institūts” aerolāzerskenēšanas datus, topogrāfisko karti M1:10 000 un GPS mērījumu datus.

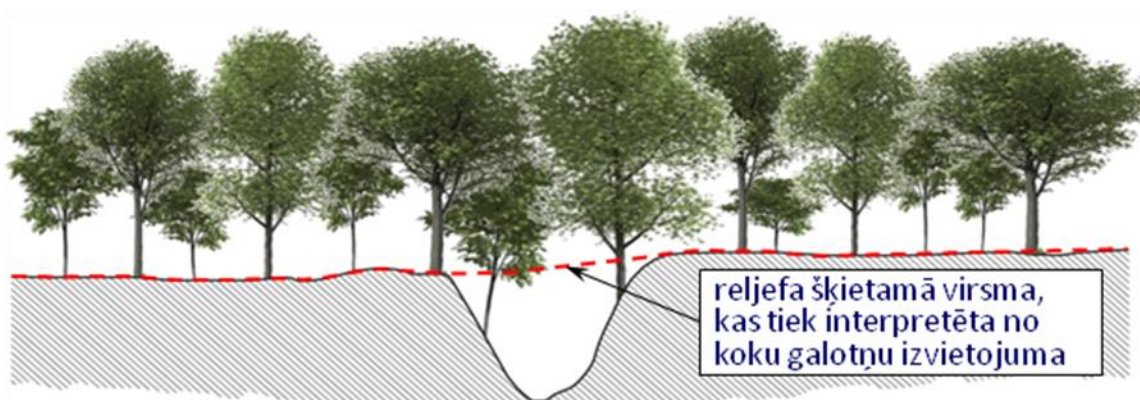
Apskatot gravu ievalku tīklu Inciema gadījumā (skatīt 4.1.2. attēlu), konstatējama līdzīga sakritība, kā 4.1.1. attēlā. Arī šajā etalonteritorijā no aerolāzerskenēšanas datiem iegūtās ievalkas vislabāk pārklājas ar instrumentāli uzmērītajām gravu ievalkām un arī šeit aerolāzerskenēšanas datu ģenerētajā ievalku tīklā redzami daudzi mazāki atzari, kas neparādās uzmērīšanas datos. Vislabākā sakritība vērojama centrālās gravas gultnēm, bet vissliktākā lielo

atzaru galos, kur pēc GPS mērījumiem gravas daudz tālāk sniedzas pieguļošajā teritorijā, nekā to uzrāda aerolāzerskenēšanas datu ievalku slānis.



4.1.2. att. **Gravu ievalkas Inciema etalonterritorijā.** Sagatavojusi autore izmantojot nodibinājuma „Vides Risinājumu Institūts” aerolāzerskenēšanas datus, topogrāfisko karti M1:10 000 un GPS mērījumu datus.

Tādejādi GPS uzmērīšanas, aerolāzerskenēšanas datu interpretācijas un lielmēroga topogrāfiskā materiāla salīdzināšanas rezultāti ļauj izdarīt vairākus secinājumus par gravu erozijas tīkla elementu un to izvietojuma identificēšanu ar dažādām metodēm un šo metožu precizitāti. Pirmkārt, topogrāfisko karšu analizē izzīmējot gravu erozijas tīklu ar fluviālā reljefa zinātniskajos pētījumos plaši pielietoto metodiku (Strahler, 1957 un Morisawa, 1957 modificēts pēc Bauer, 1980), kura balstās uz V-veida vai Λ -veida horizontāļu zīmējuma interpretāciju jeb tā saucamo „*contour-crenulation method*”, tiek iegūti dati, kas vispārīgos vilcienos atbilst erozijas tīkla lielāko elementu reālajam izvietojumam dabā. Tomēr šai metodei, neskatoties uz tās salīdzinošo vienkāršību, ir virkne trūkumu. Tā horizontāļu zīmējuma interpretācijas un uz tās pamata veiktās ievalku tematiskā slāņa sagatavošanas gaitā netiek atspoguļotas nelielas gravas, lielo gravu daudzie sānu atzari un uz lielāko erozijas tīkla elementu nogāzēm sekundāri izveidojušās nogāžu graviņas. Tas ir skaidrojams ar faktu, ka topogrāfisko karšu sagatavošanas procesā dešifrējot reljefu no aerofoto uzņēmumiem apmežotās platībās, ne vienmēr pareizi tiek interpretētas nelielas negatīvās reljefa formas. Proti, ja koku vainagi sakļaujas, tad lapotne var nosegt un neļaut identificēt gravas vai nelielus reljefa pazeminājumus (4.1.3. attēls).



4.1.3. att. Lineārās erozijas formas neatbilstoša interpretācija, dešifrējot reljefu no aerofoto uzņēmumiem apmežotās platībās. J. Soma zīmējums

Līdz ar to uz topogrāfisko karšu pamata iegūtais ievalku izvietojums, erozijas tīkla elementu skaits un to garums būs mazāks par dabā esošo. Kā sekas tam būs kļūdas erozijas tīkla blīvuma aprēķinos, kuros iegūtās vērtības var būt pat vairākas reizes mazākas, nekā ir realitātē. Kā vēl viens šīs metodes trūkums ir jāatzīmē manuālās vektorizēšanas procesa darbietilpīgums, veicot pētījumus platības ziņā lielās teritorijās. Arī erozijas tīklu aprakstošo datu topoloģijas nodrošināšana, kā tas jau iepriekš tika analizēts maģistra darbā, ir komplicēta.

Otrkārt, GPS vai citas lauka apstākļos veiktas instrumentālās uzmērīšanas gaitā iegūtie erozijas tīklu aprakstošie dati ir ar augstu precizitāti, tomēr mazāko lineāras erozijas formu identificēšana un attiecīgi arī to kartēšana dabā ir apgrūtināta apstākļos, kad neveidojas virszemes notece. Līdz ar to ir problemātiska mazāku ievalku identificēšana. Vienlaicīgi jāatzīmē, ka šīs metodes pielietojums ievalku tīkla līniju tematiskā slāņa sagatavošanai tik lielā teritorijā kā GNP resursu un laika ietilpības ziņā praktiski nav realizējams. Turklāt tiešās uzmērīšanas pielietojumu stipri ierobežo blīva meža veģetācija, tāpēc šī metode praktiski ir realizējama tikai atsevišķās gravās vai to posmos.

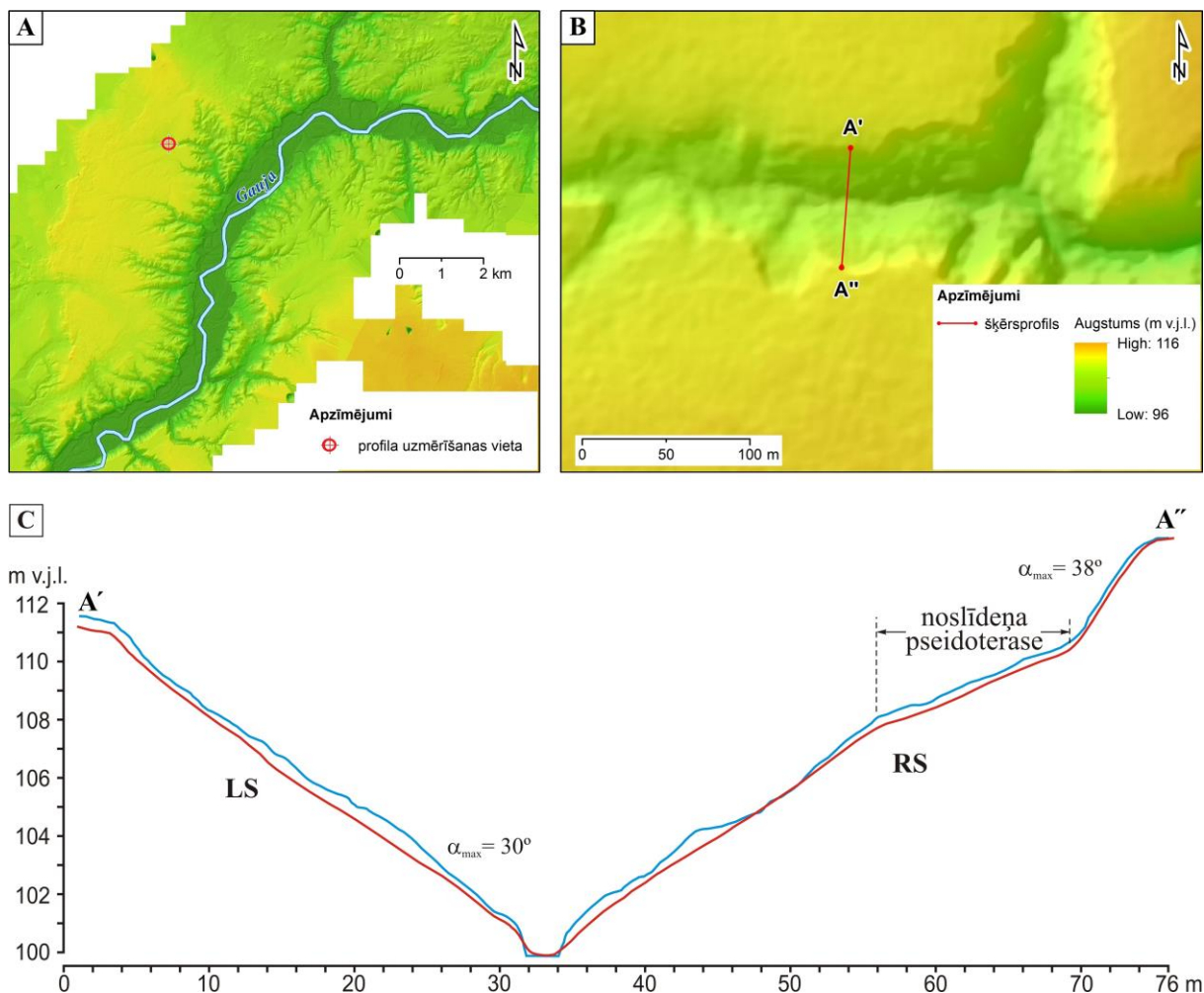
Treškārt, aerolāzerskenēšanas datu un uz to pamata ģenerētu DEM izmantošana ievalku līniju slāņa iegūšanai nodrošina rezultātus, kas ir ievērojami precīzāki par topogrāfiskajās kartēs ietvertu informāciju un ļoti labi atbilst reālajai situācijai dabā. Tas savukārt nozīmē, ka šādā veidā iegūtie dati ir izmantojami, lai korekti varētu spriest par gravu erozijas tīkla ģeogrāfiskā izvietojuma likumsakarībām un veikt arī adekvātus erozijas tīkla blīvuma aprēķinus. Tomēr nepieciešams atzīmēt, ka no aerolāzerskenēšanas datiem atvasināts erozijas tīkls var ietvert arī kļūdas, piemēram, ceļu caurrakumi vai ceļmalas var tikt atainotas kā ievalkas. Tāpēc šīs metodes nekritiska izmantošana lineārās erozijas veidotā reljefa pētījumos var sniegt kļūdainus rezultātus. Šī iemesla dēļ tomēr ir nepieciešama vektorformāta

datu papildus manuāla rediģēšana, ka arī to verificēšana, salīdzinot ĢIS vidē iegūtos datus ar dabā veiktajiem uzmērījumiem.

4.2. Gaujas Nacionālā parka gravu tipoloģija un morfometrisko parametru raksturojums

Iegūtie rezultāti parāda, ka no aerolāzerskenēšanas datiem ģenerēta DEM precizitāte Gaujas Nacionālā parka teritorijā ir pietiekami augsta, lai to varētu izmantot gravu morfoloģijas pētījumiem kamerālos apstākļos. Tā Inciema senkrasta modeļteritorijā uzmērītos profilus salīdzinot ar tajā pašā vietā no DEM iegūtiem šķērsprofiliem, ir redzams, ka profilu līnijas ir pietiekami līdzīgas (4.2.1. un 4.2.2. attēls). Lai gan uz LiDAR datu pamata veidotie profili nelielās detaļās atšķiras no reālās situācijas, tomēr būtiski reljefa elementi, piemēram, noslīdeņu pseidoterases vai U+v veida gravām raksturīgi senākas gultnes līmeņi tajos ir labi identificējami. Atšķirības detaļās ir skaidrojams ar to, ka lauka uzmērījumos ir fiksēti arī mikroreljefa nelīdzenumi, savukārt ģenerējot DEM no aerolāzerskenēšanas datiem, augstuma modelis tiek ģeneralizēts līdz 1 x 1 m lielām rastra šūnām un mikroreljefa nelīdzenumi tiek nogludināti.

Konkrētais profils (skatīt 4.2.1. attēlu) uzmērīts Inciema etalonteritorijā. Profilam ir tipiska V veida forma un labās nogāzes augšdaļā saskatāms krass pazeminājums un pseidoterase, kas izveidojusies noslīdeņa rezultātā. Pseidoterase ir labi izteikta gan ar aerolāzerskenēšanas datiem iegūtajā profilā, gan ar klinometru uzmērītajā. Kreisās nogāzes maksimālais slīpums sasniedz 30° lielu leņķi, bet labās nogāzes maksimālais slīpums ir 38°. Gravas dziļums ir 14 m, bet platums 76 m.

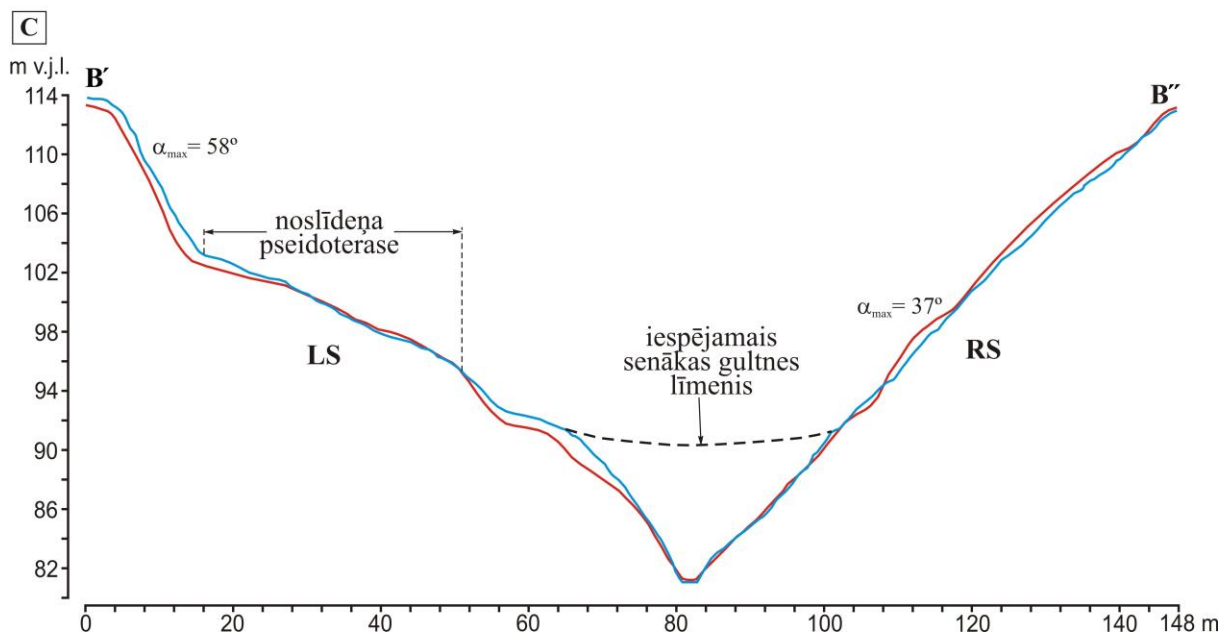
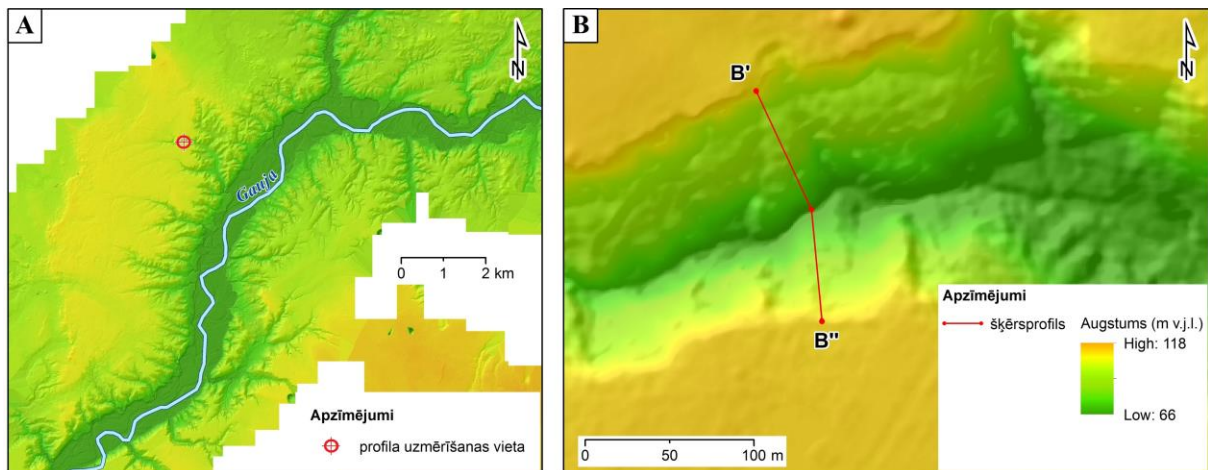


4.2.1 att. Uz aerolāzerskenēšanas datu pamata ģenerēta DEM un no tā ar ArcGIS rīku *Profile Graph* iegūta šķērsprofila salīdzinājums ar lauka uzņēmējumu datiem: profila lokalizācija pētījumu teritorijā (A); uzņēmētās un no DEM iegūtās šķērsprofila līnijas izvietojums (B); V-veida tipiskās gravas šķērsprofils (C).

Vertikālā mēroga pārspīlējums 2 : 1

LS = kreisā nogāze; RS = labā nogāze; α_{\max} = uzņēmētā šķērsprofila maksimālais nogāzes krituma leņķis; sarkana līnija = no DEM iegūtais šķērsprofils; zila līnija = no lauka uzņēmējumu datiem konstruētais šķērsprofils.

Salīdzinot, otro (skatīt.4.2.2. attēlu), ar klinometru uzņēmēto profilu, redzams, ka arī tas ļoti labi sakrīt ar profila līniju, kas iegūta no DEM. Šī profila gravas tips ir U+v, jo tā nogāzes apakšdaļā redzams iespējams jaunāks gravas padziļinājums. Uz kreisās nogāzes redzama noslīdeņa pseidoterase, kas nogāzes augšdaļā izveidojusi stāvāku kāpumu, tur maksimālais nogāzes leņķis ir 58° . Savukārt labajai nogāzei ir vienmērīgs kritums, kas maksimāli sasniedz 37° . Gravas dziļums sasniedz 32 m, bet platums ir gandrīz 150 m.



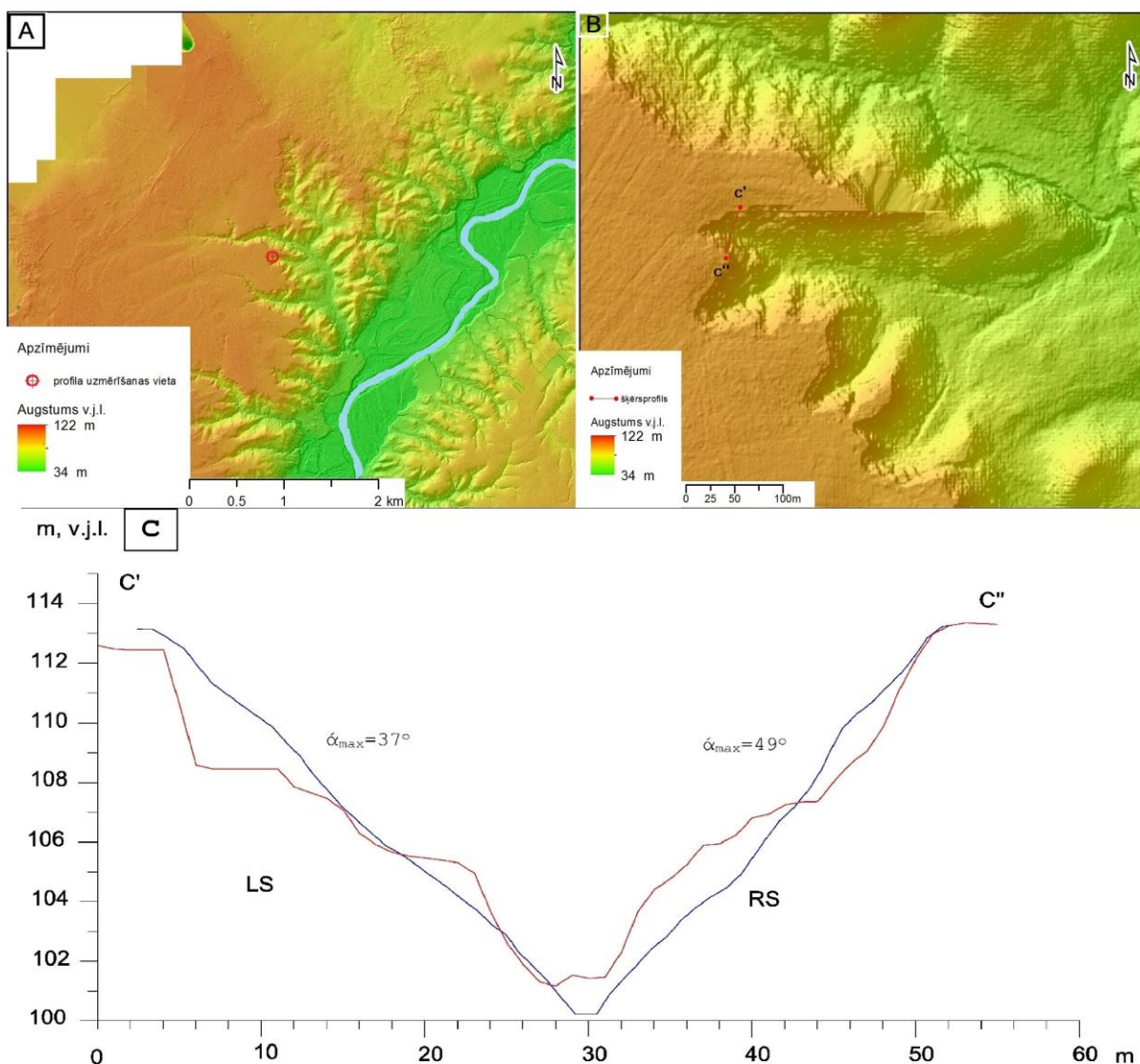
4.2.2. att. Uz aerolāzerskenēšanas datu pamata ģenerēta DEM un no tā ar ArcGIS rīku *Profile Graph* iegūta šķērsprofila salīdzinājums ar lauka uzmērījumu datiem: profila lokalizācija pētījumu teritorijā (A); uzmērītās un no DEM iegūtās šķērsprofila līnijas izvietojums (B); U+v veida tipiskās gravas šķērsprofils (C).

Vertikālā mēroga pārspīlējums 2 : 1.

LS = kreisā nogāze; **RS** = labā nogāze; α_{max} = uzmērītā šķērsprofila maksimālais nogāzes krituma leņķis; sarkana līnija = no DEM iegūtais šķērsprofils; zila līnija = no lauka uzmērījumu datiem konstruētais šķērsprofils.

4.2.3. attēlā parādītajā profilā no DEM iegūtais šķērsprofils un ar klinometru uzmērītais sakrīt tikai vietām. Redzams, ka dabā uzmērītais profils ieagrauzies nedaudz dziļāk, kā arī nav novērojamas DEM iegūtajā profilā redzamās noslīdēņu pseidoterases. Gravas tips pēc klinometra datiem ir V veida, bet DEM iegūtā profila U veida. Kreisās nogāzes augšpusē lielais kritums radies aerolāzerskenēšanas datu kļūdainības dēļ, kļūdu iespējams saskatīt arī profila izvietojuma shēmā B, kur tā attēlojas kā taisna horizontāla līnija vietām šķērsojot

gravas kroti. Maksimālai uzmērītais nogāzes leņķis kreisajai nogāzei ir 37° , bet labajai 49° . Gravas dziļums ir 13 m, bet platums 55 m.



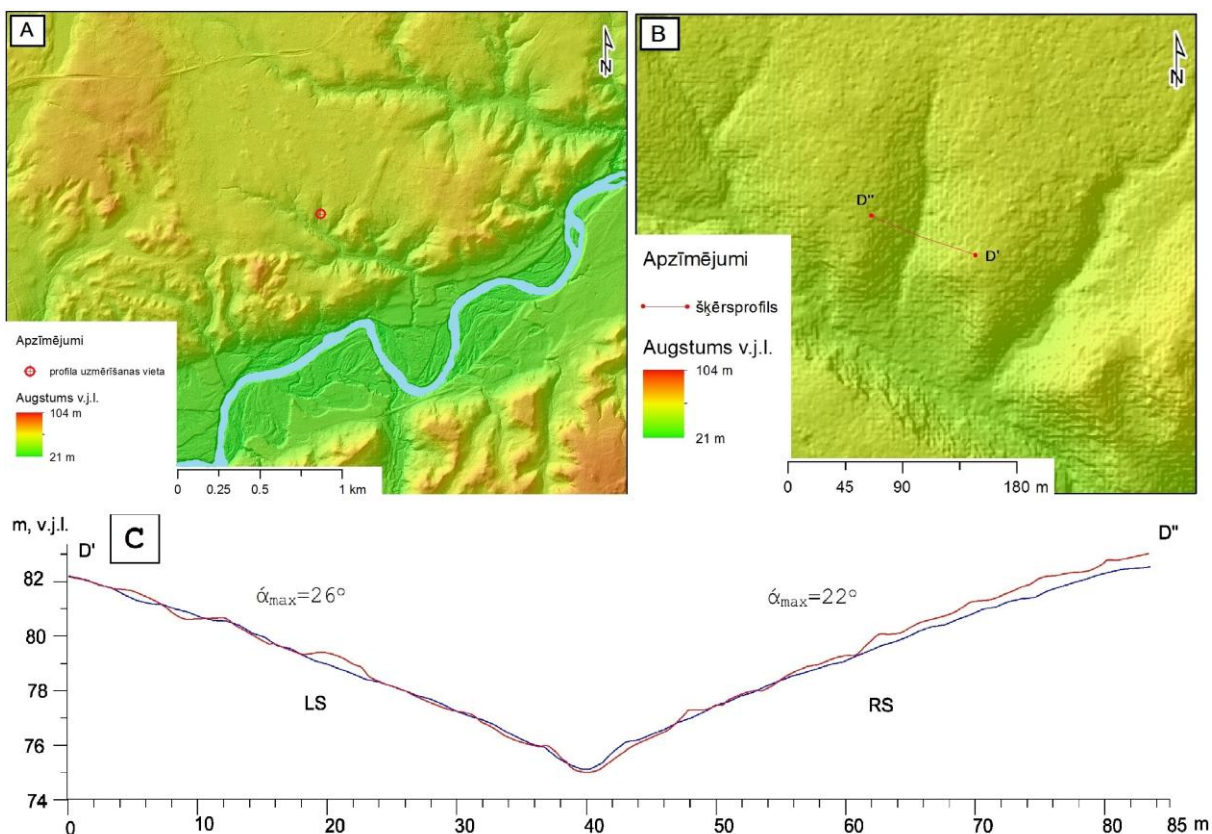
4.2.3. att. Uz aerolāzerskenēšanas datu pamata ģenerēta DEM un no tā ar ArcGIS rīku *Profile Graph* iegūta šķērsprofila salīdzinājums ar lauka uzmērījumu datiem: profila lokalizācija pētījumu teritorijā (A); uzmērītās un no DEM iegūtās šķērsprofila līnijas izvietojums (B); V veida tipiskās gravas šķērsprofils (C).

Vertikālā mēroga pārspīlējums 2 : 1.

LS = kreisā nogāze; **RS** = labā nogāze; α_{max} = uzmērītā šķērsprofila maksimālais nogāzes krituma leņķis; sarkana līnija = no DEM iegūtais šķērsprofils; zila līnija = no lauka uzmērījumu datiem konstruētais šķērsprofils.

Šī profila līnija (skatīt 4.2.4.attēlu) uzmērīta Platones etalonteritorijai. Izvietojuma shēmā B redzams, ka nogāzēm nav izteiktas krotas, un tās ir daudz lēzenākas, relatīvais augstums ir septiņi metri, bet nogāzes platums 85 m. Abi iegūtie profili gandrīz sakrīt un uz

tiem nav vērojamas izteiktas reljefa formas. Uzmērītā šķērsprofila maksimālais leņķis kreisajai nogāzei ir 26° , bet labajai 22° .

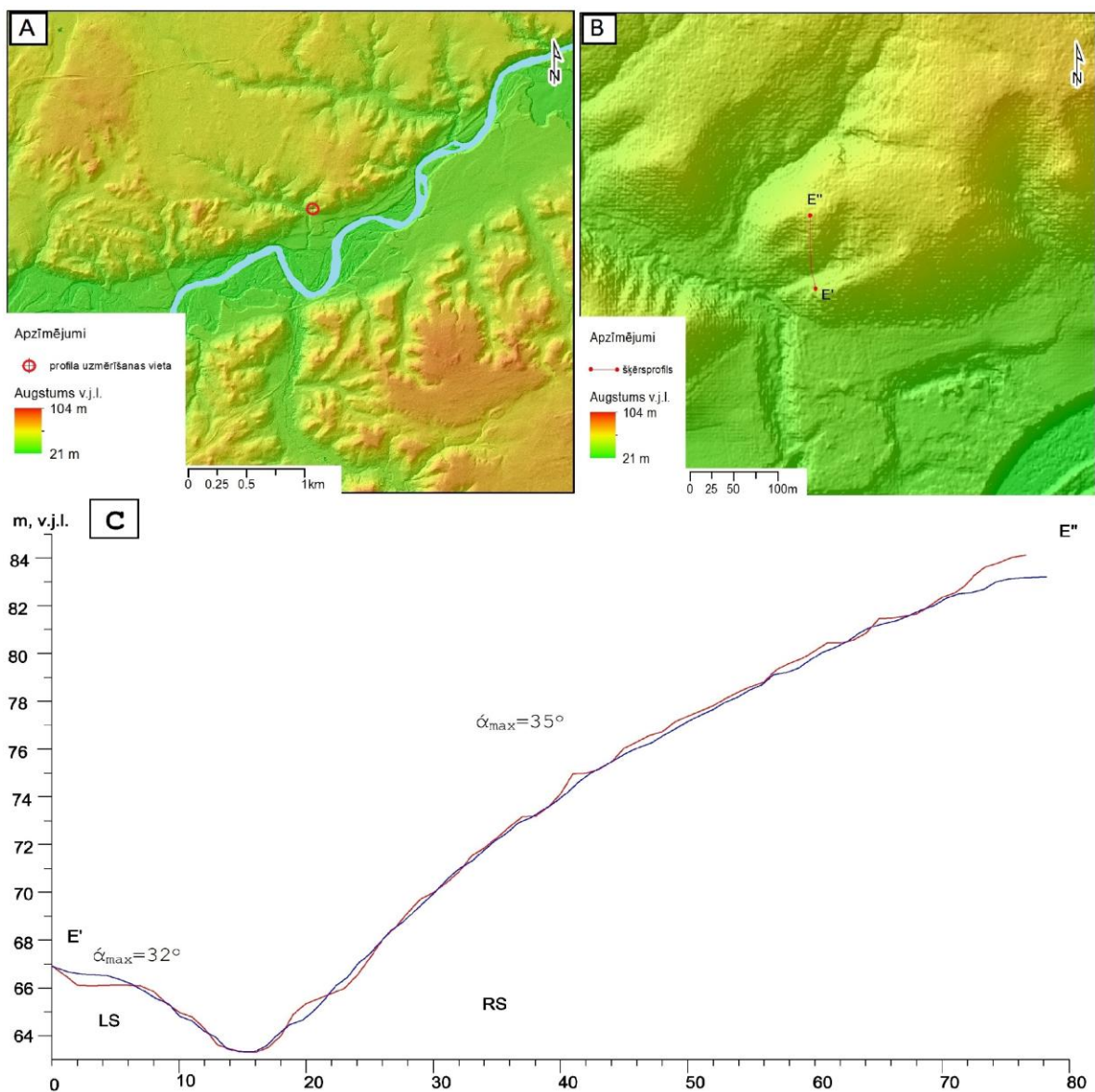


4.2.4. att. Uz aerolāzerskenēšanas datu pamata ģenerēta DEM un no tā ar ArcGIS rīku *Profile Graph* iegūta šķērsprofila salīdzinājums ar lauka uzmērījumu datiem: profila lokalizācija pētījumu teritorijā (A); uzmērītās un no DEM iegūtās šķērsprofila līnijas izvietojums (B); V veida tipiskās gravas šķērsprofils (C).

Vertikālā mēroga pārspīlējums 2 : 1.

LS = kreisā nogāze; **RS** = labā nogāze; α_{\max} = uzmērītā šķērsprofila maksimālais nogāzes krituma leņķis; sarkana līnija = no DEM iegūtais šķērsprofils; zila līnija = no lauka uzmērījumu datiem konstruētais šķērsprofils.

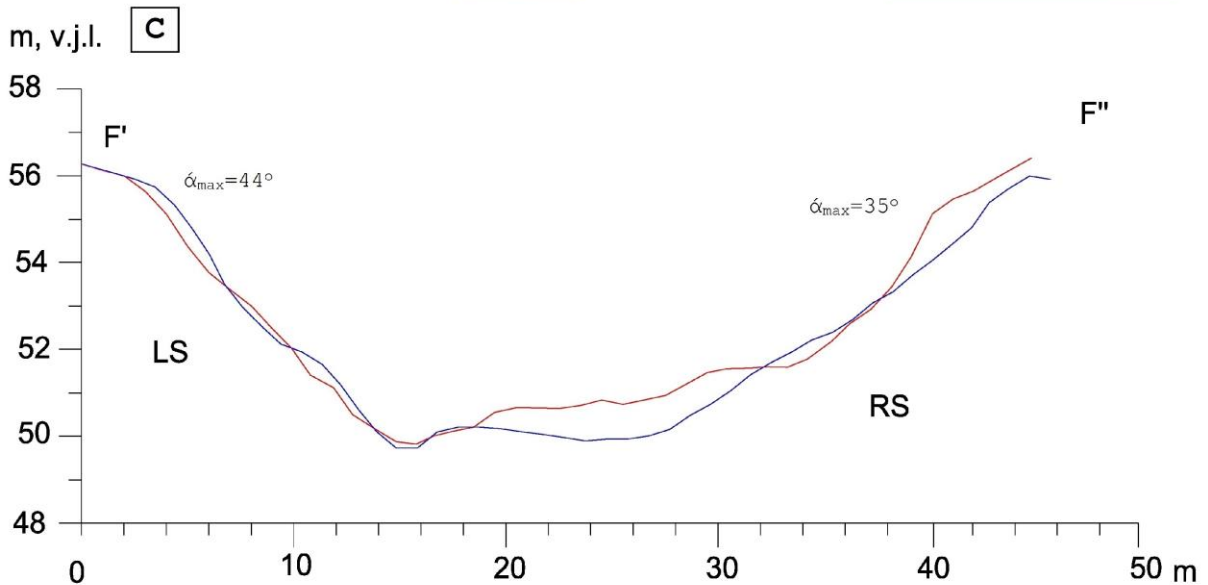
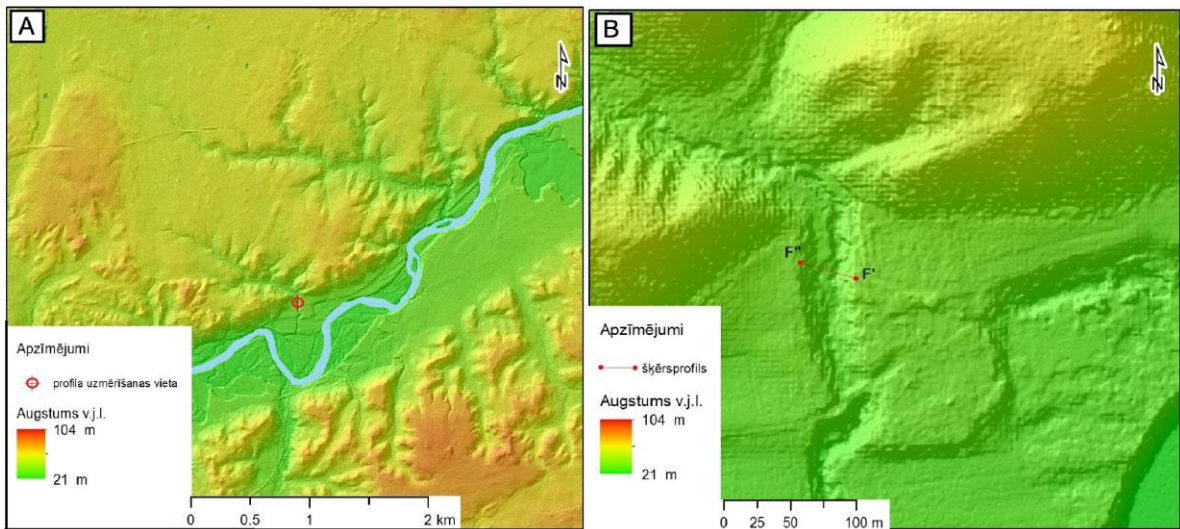
Salīdzinot 4.2.5. attēlā redzamos šķērsprofilus arī tie savā starpā sakrīt. Šajā gadījumā redzama nepilnīga U veida nogāze. Relatīvais augstums nogāzes kreisajā pusē ir sasniedz tikai četrus metrus, bet labajā tas ir gandrīz 20 m augsts. Šķērsprofila kopējais platums ir 80 m. Kreisās nogāzes maksimālais krituma leņķis ir 32° , bet labās 35° .



4.2.5.att. Uz aerolāzerskenēšanas datu pamata ģenerēta DEM un no tā ar ArcGIS rīku *Profile Graph* iegūta šķērsprofila salīdzinājums ar lauka uzmērījumu datiem: profila lokalizācija pētījumu teritorijā (A); uzmērītās un no DEM iegūtās šķērsprofila līnijas izvietojums (B); U veida tipiskās gravas šķērsprofils (C). Vertikālā mēroga pārspīlējums 2 : 1.

LS = kreisā nogāze; **RS** = labā nogāze; α_{\max} = uzmērītā šķērsprofila maksimālais nogāzes krituma leņķis; sarkana līnija = no DEM iegūtais šķērsprofils; zila līnija = no lauka uzmērījumu datiem konstruētais šķērsprofils.

4.2.6. attēlā redzamais gravas šķērsprofils ir izteiktas U formas profils. Labā nogāze uzmērot ar klinometru ir nedaudz dziļāk un tālāk iegrauzusies pieguļošajā teritorijā, nekā tas saskatāms ar DEM iegūtajā profilā. Tās uzmērītais maksimālais nogāzes krituma leņķis kreisajā pusē ir 44°, bet labajā 35°. Šķērsprofila relatīvais augstums ir septiņi metri, bet profila platums 46 m.

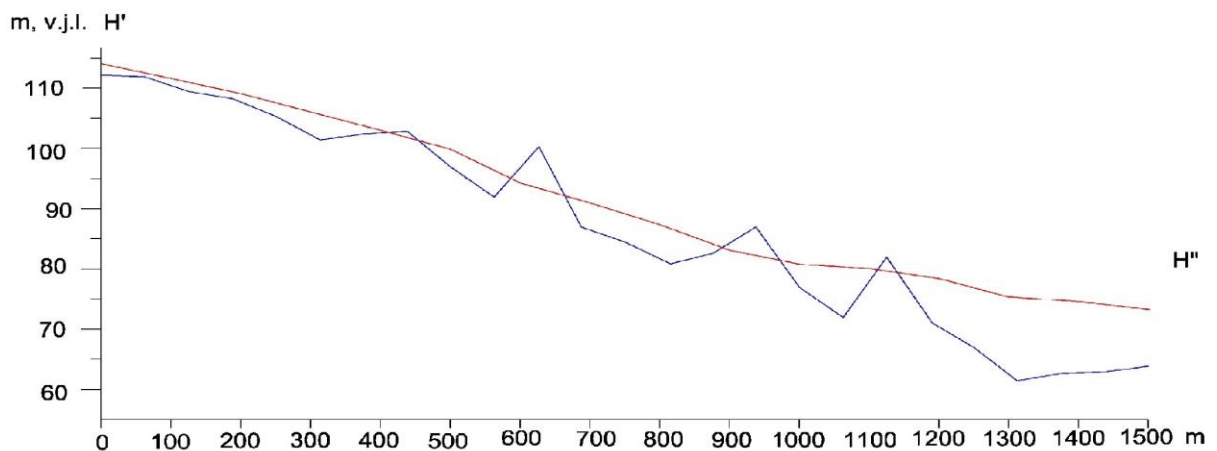
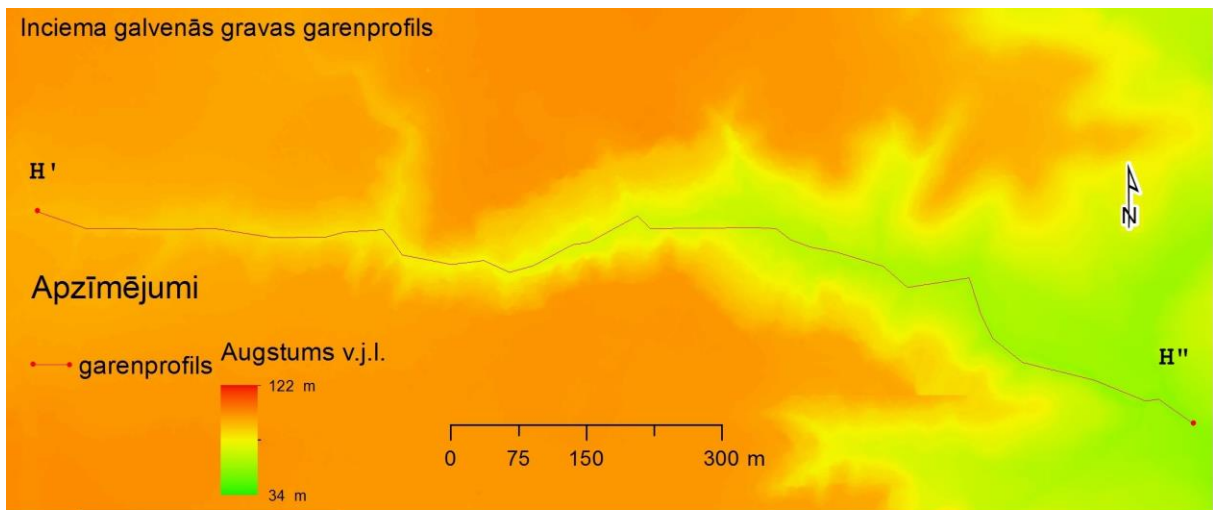


4.2.6.att. Uz aerolāzerskenēšanas datu pamata ģenerēta DEM un no tā ar ArcGIS rīku *Profile Graph* iegūta šķērsprofila salīdzinājums ar lauka uzmērījumu datiem: profila lokalizācija pētījumu teritorijā (A); uzmērītās un no DEM iegūtās šķērsprofila līnijas izvietojums (B); U veida tipiskās gravas šķērsprofils (C).

Vertikālā mēroga pārspīlējums 2 : 1.

LS = kreisā nogāze; **RS** = labā nogāze; α_{\max} = uzmērītā šķērsprofila maksimālais nogāzes krituma leņķis; sarkana līnija = no DEM iegūtais šķērsprofils; zila līnija = no lauka uzmērījumu datiem konstruētais šķērsprofils.

Salīdzinot 4.2.7. attēlā redzamos garenprofilus, skaidri redzama to daļējā pārklāšanās un sakritība gravas sākuma daļā, taču tālāk ar GPS uztvērēju iegūtie punktu augstumi pārbīdās un to precizitāte ir apšaubāma. To parāda arī teksta failu izdrukā, kur uzskat'ami redzams kā punktu precizitāti ietekmē instrumenta fiksētais satelītu skaits. Gravas relatīvais augstums no DEM iegūtajā garenprofilā ir 40 m, bet ar GPS uztvērēju uzmērītais ir 55 m. Kopējais garenprofila garums sasniedz gandrīz 1500 metrus.

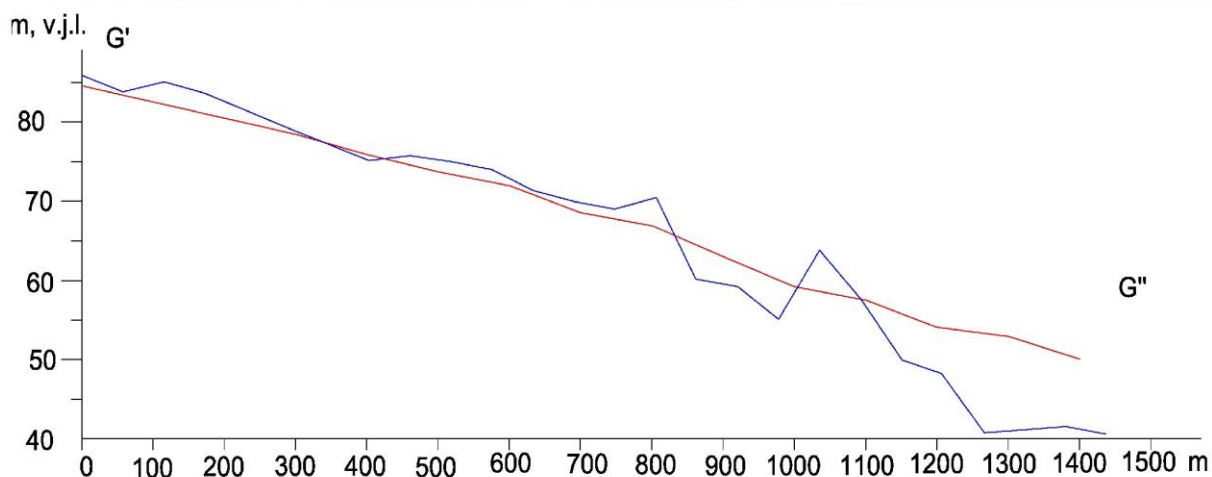
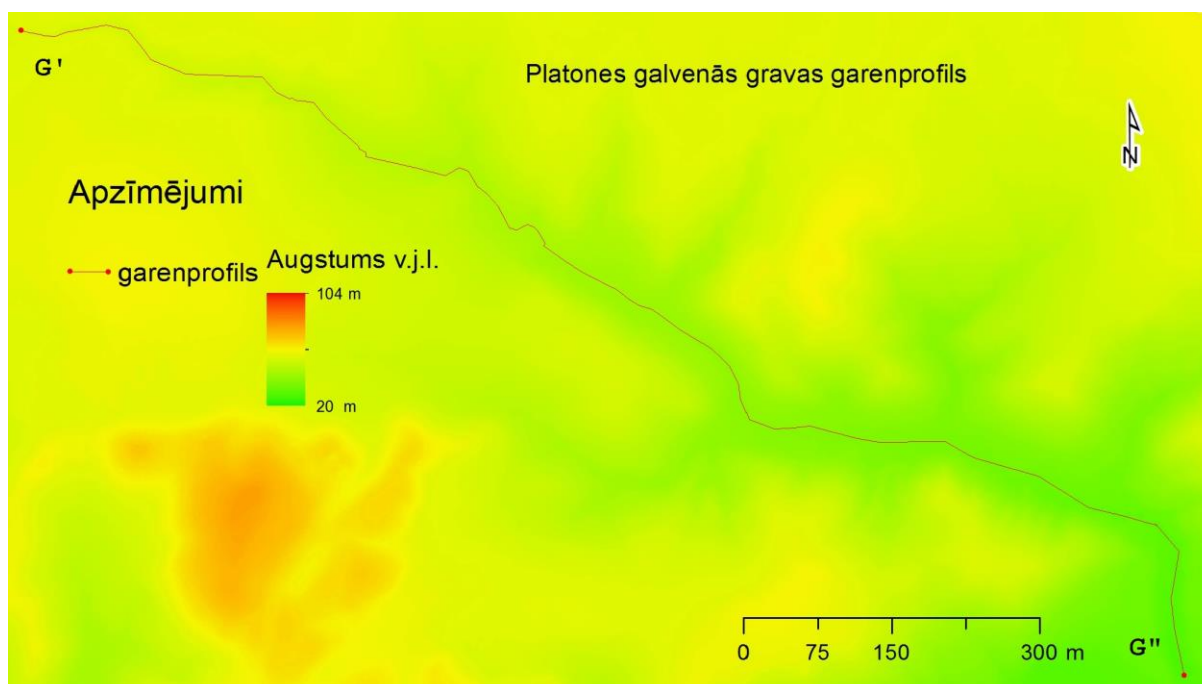


4.2.7. att. Uz aerolāzerskenēšanas datu pamata ģenerēta DEM un no tā ar ArcGIS rīku *Profile Graph* iegūta garenprofila salīdzinājums ar lauka uzmērījumu datiem: augšējais attēls – uzmērītās un no DEM iegūtās garenprofila līnijas izvietojums; apakšējais – gravas garenprofils.

Horizontālā mēroga pārspīlējums 1 : 10

sarkana līnija = no DEM iegūtais garenprofils; zila līnija = no lauka uzmērījumu datiem konstruētais garenprofils.

Apskatot Platones etalonteritorijā iegūto garenprofilu (skatīt 4.2.8. attēlu) redzams, ka tikai tā sākuma līdz vidusdaļā uzmērītie GPS punkti un no DEM konstruētā profila līnija sakrīt. Taču tālāk tās viena no otras krasi novirzās. Ar GPS uztvērēju profila relatīvais augstums ir 45 m, bet no DEM iegūtais ir 34 metrus augsts. Šķērsprofila platums sasniedz gandrīz 1500 m.



4.2.8. att. Uz aerolāzerskenēšanas datu pamata ģenerēta DEM un no tā ar ArcGIS rīku *Profile Graph* iegūta garenprofila salīdzinājums ar lauka uzmērījumu datiem: augšējais attēls - uzmērītās un no DEM iegūtās garenprofila līnijas izvietojums ;apakšējais attēls - gravas garenprofils.

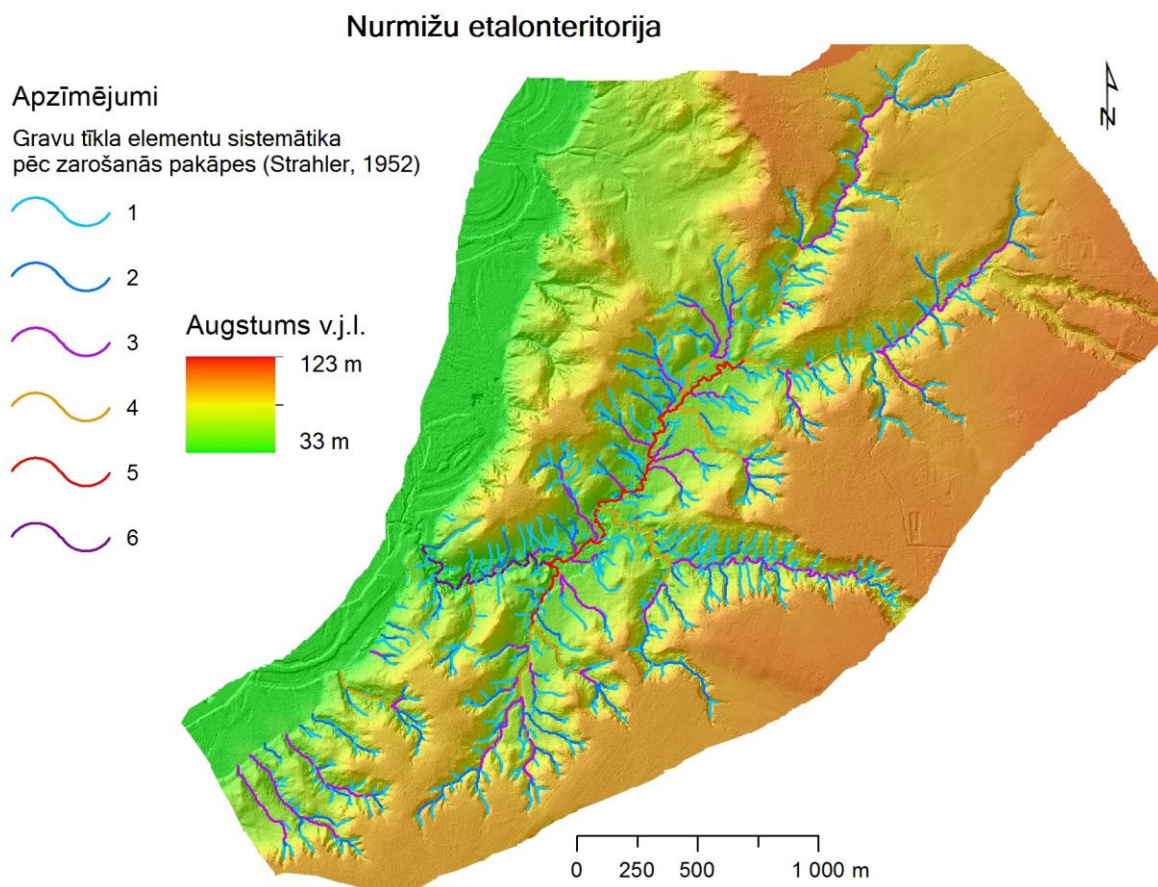
Horizontālā mēroga pārspīlējums 1 : 10

sarkana līnija = no DEM iegūtais garenprofils; zila līnija = no lauka uzmērījumu datiem konstruētais garenprofils.

4.3. Gravu erozijas tīkls un tā ģeogrāfiskais izvietojums

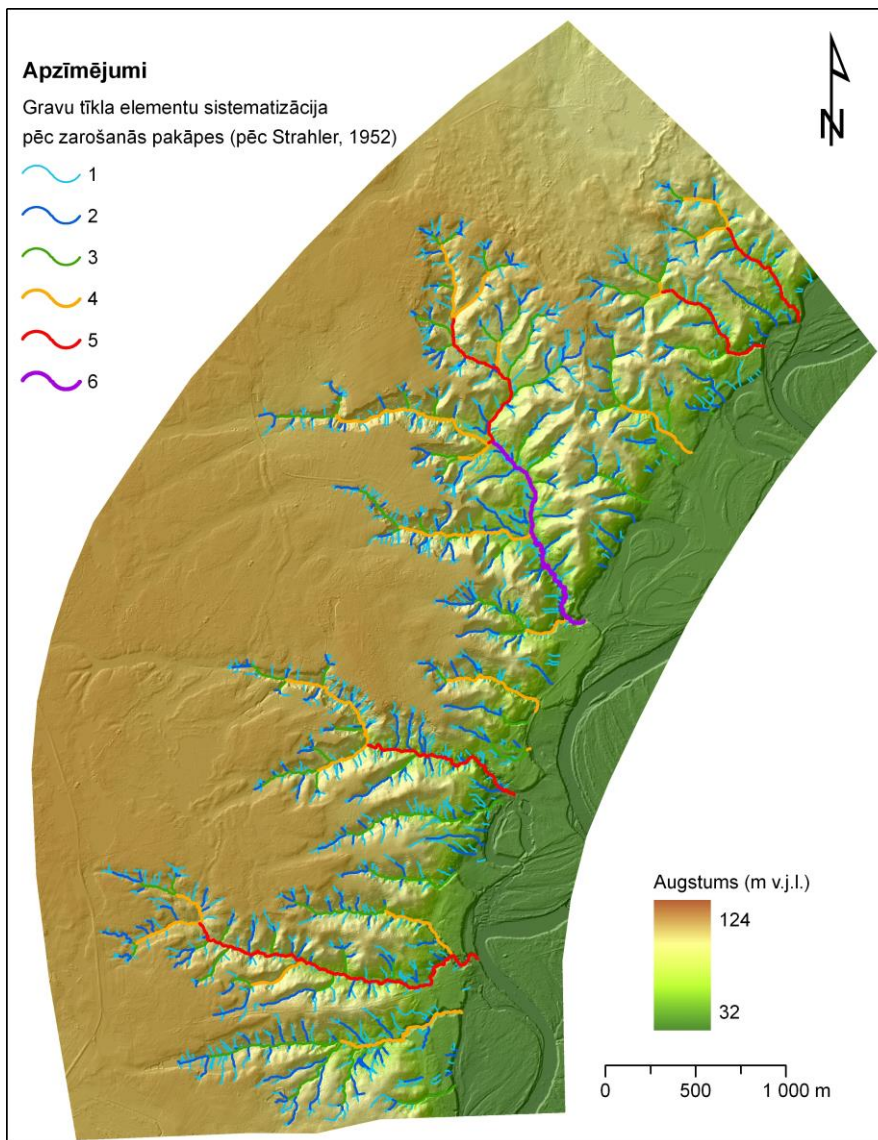
Gravu tīkla elementu sistematizācija pēc zarošanās pakāpes Nurmižu etalonteritorijā (4.3.1. attēls) parāda, ka zarošanās pakāpe pēc Štrālera (Strahler, 1952) sasniedz sesto klasi, kas uzskatāma par ļoti augstu. Visvairāk gravu ievalku pieder pie pirmās klases un to izvietojums veido ļoti blīvu tīklu. Gravu tīkls iesniedzas pāris kilometrus dziļi Gaujas

senielejai pieguļošajā teritorijā, kā arī centrālā grava un daži tās atzari ir vērsta paralēli Gaujas senielejai. Aerolāzerskenēšanas datus saskatāms, ka grava izgauzusi līkumotu ceļu cauri vienai no terasēm.



4.3.1.att. Gravu tīkla elementu sistemātika pēc zarošanās pakāpes izmantojot Strālera metodi (Strahler, 1952) Nurmižu etalonteritorijā.

Arī Inciema etalonteritorijā (4.3.2. attēls) gravu tīkla zarošanās pakāpe sasniedz sesto klasi, taču tā novērojama pēc platības lielākajā gravā. Pārējās mazākas platības gravas sasniedz piekto un ceturto zarošanās pakāpi. Gravu vērsums ir perpendikulārs Gaujas senielejai un lielāka daļa no gravu ievalkām nepievienojas uzreiz klāt upei, bet tek pāri terasēm un tikai caur vecupēm savienojas ar Gauju.

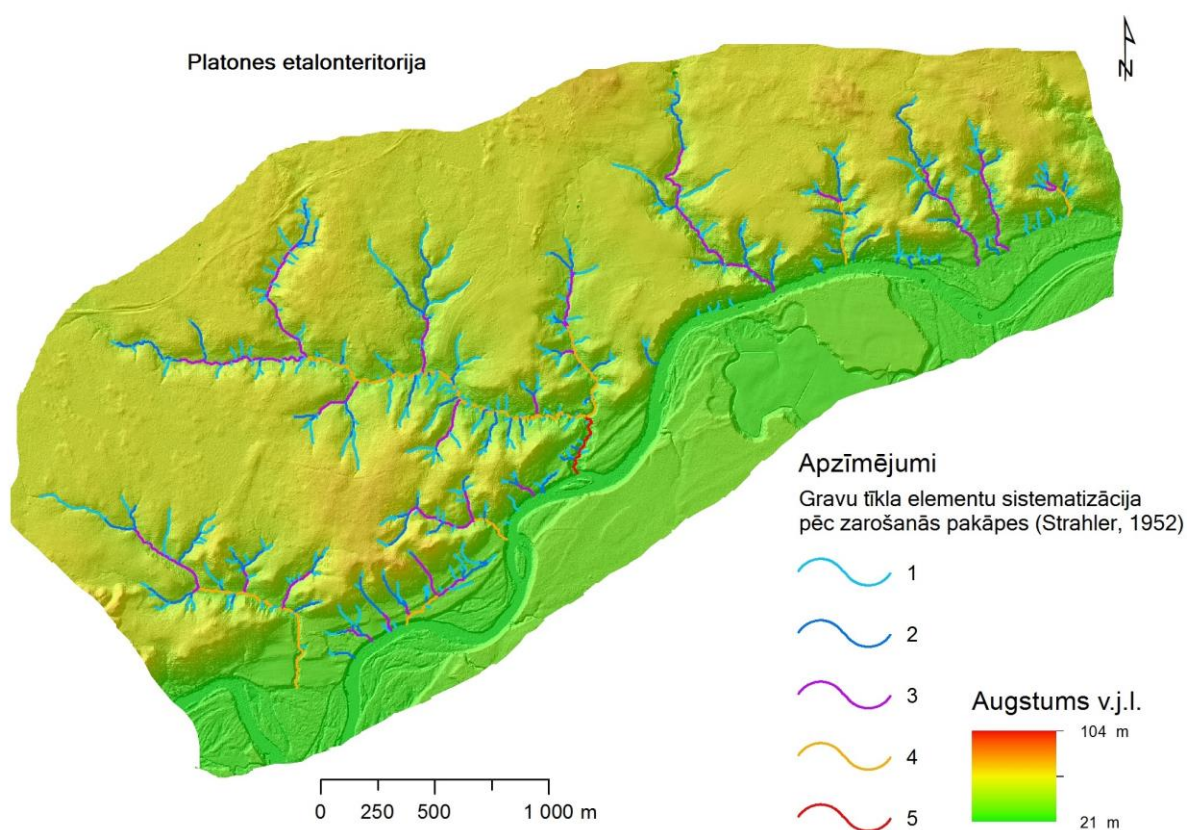


4.3.2. att. Gravu tīkla elementu sistematika pēc zarošanās pakāpes izmantojot Strālera metodi (Strahler, 1952) Inciema etalonteritorijā.

Analizējot Platones etalonteritorijā redzamo zarošanās tīklu (skatīt 4.3.3. attēlu), tas tikai lielākajā gravā sasniedz piekto klasi, pārējās labi izteiktajās ceturto un trešo. Redzams, ka no pamatkrasta uz vecupēm un dažās vietās arī uz Gauju ietek daudzas pirmās un otrās klases gravas. Platones etalonteritorijā gravu tīkls izvietojis salīdzinoši ar citām etalonteritorijām vienmērīgi un plaši. Gravu atzari nav tik novietoti tik tuvu cits citam, kā tas novērojams Inciema (skatīt 4.3.2. attēlu) vai Nurmižu (skatīt 4.3.1. attēlu) gadījumā. Etalonteritorijas gravu tīkls iesniedzas pamatkrastā tikai nedaudz vairāk kā kilometra dziļumā.

Nepieciešams atzīmēt, ka augstākās zarošanās pakāpes gravās, ilgstošas dziļumerozijas gaitā gravu gulnēm iegrauzoties augšpleistocēna nogulumos vai devona pamatiežos, ir atsegti kvartārsegas vai pamatiežu bezspiediena pazemes ūdeņu horizonti. Tā rezultātā gravu nogāzēs vai to gulnēs izplūst pazemes ūdeņi, kuri izveido patstāvīgu neliela caurplūduma ūdensteci – strautu un nodrošina gravas kā hidrogrāfiskā tīkla augšējo posmu

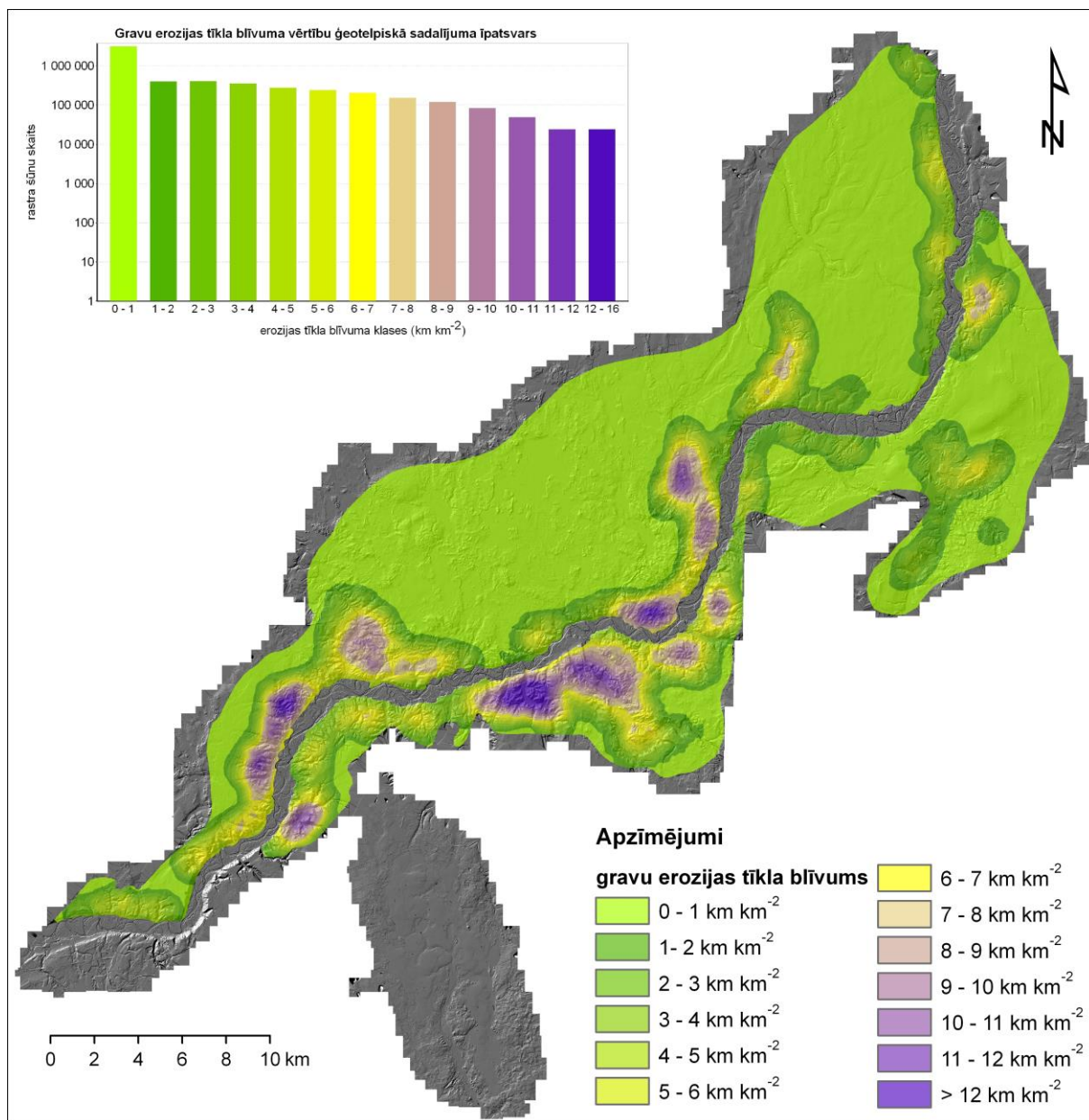
elementa funkcionēšanu ne tikai sniega kušanas vai nokrišņu izkrišanas laikā, bet visā periodā, kamēr gaisa $t^{\circ} > 0^{\circ}\text{C}$. Lai gan ģeomorfoloģisko kritēriju ziņā šādām negatīvām formām joprojām ir gravu iezīmes, tomēr tās ir ieguvušas jaunu, no tipiskām gravām atšķirīgu pazīmi, proti, to gultnēs izveidojusies pastāvīga ūdensplūsma. Šāda veida lineārās erozijas formas, ņemot vērā Ramana lietoto terminoloģiju, ir gravielejas. Interesanti, ka šis fakts atspoguļojas arī GNP hidronīmos, kuros ietverts vārds „upīte” vai „upe”, jo vesela virkne ūdensteču, piemēram, Nurmižupīte, Miegupīte, Lenčupe, Skaļupe, Vildoga, faktiski ir augstas zarošanās pakāpes gravu sistēmu galvenās gravas, kurās pazemes ūdeņu izplūdes rezultātā ir izveidojušās ūdenstece. Respektīvi, tās ir gravielejas.



4.3.3.att. Gravu tīkla elementu sistemātika pēc zarošanās pakāpes izmantojot Strālera metodi (Strahler, 1952) Inciema etalonteritorijā.

Karte (4.3.4. attēls) parāda gravu erozijas tīkla blīvumu kilometros uz vienu kvadrātkilometru gandrīz visā Gaujas Nacionālā parka teritorijā. Gravu erozijas tīkls visvairāk koncentrēts ap Gaujas senieleju un tās lielākajām pietekām. Tas dažās vietās iesniedzas līdz pat 5 kilometrus dziļi Gaujas senielejas pieguļošajā teritorijā. Ar vislielāko gravu erozijas tīkla blīvumu izceļas kreisā krasta teritorija vidusdaļā pie Skaļupes, kā arī Nurmižos. Savukārt labā krasta gravu vislielākais blīvums koncentrēts pie Inciema un Kvēpenes teritorijām, kā arī pretī Cēsu pilsētai Gaujas senielejas otrā krastā. Minētajās teritorijās konstatēts, ka gravu blīvums

ir lielāks par 10 km km^2 . Gravu erozijas tīkla vērtību īpatsvars parāda, ka klases ar visaugstākajām vērtībām ($12 - 16 \text{ km km}^2$) ir vismazāk, savukārt vislielāko daļu teritorijas klāj ($0 - 1 \text{ km km}^2$) klases vērtības.



4.3.4. att. Pēc gravu ievalkām ģenerēta gravu erozijas tīkla blīvuma karte Gaujas Nacionālā parka teritorijā

Tā kā Gaujas senielejas pieguļošajā teritorijā pamatiežos dominē Gaujas un Amatas svītu nogulumi. Starp, kuru slāņiem notiek pazemes ūdeņu atbrīvošanās, par iespējamo ģeogrāfiskā izvietojuma cēloni un ietekmējošajiem faktoriem jāmin ģeoloģiskā uzbūve.

Apskatot lielmēroga kartogrāfisko materiālu nonāku pie secināma, ka teritorijām, kur tika konstatētas vislielākās blīvuma vērtības nav viena konkrēta ģeoloģiska iezīme. Bet gan esošais gravu tīkls skaidrojams ar dažādu ģeomorfoloģisko informāciju. Visām teritorijā

pamatiežu slāni veido Gaujas un Amatas svītas slāņi, taču kvartāra nogulumi ir ļoti atšķirīgi. Nurmižos dominē limnoglaciālie nogulumi un aleirīti, Inciema senkrasta rezervātā vairāk smilts un grants, savukārt pie Skaļupēm morēnpauguri. Līdz ar to nevar nonākt pie vienota konkrēta secinājuma, uz kuru būtu balstīta gravu blīvuma ģeogrāfiskā lokācija. Lai par šādu informācija varētu spriest, ir nepieciešams veikt daudz lielāka ģeoloģisko izpēti Gaujas Nacionālajā parkā.

DISKUSIJA

Izstrādājot maģistra darbu tika apkopota informācija gan par agrāk veiktajiem, gan nesen veiktajiem pētījumiem Gaujas Nacionālajā parkā gravu erozijas kontekstā. Gravu erozijas veidotām reljefa formām, to attīstību un ģeogrāfisko izvietojumu noteicošo faktoru noskaidrošanai pēdējās desmitgadēs tiek veltīts arvien vairāk zinātnisku un lietišķu pētījumu, uz ko norāda pieaugošais publicēto zinātnisko rakstu, pārskatu un monogrāfiju skaits (Poesen *et al.*, 2003; Valentin *et al.*, 2005; Dotterweich *et al.*, 2013). Lielā mērā impulsu lineārās erozijas formu pētījumu dažādu aspektu aktualizēšanai ir devusi arī mūsdienu pētījumu metožu, tajā skaitā informācijas tehnoloģiju un tālzipētes metožu iespēju izmantošana dabas ģeogrāfijas un erozijas reljefa pētījumos (James *et al.*, 2007; Cho and Slatton 2007; Baruch and Sagi, 2011; Shruthi *et al.*, 2014).

Pirmais gravu tīkla blīvumu, kā atsevišķu parametru, analizējot reljefa saposmjuumu posmā Brasla – Lorupe, aprēķinājis K. Ramans (1975). Skaitlis, kas sasniedz 2,5 km uz 1 km², izrādījās vislielākais Latvijas teritorijai. Arī Āboltiņa (1971) pētījums par Gaujas senielejas nogāzēm, ir viens no tiem nedaudzajiem, kurā autors min, ka Gaujas Nacionālajā parkā gravu erozijas blīvums uz vienu kvadrātkilometru sasniedz 2 – 2,4 km. Arī Soms (2010) veicot pētījumus tiesa, gan citā teritorijā - Daugavas senielejā, posmā strap Krāslavu un Naujeni un konstatē, ka tur šī vērtība sasniedz 4 – 4,5 km km², bet Krišāns (2011) pētījumā atklāj, ka gravu erozijas blīvums Nurmižu gravu rezervātā, kas ietilpst Gaujas Nacionālā parka teritorijā sasniedz 5,2 km uz km². Minēto autoru metodes, kā nonākts pie šādiem rezultātiem, ļoti atšķiras – Āboltiņš veicis aerofoto dešifrēšanu, Soms GPS uzmērīšanu un vēlāk datu izlīdzināšanu, bet kā uzsver autors, datus, traucēta signāla dēļ, var būt ar kļūdas no +/- diviem līdz pat astoņiem metriem. Savukārt, Krišāna darbā veikta ievalku dešifrēšana uz topogrāfiskās kartes pamata. Autors gan uzsver, ka Nurmižu gravu rezervāta, visblīvāk ar lineārās erozijas tīklu klātajā daļā tikusi veikta arī tiešā uzmērīšana un atklāts, ka gravu faktiskais blīvums ir daudz lielāks nekā to uzrāda topogrāfiskā karte. Tā kā instrumentāli uzmērītā teritorija ir maza, netiek minēts konkrēts km skaits uz km². Balstoties uz četru iepriekšminēto autoru iegūtajiem rezultātiem, darbā aprēķinot gravu blīvumu, tika izvēlēti līdzīgi parametri, lai tos varētu vieglāk savā starpā salīdzināt. Rezultāti atklāj, ka gravu tīkla blīvums ir daudz lielāks nekā iepriekš literatūrā minēts, tas atsevišķās vietās pie Skaļupes, Inciema senkrasta, kā arī Lenčupes apkārtnē - pretī Cēsu pilsētai, Gaujas seielejas otrā krastā pārsniedz 10 km km².

Salīdzinot iegūtos datus ar informāciju literatūras avotos par pētījumiem Latvijā, tika konstatēts, ka līdz šim Latvijā augstākā zarošanās pakāpe konstatēta Daugavas senielejā. Šajā

teritorijā novērota ceturtā gravu zarošanās pakāpe, (Soms, 2010). Arī Krišāns veicis gravu tīkla zarošanās pakāpes novērtējumu, viņš ieguvis, ka vislielākā sasniedz 3 zarošanās līmeni. Savukārt, pēc iegūtajiem rezultātiem ne tikai konkrēto etalonteritoriju ievalkas, bet arī citu Gaujas Nacionālā parka gravu tīklu ievalkas sasniedz pat sesto zarošanās līmeni, kas uzskatāms par augstu rādītāju. Šādas klases līmenis sastopams visu lielāko gravu baseinu centrālajās ievalkās un būtiski atzīmēt, ka to izvietojums sakrīt ar erozijas tīklu visblīvāk klātajām teritorijām.

Apskatot izveidotos gravu šķērsprofilus, redzams, ka Gaujas Nacionālā parka teritorijā ir ļoti dažāda veida gravu tipi, pat viena baseina ietvaros, var iegūt ļoti dažādus rezultātus. Kā sava darba secinājumos uzsver Krišāns (2011) konstatēts, ka vietām gravu gultnēs, kurām ir U veida iegrauzums, konstatēts jaunāks V veida iegrauzums, līdzīgi, kā tas novērojams Inciema senkrasta etalonteritorijas uzmērītajos šķērsprofilos. Līdzīgus rezultātus par saliktas ģenēzes šķērsprofiliem iegūst arī Soms (2010).

Analizējot izveidotos garenprofilus, kur uzskatāmi redzama GPS uztvērēja un aerolāzerskenēšanas datu precizitāte savā starpā, nākas secināt, ka pie nepieciešamības veikt gravas topogrāfisko uzmērīšanu, pirms tam būtu nepieciešami detālāka izvēlēto instrumentu precizitātes un spēju pārbaude. Kaut arī pētījumā gravu ievalkas uzmērītas ar augstas klases GPS iekārtu, koordināšu izdrukās skaidri redzamas grūtības uztvērējam izveidot savienojumu ar satelītiem un bāzes stacijām. Ar līdzīgām problēmām saskaras arī Soms savā pētījumā, viņš uzsver, ka blīvo koku veģetācijas dēļ arī pēcapstrādes datus saglabājas +/- divu līdz astoņus metrus liela horizontāla kļūda. Kā uzsver Krišāns (2011). Lai iegūtu precīzu informāciju par gravu tīkla izvietojumu un raksturu, jāveic vai nu detalizēta topogrāfiskā uzmērīšana visā pētījumu teritorijā, vai lāzerskenēšana (lāzeraltimetrija). Pirmais no nosauktajiem uzdevumiem ir ļoti darbietilpīgs, savukārt uz LiDAR datu pamata ir iespējams iegūt augstas izšķiršanas pakāpes, un, galvenais, reālu zemes virsmas digitālo augstuma modeli (DAM) salīdzinoši lielai teritorijai. Kā vienu no risinājumiem, kas atvieglotu instrumentālu gravu uzmērīšanu varētu piedāvāt nesen lielu popularitāti ieguvušie droni, kas spētu pietiekami īsā laikā noskenēt gravu reljefu, lidojot pa gravu ievalkām, kuras bieži vien klāj mazāks koku blīvums, līdz ar to atvieglot gravu uzmērīšanu. Tā kā to lidojuma augstums ir neskaitāmas reizes tuvāk zemes virsmai nekā ar lāzerskenēšanu aprīkots lidaparāts, iespējams varētu iegūt visai precīzus uzmērīšanas datus, salīdzinoši ātrā laikā.

Vēl viens no svarīgiem aspektiem ir saistīts ar Gaujas Nacionālo parku, kā teritoriju, kurā ir nozīmīgas dabas vērtības un katra cilvēka iejaukšanās vai pat atrašanās teritorijā, izjauc dabisko balansu. Apsekojot etalonteritorijas dabā bija vērojamas ne tikai gruntsūdeņu un pazemes ūdeņu iztekas no pamatiežu atsegumiem, bet arī speciāli ierīkotām drenām. Kā

tika novērots, tās nepilda sev paredzētās funkcijas, bet gan tieši pretēji, veicina gravu erozijas tālāku attīstību, jo novadot ūdeni no caurtekām un gravu atzariem, tiek atjaunināti pat aprimušas gravas erozijas procesi. Pienākošajam ūdenim skalojot lejup pa gultni gravas ievalkā esošo materiālu un tādā veidā gravu nogāzēm kļūstot stāvākām, agrāk vai vēlāk notiek jauna noslīdeņa vai nogrūvuma veidošanās. Process izraisa tālāku ķēdes reakciju, jo bieži vien gravu atzaros esošās caurtekas veidotas no neelastīgiem materiāliem un izkustinātas tās atdalās cita no citas. Līdz ar to jaunā ūdens plūsma, kas nu jau iztek tuvāk atzara galam atkal sāk skalot gravas gultnes materiālu lejup pa ievalku. Ne tikai tuvējo māju saimnieki bieži vien veicina erozijas procesu attīstību, arī daudzie novadgrāvji, kas izveidoti pagājušajā gadsimtā un pienāk gravu atzariem, bieži vien turpina evolucionēt savā gaitā, tā veicinot erozijas tīkla tālāku attīstību.

SECINĀJUMI

- Visprecīzāk gravu ievalku slāni attēlo aerolāzerskenēšanas un instrumentālās uzmērīšanas dati. Topogrāfiskās kartes nespēj attēlot reljefu līdz pietiekami detālam līmenim un ir kļūdainas, sevišķi apmežotās platībās
- Izmantojot aerolāzerskenēšanas datus iespējams iegūt gravu ievalku slāni lielai teritorijai salīdzinošu īsā laikā un nepatērējot lielus enerģijas resursus.
- Gravu tīkla zarošanās pakāpe, kā arī erozijas tīkla blīvums Gaujas Nacionālā parka teritorijā ir ievērojami augstāks nekā līdz šim literatūrā ticis uzskatīts.
- Augstākās – sestās klases zarošanās pakāpe ir konstatēta lieliem gravu baseiniem, kuru ūdeņiem satekot veidojas Gaujas mazās pietekas (Nurmižupīte, Miegupīte, Lenčupe, Skaļupe, Vildoga).
- Aerolāzerskenēšanas dati nodrošina pietiekami augstu datu ticamību, lai tos varētu izmantot gravu morfometrijas un morfoloģiju rādītāju noteikšanā.
- Pēc gravu šķērsprofiliem, kas ģenerēti no aerolāzerskenēšanas datiem, iespējams spriest par gravas tipoloģiju un gravu veidošanos.

PATEICĪBAS

Darba autore izsaka lielu pateicību draugiem un ģimenei, kas atbalstīja šī darba tapšanu, kā arī SIA "Apriņķa Mērniece" valdes priekšsēdētājam Kristapam Pētersonam, LVĢMC Ģeoloģijas fondu darbiniekiem, Dabas aizsardzības pārvaldei, nodibinājumam "Vides Risinājumu Institūts", kā arī LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes personālam un mācībspēkiem. Vislielāko pateicību pelnījis Oskars Krišāns, par iespēju doties lauka darbos un maģistra darba vadītājs Dr.geol. Juris Soms par atbalstu un nesavtīgu palīdzību.

Maģistra darbā izmantotās metodes kopā ar J. Somu prezentētas Latvijas Universitātes 73. zinātniskajā konferencē par tēmu "Aerolāzerskenēšanas datu un ArcGIS izmantošana gravu identificēšanai un erozijas tīkla analīze GNP teritorijā" un Daugavpils Universitātes 57.zinātniskajā konferencē ar tēmu "A Lidar-derived DEM and GIS application for the identification of gully network in the Gauja National park".

LITERATŪRAS SARAKSTS

Publicētie materiāli

- Āboltiņš, O., 1971. *Razvitije dolini reki Gauja*. Rīga. Zinātne. 107 lpp. (in Russian)
- Āboltiņš, O., Eniņš, G., 1979. *Gaujas Senieleja*. Stāsti par dabu. Rīga, Liesma, 135.
- Āboltiņš, O., Juškevičs, V., 2000. *Latvijas ģeoloģiskā karte mērogā 1: 200 000: paskaidrojuma teksts un kartes. 43. lapa - Rīga un 53. lapa*. Valsts ģeoloģijas dienests, Rīga.
- Ackerman, F., 1999. Airborne laser scanning – present status and future expectations. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 54, 64 – 67.
- Alatorre, L.C. and Beguería, S., 2009. Identification of eroded areas using remote sensing in a badlands landscape on marls in the central Spanish Pyrenees. *Catena* 76(3), 182-190.
- Ašmanis, K., 1937. *Gauja*. No sērijas „Jaunais zinātnieks”. Valters un Rapa, Rīga, 75 lpp.
- Bahrami, S., 2013. Analyzing the drainage system anomaly of Zagros basins: Implications for active tectonics. *Tectonophysics* 608, 914-928.
- Baruch, A. and Sagi, F., 2011. Detection of gullies in roughly textured terrain using airborne laser scanning data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 66(5), 564-578.
- Bauer, B., 1980. Drainage density: an integrative measure of the dynamics and quality of watersheds. *Zeitschrift für Geomorphologie* 24(3), 263–272.
- Boardman, J., 1992. The current erosion on the south Downs: implications for the past. In Bell, M. and Boardman, J. (eds.), *Past and Present Soil Erosion*. Oxbow Monograph 22, Oxford, pp. 9-20.
- Cho, H.-C., Slatton, K.C., 2007. Morphological processing of severely occluded digital elevation images to extract and connect stream channels. *IEEE International Conference on Image Processing* 2, 241–244.
- Dawes, W.R., Short, D. 1994. The significance of topology for modelling the surface hydrology of fluvial landscapes. *Water Resources Research* 30 (4), 1045-1055.
- Dotterweich, M., Stankoviansky, M., Minár, J., Koco, Š., Papčo, P., 2013. Human induced soil erosion and gully system development in the Late Holocene and future perspectives on landscape evolution: The Myjava Hill Land, Slovakia. *Geomorphology* 201, 227-245.
- Downs, P.W., Priestnall, G., 2003. Modelling Catchment Processes. In Kondolf, G.M., Piegay, H. (eds), *Tools in Fluvial Geomorphology*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 205-230.
- Easterbrook, D.J. and Kovanen, D.J., 1999. *Interpretation of Landforms from Topographic Maps and Air Photographs*. New Jersey, Prentice Hall, 194 pp.
- Eustace, A., Pringle, M., Witte, C., 2009. Give me the dirt: detection of gully extent and volume using high-resolution lidar. In: Jones, S., Reinke, K. (Eds.), *Innovations in Remote Sensing and Photogrammetry*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 255–269.
- Grāvītis, V., Kuršs, V., Ļarska, Ļ., Stinkule, A., Straume, J., Venska, V., 1985. *Gaujas Nacionālā parka ģeoloģija un aizsargājamie ģeoloģiskie objekti*. Rīga, Vissavienības Jūras ģeoloģijas un ģeofizikas zinātniski pētnieciskais institūts. Latvijas PSR Ģeoloģijas pārvalde
- Haneberg, W.C., 2008. Elevation errors in a LiDAR digital elevation model of West Seattle and their effects on slope stability calculations. In Baum R. L., Godt, J., and Highland, L.

- (eds), *Landslides and Engineering Geology of the Greater Seattle Area*. Washington, Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, Boulder. pp.55-65.
- Harvey, M.D., Watson, C.C., Schumm, S.A., 1985. *Gully erosion*. U.S. Department of the Interior Bureau of Land Management Technical Note No.366. Fort Collins, Colorado, US, 181.
- Hodgson, M.E. and Bresnahan, P., 2004. Accuracy of airborne LiDAR-derived elevation: Empirical assessment and error budget. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70 (3), 331-339.
- Höfle, B., Griesbaum, L., Forbriger, M., 2013. GIS-Based detection of gullies in terrestrial lidar data of the cerro llamoca peatland (Peru). *Remote Sensing* 5 (11), 5851-5870.
- Horton, R., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America* 56(3), 275-370.
- Ireland, H.A., Sharpe, C.F.S., Eargle, D.H., 1939. Principles of gully erosion in the Piedmont of South Carolina. US Department of Agriculture, *Technical Bulletin No.63*, 1-143.
- Istanbulluoglu, E., Tarboton, D.G., Pack, R.T., Luce, C.H., 2003. A sediment transport model for incision of gullies on steep topography. *Water Resources Research* 39(4), 1103-1117.
- James, A.L., Watson, D.G., Hansen, W.F., 2007. Using LiDAR data to map gullies and headwater streams under forest canopy: South Carolina, USA. *Catena* 71(1), 132-144.
- James, L.A., Hunt, K.J., 2010. The LiDAR-side of headwater streams: Mapping channel networks with high-resolution topographic data. *Southeastern Geographer* 50 (4), 523-539.
- Julian, J.P., Elmore, A.J., Guinn, S.M., 2012. Channel head locations in forested watersheds across the mid-Atlantic United States: A physiographic analysis. *Geomorphology* 177-178, 194-203.
- El Khalili, A., Raclot, D., Habaeib, H. and Lamachère, J.M. 2013. Factors and processes of permanent gully evolution in a Mediterranean marly environment (Cape Bon, Tunisia). *Hydrological Sciences Journal* 58(7), 1519 – 1531.
- Knighton, D., 1998. *Fluvial Forms and Processes*. Arnold, London, 383 pp.
- Kopp, S, Borup, B., Willison, J., Payne, B., 2001. *Using ArcGIS Spatial Analyst*. Environmental Systems Research Institute, ESRI Press, Redlands, CA, USA, 462 pp.
- Kosov, B.F., 1984. Ovrageobrazovanije kak reljefoobrazujuschij process. In Makkaveev, N.I., Chalov, R.S. (eds.), *Eroziionnije processi*. Mysl, Moscow, 96 - 97. (in Russian)
- Kosov, B.F. and Nikolskaya, I.I., 1984. Dinamika rosta ovrageov. In: Makkaveev, N.I. and Chalov, R.S. (eds.) *Eroziionniye processi*. Mysl, Moscow, pp. 97-103. (in Russian)
- Kraus, K., Pfeifer, N., 2001. Advanced DTM generation from LIDAR data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 34 (3 W4), 23 – 30.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G., Miller, J.P., 1995. *Fluvial Processes in Geomorphology*. Dover Publications, New York, pp.448-453.
- Lokhtin, V.M., 1897. *O mehanizme rechnogo rusla*. S-Peterburg, 80 pp. (in Russian)
- Maidment, D.R., 2002. *ArcHydro. GIS for Water Resources*. Environmental Systems Research Institute, ESRI Press, Redlands, CA, USA, 203 pp.
- Maldavs, Z., Melluma, A., Seile, A., 1981. *Ģeomorfoloģijas pamati*. Zvaigzne, Rīga, 87 – 90 .

- Mason, D.C., Scott, T.R., Wang, H.J., 2006. Extraction of tidal channel networks from airborne scanning laser altimetry. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 61 (2), 67–83.
- Miller, D., Luce, C., Benda, L., 2003. Time, space, and episodicity of physical disturbance in streams. *Forest Ecology and Management* 178 (1-2), 121–140.
- Montgomery, D.R. and Dietrich, W.E., 1994. Landscape dissection and drainage area-slope thresholds. In: Kirkby, M.J. (ed.), *Process models and theoretical geomorphology*. Wiley, Chichester, pp 221–245.
- Morisawa, M., 1957. Accuracy of determination of stream lengths from topographic maps. *Transactions of the American Geophysical Union* 38(1), 86–88.
- Okoyeh, I. E., Akpan, A. E., Egboka, B. C. E., and Okeke H. I. 2014. An Assessment of the Influences of Surface and Subsurface Water Level Dynamics in the Development of Gullies in Anambra State, Southeastern Nigeria. *Earth Interactions* 18 (4), 1 – 22.
- Pirotti, F. and Tarolli, P., 2010. Suitability of lidar point density and derived landform curvature maps for channel network extraction. *Hydrological Processes* 24, 1187-1197.
- Popit, T., Rožič, B., Šmuc, A., Kokalj, Ž., Verbovšek, T., Košir A., 2014. A LiDAR, GIS and basic spatial statistic application for the study of ravine and palaeo-ravine evolution in the upper Vipava valley, SW Slovenia. *Geomorphology* 204, 638-645.
- Poesen, J., Nachtergale, J., Vertstraeten, G., Valentin, C., 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* 50(2–4), 91-133.
- Prosser, I.P. and Abernethy, B., 1996. Predicting the topographic limits to a gully network using a digital terrain model and process thresholds. *Water Resources Research* 32 (7), 2289–2298.
- Ramans, K., 1975. Viduslatvija. Gaujas senleja un apkārtnē. Latvijas PSR ģeogrāfija. Otrās papild. izd. Zinātne. Rīga. 179.-187. lpp.
- Rickson, R.J. 2014. Can control of soil erosion mitigate water pollution by sediments? *Science of The Total Environment* 468–469, 1187-1197.
- Robinson, K.M., Bennett, S.J., Casali, J., Hanson, G.J., 2000. Processes of headcut growth and migration in rills and gullies. *International Journal of Sediment Research*, 15(1), 69–82.
- Quilbé, R., Rousseau, A.N., Duchemin, M., Poulin, A., Gangbazo, G., Villeneuve J.-P., 2006. Selecting a calculation method to estimate sediment and nutrient loads in streams: Application to the Beaurivage River (Québec, Canada). *Journal of Hydrology* 326(1-4), 295-310.
- Saltupe, B., et al 1975. *Gaujas Nacionālā parka un citu aizsardzībai rekomendēto teritoriju un objektu ģeoloģiski-ģeomorfoloģiskais raksturojums*. 1.sējums. Rīga. PSRS Ģeoloģijas ministrija. Vissavienības jūras ģeoloģijas un ģeofizikas zinātniskās pētniecības institūts.
- Saltupe, B., 1982. *Osobennosti morfologii, strojenija i formirovanija prolyuvija krupnogo konusa vinosa v drevnej doline reki Gauja*. In Eberhards, G. (ed.), *Sovremennije ekzogennije processi i metodi ih issledovanija*. Latvian State University press., Riga, 115-125 pp. (in Russian)
- Samani, A.N., Ahmadi, H., Jafari, M., Boggs, G., Ghoddousi, J., Malekian, A., 2009. Geomorphic threshold conditions for gully erosion in Southwestern Iran (Boushehr-Samal watershed). *Journal of Asian Earth Sciences* 35(2), 180-189.
- Sidorchuk, A., 1999. Dynamic and static models of gully erosion. *Catena* 37 (3-4), 401- 414.

- Shruthi, R. B.V., Kerle, N., Jetten, V., Stein, A., 2014. Object-based gully system prediction from medium resolution imagery using Random Forests. *Geomorphology* 216, 283-294.
- Sleinis I., 1936. Latvijas upes. Latvijas zeme, daba un tauta, 1.sēj. Valters un Rapa. Rīga. 192-296. lpp.
- Smith, H.G. and Dragovich, D., 2008. Sediment budget analysis of slope–channel coupling and in-channel sediment storage in an upland catchment, southeastern Australia. *Geomorphology* 101(4), 643-654.
- Soms J. 2003. Topogrāfisko un ģeoloģisko faktoru nozīme gravu erozijas tīkla attīstībā un telpiskajā organizācijā salveida augstienēs Latvijā. Ģeogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne. Referātu tēzes, Latvijas Universitātes 61. zinātniskā konference. Rīga. Latvijas Universitāte. 180.-183. lpp.;
- Soms, J. and Gruberts, D., 2008. Sediment and Nutrient Supply in the Gully Catchments of the Daugava Valley. *Lithuanian University of Agriculture Research papers VAGOS* 80(33), 92 – 101.
- Soms, J., 2010. *Gravu morfoloģija, to veidošanās un erozijas tīkla izvietojuma likumsakarības dienvidaustrumu Latvijā*. Promocijas darba kopsavilkums. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 106 lpp.
- Soms, J., 2013. *Gravu morfoloģija Austrumlatvijā*, red. V. Segliņš. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds. 173.
- Storesund, R., Minear, J., 2006. Evaluation of ground-based LiDAR for use in fluvial geomorphology and river restoration, *American Geophysical Union, Fall Meeting 2006*, abstract #G53C-0915.
- Strahler, A.N., 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin of the Geological Society of America* 63 (11), 1117-1142.
- Strahler, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union* 38(6), 913–920.
- Straume J., Bendrupe L., Venska V., 1981. Pārskats par Gaujas nacionālā parka 1:50 000 mēroga grupveida ģeoloģisko kartēšanu. Ģeoloģijas pārvalde, Rīga, 379 lpp
- Tarolli, P., Tarboton, D. G., 2006. A new method for determination of most likely landslide initiation points and the evaluation of digital terrain model scale in terrain stability mapping. *Hydrology and Earth System Science* 10, 663 – 677.
- Tarboton, D. G., Bras, R. L., Rodriguez–Iturbe, I., 1991. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. *Hydrological Processes* 5, 81-100.
- Turlajs, J. 2004. *Latvijas ģeogrāfijas atlants*. Rīga, Karšu izdevniecība Jāņa sēta, 40.
- Valentin, C., Poesen, J., Li, Y., 2005. Gully erosion: impacts, factors and control. *Catena* 63(2-3), 132–153.
- Vanaga, A. 1986. Nekotarije eksnomernosti razvitya erozionoj seti na teritoriji nacionalnovo parka Gauja v okrestnostjah hutora Ratnieki – *Morfogenez reljefa i paleogeografija Latviji*. Riga. P. Stučkas Latvijas valsts universitāte. 152 lpp. (in Russian)
- Vanwalleghem, T., Bork, H.R., Poesen, J., Schmidtchen, G., Dotterweich, M., Nachtergaele, J., Bork, H., Deckers, J., Brüsche, B., Bungeniers, J., De Bie, M., 2005c. Rapid development and infilling of a buried gully under cropland, central Belgium. *Catena* 63(2-3), 221–243.

- Venska, V., 1982. Sovremennije geologicheskiye processi na territorii nacionalnogo parka Gauja. In Eberhards, G. (ed.), *Sovremennije ekzogennije processi i metodi ih issledovaniya*. Latvian State University press. Riga. 139-159.pp. (in Russian)
- Vianello, A., Marco Cavalli, M., Tarolli, P., 2009. LiDAR-derived slopes for headwater channel network analysis, *Catena* 76, 97 – 106.
- Young A., Brunsdon D. & Thornes J.B., 1974. Slope profile survey. British Geomorphological Research Group Bulletin No. 11, *Geo Abstracts*, Norwich: 52 pp.
- Zorina, J.F., 2006. *Razvitije predstavlenij ob ovraznoy erozii*. In Zorina, J.F. (ed.), *Geografiya ovraznoy erozii*. Moscow Univ. Press, Moscow, pp. 6-8. (in Russian)

Nepublicētie materiāli

- Briese, C., 2004. Breakline Modelling from Airbone Laser Scanner Data. Ph.D. Thesis, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna University of Technology
- Juzāne, S., 2011. Gravu tipi un to izplatība Gaujas kreisajā krastā Siguldas pilsētā, Rīga, Bakalaura darbs. Latvijas Universitāte. 43. lpp;
- Krišāns O., 2009. Gravu attīstība un mūsdienu eksodinamiskie procesi Nurmižu gravu rezervātā, Rīga, Bakalura darbs. Latvijas Universitāte. 46. lpp;
- Krišāns, O., 2011. Lineāras erozijas tīkla attīstība un morfoloģija Nurmižu gravu rezervātā. Maģistra darbs. Latvijas Universitāte, 67 lpp.
- Kukemilks, K., 2012. Nogāžu attīstība leduslaikmeta beigu posmā un pēcdeduslaikmetā Gaujas senielejā no Siguldas līdz Līgatnei. Maģistra darbs. Latvijas Universitāte. 66 lpp.

Interneta resursi

- Dabas aizsardzības pārvalde, Programmas LIFE+ Nature & Biodiversity projekts Pieejams: http://www.daba.gov.lv/public/lat/projekti/life_nature1/for_rest1/ Skatīts: 04.01.15
- Roux, C., Alber, A., Piégay, H., 2013. Stream network guideline for the *FluvialCorridor* toolbox, a new ArcGIS toolbox package for exploring multiscale riverscape at a network scale. Sedalp (Sediment Management in Alpin Basins) and CNRS (UMR5600). URL: <http://umrevs-isig.fr>.
- Latvijas Dabas apvidu karte mērogā 1: 200 000, Rīga, Valsts Ģeoloģijas Dienesta Kvartāra nogulumu karšu mozaīka Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv> Skatīts: 15.05.2015
- TOPO 10K PSRS. Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba 63. gada sistēmas topogrāfisko karšu mozaīka mērogā 1 : 10 000 LU ĢZZF WMS. Sk. 20.03.2015. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

PIELIKUMS

GPS *sdr teksta failu izdrukas

```
00NMSDR33 V04-03.00 Apr-30-15 21:51 111111
10NMINCIEMS 121111
06NM1.00000000
13NMTopSURV Version 8
13OOBS
13NMEquipment: GPS Receiver
13NMProjection: Latvia-LKS_92
13NMLocalization File: None
13NMGeoid Separation File: LV98
03NM0.00000000
13NMBase station
24NM Base49757.14882409 24.89270136 133.90550000
15RK Base497334306.01534306 554012.15627905 113.40664962
0.00000000 0.00000000 0.00000000
03NM2.00000000
24KP CEL57.142615811 24.522054413 112.37989131
18RK CEL344505.93746470 552651.51996701 92.24978755
13NMHRMS:0.004, VRMS:0.005, STATUS:FIXED, SATS:14, PDOP:1.355
24KP GRA57.142661833 24.522080810 109.84555763
18RK GRA344520.22426492 552655.76301219 89.71579582
13NMHRMS:0.004, VRMS:0.006, STATUS:FIXED, SATS:16, PDOP:1.461
24KM GRA157.142887896 24.522301787 110.41195134
18RK GRA1344590.59904329 552691.91299798 90.28355359
13NMHRMS:0.178, VRMS:0.238, STATUS:FLOAT, SATS:11, PDOP:2.003
24KM GRA257.142877903 24.522327009 113.71840843
18RK GRA2344587.56330414 552696.18075774 93.58982905
13NMHRMS:0.315, VRMS:0.356, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.456
24KM GRA357.142908257 24.522343036 110.91470482
18RK GRA3344596.98330802 552698.74737554 90.78635606
13NMHRMS:0.568, VRMS:0.963, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.029
24KM GRA457.142719585 24.522458308 111.81038244
18RK GRA4344538.89269111 552718.81974305 91.67985487
13NMHRMS:0.450, VRMS:0.679, STATUS:UNKNOWN, SATS:14, PDOP:1.380
24KM GRA557.142663497 24.522787488 110.49112871
18RK GRA5344522.25768998 552774.22750361 90.35892947
13NMHRMS:0.697, VRMS:1.365, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.773
24KM GRA657.142509818 24.522669296 113.98461719
18RK GRA6344474.48485398 552755.02281118 93.85137808
13NMHRMS:0.814, VRMS:1.148, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.525
24KM GRA757.142481080 24.523156444 109.69936836
18RK GRA7344466.64766933 552836.80588859 89.56416484
13NMHRMS:0.640, VRMS:1.334, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.678
24KM GRA857.142543239 24.523283609 110.04847609
18RK GRA8344486.14155335 552857.87760783 89.91341806
13NMHRMS:0.782, VRMS:1.114, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.421
24KM GRA957.142671100 24.523388213 107.87419113
18RK GRA9344525.90258158 552874.90577545 87.73997847
13NMHRMS:0.553, VRMS:0.969, STATUS:UNKNOWN, SATS:13, PDOP:2.017
24KM GRA1057.142643958 24.523626608 112.18478309
18RK GRA10344518.02406974 552914.97948379 92.04948617
13NMHRMS:0.697, VRMS:1.223, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.462
24KM GRA1157.142676872 24.523642122 117.25134411
18RK GRA11344528.23490637 552917.44927734 97.11630471
13NMHRMS:0.723, VRMS:1.126, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.038
24KM GRA1257.142592854 24.523942955 106.54850813
18RK GRA12344502.90537946 552968.21707480 86.41162909
13NMHRMS:0.765, VRMS:1.531, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:3.100
```

24KM	GRA1357.142651372	24.524022192	103.64397040
18RK	GRA13344521.17067341	552981.26766330	83.50737031
13NMHRMS:0.811,	VRMS:1.402,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:11, PDOP:2.861
24KM	GRA1457.142703374	24.524380356	101.52879337
18RK	GRA14344538.02419682	553041.10464833	81.39144277
13NMHRMS:0.613,	VRMS:1.053,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:13, PDOP:1.917
24KM	GRA1557.142659934	24.524373444	99.89040615
18RK	GRA15344524.57724925	553040.11914306	79.75266780
13NMHRMS:0.846,	VRMS:1.910,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:3.668
24KM	GRA1657.142678854	24.524492712	104.22617799
18RK	GRA16344530.68518848	553060.03827365	84.08820499
13NMHRMS:0.700,	VRMS:1.105,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:12, PDOP:2.159
24KM	GRA1757.142512828	24.524544787	108.62288277
18RK	GRA17344479.46171360	553069.43097480	88.48315467
13NMHRMS:1.357,	VRMS:2.922,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:11, PDOP:2.624
24KM	GRA1857.142446777	24.524588032	115.72385341
18RK	GRA18344459.13190838	553076.94451987	95.58334863
13NMHRMS:0.455,	VRMS:0.719,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:14, PDOP:1.521
24KM	GRA1957.142547589	24.524615397	123.85411685
18RK	GRA19344490.36288706	553081.12967376	103.71447307
13NMHRMS:0.851,	VRMS:1.552,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:2.856
24KM	GRA2057.142649340	24.524616780	100.09755134
18RK	GRA20344521.82778831	553080.95535933	79.95886779
13NMHRMS:0.794,	VRMS:1.789,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:11, PDOP:3.463
24KM	GRA2157.142692188	24.524746229	101.73919004
18RK	GRA21344535.35690070	553102.48573399	81.60046361
13NMHRMS:0.785,	VRMS:1.979,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:3.934
24KM	GRA2257.142756849	24.524809865	106.13948199
18RK	GRA22344555.48833263	553112.89580458	86.00114829
13NMHRMS:0.801,	VRMS:1.308,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.777
24KM	GRA2357.142856510	24.524858411	104.33415971
18RK	GRA23344586.40929874	553120.63609567	84.19660342
13NMHRMS:0.863,	VRMS:1.278,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.808
24KM	GRA2457.142941260	24.524772206	108.78953886
18RK	GRA24344612.42765599	553105.84597584	88.65308552
13NMHRMS:0.765,	VRMS:1.668,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:3.521
24KM	GRA2557.142932728	24.524867531	106.06649926
18RK	GRA25344609.99609146	553121.86051287	85.92963471
13NMHRMS:1.082,	VRMS:2.420,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:4.200
24KM	GRA2657.142971766	24.524922922	107.32957638
18RK	GRA26344622.18698858	553130.99036515	87.19289047
13NMHRMS:0.559,	VRMS:0.917,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:12, PDOP:1.858
24KM	GRA2757.143058205	24.524905652	108.19753678
18RK	GRA27344648.87681741	553127.74980877	88.06173111
13NMHRMS:0.604,	VRMS:1.207,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:11, PDOP:2.546
24KM	GRA2857.142661596	24.524797920	99.65631470
18RK	GRA28344526.00967684	553111.27371265	79.51711860
13NMHRMS:0.815,	VRMS:1.657,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:3.274
24KM	GRA2957.142583056	24.524806682	105.02502137
18RK	GRA29344501.74363082	553113.05632148	84.88504958
13NMHRMS:1.097,	VRMS:1.826,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:3.785
24KM	GRA3057.142603835	24.524877820	102.89843803
18RK	GRA30344508.32264238	553124.89936089	82.75841636
13NMHRMS:0.829,	VRMS:1.912,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:3.514
24KM	GRA3157.142417973	24.524853471	114.45478376
18RK	GRA31344450.80018049	553121.55968759	94.31308278
13NMHRMS:1.085,	VRMS:1.628,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:3.177
24KM	GRA3257.142541880	24.524949993	98.60764718
18RK	GRA32344489.32226563	553137.24638424	78.46678676
13NMHRMS:0.762,	VRMS:1.663,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:3.306
24KM	GRA3357.142566833	24.524929696	104.67168530
18RK	GRA33344496.99369800	553133.74384991	84.53113225
13NMHRMS:0.811,	VRMS:1.728,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:3.456
24KM	GRA3457.142574710	24.525205945	95.78638183

18RK GRA34344500.02810933 553180.02440438 75.64494401
13NMHRMS:0.736, VRMS:1.506, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.098
24KM GRA3557.142593242 24.525417317 94.78594655
18RK GRA35344506.21681026 553215.38588644 74.64395066
13NMHRMS:0.776, VRMS:1.484, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.977
24KM GRA3657.142635658 24.525451183 100.68876734
18RK GRA36344519.40547864 553220.89366061 80.54705698
13NMHRMS:0.668, VRMS:1.022, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.056
24KM GRA3757.142686966 24.525429793 106.94818556
18RK GRA37344535.22393019 553217.10237314 86.80703713
13NMHRMS:0.725, VRMS:1.303, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.595
24KM GRA3857.142553250 24.525588940 90.50526994
18RK GRA38344494.22341310 553244.31796123 70.36229772
13NMHRMS:0.826, VRMS:1.429, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.880
24KM GRA3957.142433932 24.525595145 107.94358300
18RK GRA39344457.34317813 553245.83600027 87.79945469
13NMHRMS:2.076, VRMS:3.810, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:7.939
24KM GRA4057.142489572 24.525583642 99.65757042
18RK GRA40344474.52224602 553243.68480003 79.51401114
13NMHRMS:0.618, VRMS:0.871, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:1.836
24KM GRA4157.142581349 24.525745067 97.75001802
18RK GRA41344503.25095905 553270.37948236 77.60677071
13NMHRMS:1.736, VRMS:2.659, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:5.028
24KM GRA4257.142526168 24.530029968 111.34670707
18RK GRA42344486.80776314 553318.36327361 91.20194491
13NMHRMS:0.851, VRMS:1.203, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.546
24KM GRA4357.142554219 24.530015713 103.07455622
18RK GRA43344495.45024214 553315.86085998 82.93011061
13NMHRMS:2.037, VRMS:4.170, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:7.747
24KM GRA4457.142592555 24.525974298 105.11505681
18RK GRA44344507.21396767 553308.76418038 84.97111995
13NMHRMS:1.314, VRMS:1.848, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:3.886
24KM GRA4557.142619263 24.525968322 112.38791036
18RK GRA45344515.45929159 553307.65526723 92.24424846
13NMHRMS:1.485, VRMS:2.089, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:3.910
24KM GRA4657.142616252 24.525953064 100.14771256
18RK GRA46344514.49509802 553305.10931801 80.00407499
13NMHRMS:1.616, VRMS:2.690, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:5.146
24KM GRA4757.142658850 24.525996987 98.11213345
18RK GRA47344527.76203734 553312.30216986 77.96874881
13NMHRMS:1.322, VRMS:2.078, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:4.203
24KM GRA4857.142670934 24.530111836 85.47661037
18RK GRA48344531.74826105 553331.50743031 65.33294211
13NMHRMS:0.926, VRMS:1.174, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.682
24KM GRA4957.142730669 24.530101084 89.80797314
18RK GRA49344550.19509144 553329.46542038 69.66491092
13NMHRMS:0.638, VRMS:1.059, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.103
24KM GRA5057.142859101 24.530147263 100.76870821
18RK GRA50344590.00746691 553336.69192276 80.62670872
13NMHRMS:0.499, VRMS:0.785, STATUS:UNKNOWN, SATS:14, PDOP:1.521
24KM GRA5157.142922282 24.530113511 108.03389536
18RK GRA51344609.47026255 553330.78029910 87.89261445
13NMHRMS:0.486, VRMS:0.764, STATUS:UNKNOWN, SATS:14, PDOP:1.470
24KM GRA5257.143003081 24.530215938 111.21264091
18RK GRA52344634.67632756 553347.62705472 91.07177460
13NMHRMS:0.893, VRMS:1.165, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.508
24KM GRA5357.142887990 24.530304820 93.77027983
18RK GRA53344599.28308661 553362.98911148 73.62800938
13NMHRMS:0.889, VRMS:2.299, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:4.089
24KM GRA5457.142854725 24.530334115 89.58342251
18RK GRA54344589.06101529 553368.03376378 69.44073362
13NMHRMS:0.846, VRMS:2.418, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:4.148
24KM GRA5557.142769212 24.530422639 83.90573926
18RK GRA55344562.81243289 553383.21743733 63.76192864

13NMHRMS:1.022, VRMS:2.186, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.921
24KM GRA5657.142725544 24.530508920 83.72877434
18RK GRA56344549.49781351 553397.85727550 63.58424823
13NMHRMS:0.957, VRMS:2.211, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.805
24KM GRA5757.142657071 24.530385478 172.03004880
18RK GRA57344528.05702741 553377.43780674 151.88529860
13NMHRMS:4.557, VRMS:13.841, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:23.635
24KM GRA5857.142768988 24.531182494 75.95593886
18RK GRA58344564.39907029 553510.60301249 55.80949039
13NMHRMS:0.937, VRMS:2.004, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.772
24KM GRA5957.142823459 24.531147570 86.58540360
18RK GRA59344581.16559631 553504.52900442 66.43959630
13NMHRMS:0.851, VRMS:1.923, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.449
24KM GRA6057.142926947 24.531084916 111.07185494
18RK GRA60344613.02802817 553493.60928291 90.92725271
13NMHRMS:2.225, VRMS:6.422, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:10.278
24KM GRA6157.143018942 24.531058081 91.95563128
18RK GRA61344641.41486740 553488.74050697 71.81200009
13NMHRMS:0.941, VRMS:1.753, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.442
24KM GRA6257.143060655 24.530972568 119.77287703
18RK GRA62344654.12628457 553474.23732408 99.62993997
13NMHRMS:1.585, VRMS:4.148, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:7.431
24KM GRA6357.143047818 24.531148114 100.30124071
18RK GRA63344650.54004178 553503.71743005 80.15757346
13NMHRMS:0.653, VRMS:1.280, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.359
24KM GRA6457.143236953 24.531096430 111.58439314
18RK GRA64344708.90901695 553494.29227158 91.44271021
13NMHRMS:0.832, VRMS:1.270, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.486
24KM GRA6557.143137461 24.530998602 106.77647411
18RK GRA65344677.93193962 553478.29275633 86.63417991
13NMHRMS:0.857, VRMS:1.597, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.896
24KM GRA6657.143181045 24.530857388 114.75073000
18RK GRA66344691.10055051 553454.44467940 94.60934012
13NMHRMS:0.747, VRMS:1.292, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.356
24KM GRA6757.143131352 24.530906043 106.00903810
18RK GRA67344675.84116152 553462.80095462 85.86700583
13NMHRMS:0.695, VRMS:1.154, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.241
24KM GRA6857.143105835 24.530975870 99.68822525
18RK GRA68344668.10351941 553474.60918532 79.54570790
13NMHRMS:1.633, VRMS:3.515, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:5.272
24KM GRA6957.143117584 24.530967430 103.78379679
18RK GRA69344671.71788357 553473.14716961 83.64142076
13NMHRMS:4.839, VRMS:10.557, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:4.767
24KM GRA7057.142741084 24.531200772 104.22042537
18RK GRA70344555.81093247 553513.77954668 84.07364707
13NMHRMS:1.159, VRMS:2.179, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.836
24KM GRA7157.142739989 24.531341358 78.18436443
18RK GRA71344555.77914093 553537.35220342 58.03708792
13NMHRMS:1.010, VRMS:1.979, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.516
24KM GRA7257.142656221 24.531354338 77.81635449
18RK GRA72344529.90578521 553539.86552438 57.66823280
13NMHRMS:0.845, VRMS:1.154, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.199
24KM GRA7357.142590785 24.531261605 84.96399411
18RK GRA73344509.47026130 553524.58269456 64.81556945
13NMHRMS:0.979, VRMS:1.447, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.594
24KM GRA7457.142537554 24.531142038 98.80844612
18RK GRA74344492.74994648 553504.75208677 78.65992855
13NMHRMS:0.824, VRMS:1.326, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.364
24KM GRA7557.142490216 24.531081451 105.66733443
18RK GRA75344477.98064182 553494.78523323 85.51857551
13NMHRMS:0.694, VRMS:1.045, STATUS:UNKNOWN, SATS:13, PDOP:1.945
24KM GRA7657.142458459 24.531012054 110.50743016
18RK GRA76344468.00996795 553483.27882602 90.35860936
13NMHRMS:0.747, VRMS:1.240, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.314

24KM	GRA7757.142690650	24.531355696	68.10510343
18RK	GRA77344540.55446345	553539.95459003	47.95730589
13NMHRMS:1.330,	VRMS:3.268,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:5.831
24KM	GRA7857.142699926	24.531436449	81.53349535
18RK	GRA78344543.59898401	553553.45497990	61.38550617
13NMHRMS:0.946,	VRMS:1.400,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.662
24KM	GRA7957.142677159	24.531569791	47.82172802
18RK	GRA79344536.85036313	553575.90073853	27.67305849
13NMHRMS:1.495,	VRMS:3.910,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:6.872
24KM	GRA8057.142664688	24.531726216	85.08916829
18RK	GRA80344533.33619261	553602.17483240	64.93983658
13NMHRMS:0.945,	VRMS:1.182,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.297
24KM	GRA8157.142543988	24.531572538	91.95620781
18RK	GRA81344495.67919231	553576.89774390	71.80625599
13NMHRMS:1.483,	VRMS:2.469,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:4.836
24KM	GRA8257.142471382	24.531590006	94.31696963
18RK	GRA82344473.26732177	553580.11875350	74.16626318
13NMHRMS:0.995,	VRMS:1.852,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:3.642
24KM	GRA8357.142443138	24.531636324	99.30224850
18RK	GRA83344464.63529053	553587.99771187	79.15111106
13NMHRMS:0.746,	VRMS:0.973,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:2.096
24KM	GRA8457.142323942	24.532047093	95.92457302
18RK	GRA84344428.67703962	553657.34308072	75.77086683
13NMHRMS:0.982,	VRMS:1.557,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:11, PDOP:3.128
24KM	GRA8557.142350179	24.532074448	104.77266206
18RK	GRA85344436.84952270	553661.82315084	84.61911177
13NMHRMS:0.900,	VRMS:1.402,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:12, PDOP:2.558
24KM	GRA8657.142327940	24.532065612	101.91680579
18RK	GRA86344429.95377543	553660.43161949	81.76307342
13NMHRMS:1.228,	VRMS:2.195,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:11, PDOP:3.936
24KM	GRA8757.142329318	24.532136512	104.50797475
18RK	GRA87344430.53496469	553672.31236280	84.35400886
13NMHRMS:1.094,	VRMS:1.794,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:3.323
24KM	GRA8857.142321339	24.532134568	102.13262382
18RK	GRA88344428.06371449	553672.01861073	81.97858834
13NMHRMS:4.417,	VRMS:8.063,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:4.374
24KM	GRA8957.142385170	24.532148879	76.61749048
18RK	GRA89344447.83206475	553674.16017574	56.46401617
13NMHRMS:1.028,	VRMS:1.542,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:3.000
24KM	GRA9057.142453609	24.532150105	79.12305679
18RK	GRA90344468.99623499	553674.08945775	58.97023328
13NMHRMS:1.677,	VRMS:2.188,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:4.546
24KM	GRA9157.142407914	24.532093404	91.47869195
18RK	GRA91344454.74300184	553664.76812892	71.32562825
13NMHRMS:1.292,	VRMS:2.230,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:3.731
24KM	GRA9257.142543330	24.532217613	74.37325685
18RK	GRA92344496.88628036	553685.04479319	54.22105757
13NMHRMS:1.153,	VRMS:2.120,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:3.746
24KM	GRA9357.142617715	24.532052533	69.65314776
18RK	GRA93344519.52534243	553657.06959152	49.50223382
13NMHRMS:1.154,	VRMS:2.262,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:4.610
24KM	GRA9457.142847502	24.532027808	88.89861814
18RK	GRA94344590.52277608	553651.99753737	68.74998880
13NMHRMS:0.850,	VRMS:1.081,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:2.513
24KM	GRA9557.142921195	24.532131493	88.72860079
18RK	GRA95344613.53595684	553669.08211020	68.58031731
13NMHRMS:0.801,	VRMS:1.047,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:2.404
24KM	GRA9657.143050501	24.532376027	97.62723874
18RK	GRA96344654.05333852	553709.55374313	77.47934635
13NMHRMS:1.026,	VRMS:1.323,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:3.122
24KM	GRA9757.143132635	24.532489936	102.22107684
18RK	GRA97344679.69921662	553728.31761151	82.07357698
13NMHRMS:0.831,	VRMS:1.273,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:2.676
24KM	GRA9857.143163558	24.532080169	109.34088885

18RK GRA98344688.36376136 553659.49999686 89.19510260
13NMHRMS:1.081, VRMS:1.395, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:2.888
24KM GRA9957.143128867 24.532098424 104.19549958
18RK GRA99344677.67681399 553662.70021262 84.04931818
13NMHRMS:0.725, VRMS:0.978, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.127
24KM GRA10057.143014152 24.532108218 90.44192996
18RK GRA100344642.22796331 553664.80509690 70.29461679
13NMHRMS:0.987, VRMS:1.925, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.397
24KM GRA10157.142834059 24.532746848 91.77305085
18RK GRA101344587.94071762 553772.59343847 71.62179989
13NMHRMS:1.101, VRMS:1.608, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:2.885
24KM GRA10257.142730029 24.532706516 80.05759429
18RK GRA102344555.68569392 553766.25266763 59.90548599
13NMHRMS:1.991, VRMS:1.815, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:4.939
24KM GRA10357.142583959 24.532622577 67.47623736
18RK GRA103344510.33593509 553752.77119404 47.32302049
13NMHRMS:1.015, VRMS:1.499, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:2.928
24KM GRA10457.142455315 24.532706571 80.16845337
18RK GRA104344470.74263954 553767.37262169 60.01371166
13NMHRMS:2.130, VRMS:2.659, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:5.589
24KM GRA10557.142370425 24.532788653 68.56103053
18RK GRA105344444.67427881 553781.47681895 48.40518960
13NMHRMS:1.661, VRMS:1.540, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:4.308
24KM GRA10657.142341301 24.532702588 72.08186224
18RK GRA106344435.48024965 553767.16586891 51.92604153
13NMHRMS:1.646, VRMS:1.582, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.700
24KM GRA10757.142318064 24.532644846 86.30843949
18RK GRA107344428.16853919 553757.57938530 66.15259697
13NMHRMS:1.169, VRMS:1.729, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:3.277
24KM GRA10857.142302476 24.532664133 81.22075346
18RK GRA108344423.39109494 553760.87586456 61.06469444
13NMHRMS:1.684, VRMS:1.793, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:4.317
24KM GRA10957.142343096 24.532798408 75.75817622
18RK GRA109344436.24518995 553783.22278373 55.60203932
13NMHRMS:1.799, VRMS:1.627, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:4.190
24KM GRA11057.142352485 24.532805661 67.54370297
18RK GRA110344439.16421914 553784.40063397 47.38763086
13NMHRMS:1.577, VRMS:1.610, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:3.812
24KM GRA11157.142285984 24.532991557 69.71564136
18RK GRA111344419.00947052 553815.83505213 49.55828462
13NMHRMS:1.656, VRMS:1.692, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:3.730
24KM GRA11257.142269103 24.532979783 82.49898481
18RK GRA112344413.76398639 553813.92940242 62.34150713
13NMHRMS:1.708, VRMS:2.139, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:4.568
24KM GRA11357.142289645 24.532988059 65.11524990
18RK GRA113344420.13383589 553815.23375461 44.95794045
13NMHRMS:1.481, VRMS:1.612, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:3.557
24KM GRA11457.142232152 24.533469092 58.94050655
18RK GRA114344403.41303229 553896.11168005 38.78097068
13NMHRMS:1.520, VRMS:1.677, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:3.416
24KM GRA11557.142165141 24.533809565 61.61982496
18RK GRA115344383.44144397 553953.46381970 41.45845942
13NMHRMS:1.016, VRMS:1.436, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:2.905
24KM GRA11657.142172483 24.533897520 62.75050563
18RK GRA116344385.90504471 553968.17980408 42.58890428
13NMHRMS:0.966, VRMS:1.359, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.938
24KM GRA11757.142089108 24.534128107 63.73247879
18RK GRA117344360.63259837 554007.17644551 43.56927210
13NMHRMS:1.167, VRMS:1.546, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.509
24KM GRA11857.142058686 24.533730380 67.90890025
18RK GRA118344350.35092560 553940.62016134 47.74678747
13NMHRMS:1.247, VRMS:1.534, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:3.267
24KM GRA11957.141978048 24.533523207 65.96549732
18RK GRA119344324.96168046 553906.21395929 45.80333223

13NMHRMS:1.182, VRMS:1.965, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.787
24KM GRA12057.141888789 24.533348543 74.29906939
18RK GRA120344296.97844678 553877.29263793 54.13665658
13NMHRMS:0.924, VRMS:1.459, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:2.708
24KM GRA12157.141891333 24.533224442 60.69059999
18RK GRA121344297.49249543 553856.47630837 40.52864476
13NMHRMS:1.050, VRMS:1.430, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.104
24KM GRA12257.141763710 24.532941370 71.71742177
18RK GRA122344257.40946318 553809.53438114 51.55523051
13NMHRMS:1.267, VRMS:1.963, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:4.085
24KM GRA12357.141699427 24.532774214 74.17399812
18RK GRA123344237.16625004 553781.76975399 54.01177455
13NMHRMS:1.359, VRMS:2.494, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:4.920
24KM GRA12457.141624834 24.532810048 82.67557930
18RK GRA124344214.18028957 553788.07925734 62.51251529
13NMHRMS:1.017, VRMS:1.716, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.289
24KM GRA12557.141492659 24.532721358 76.09829609
18RK GRA125344173.11633036 553773.74404284 55.93427522
13NMHRMS:1.619, VRMS:3.568, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:6.216
24KM GRA12657.141379249 24.532584310 90.98937221
18RK GRA126344137.74892707 553751.22496988 70.82474431
13NMHRMS:0.830, VRMS:1.730, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:3.228
24KM GRA12757.141293426 24.532657621 96.22028337
18RK GRA127344111.37261426 553763.86341898 76.05457612
13NMHRMS:1.257, VRMS:2.451, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:4.764
24KM GRA12857.141323235 24.532292905 110.80520640
18RK GRA128344119.79077461 553702.59399371 90.64106296
13NMHRMS:0.813, VRMS:1.094, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.357
24KM GRA12957.141352154 24.532300438 113.84816803
18RK GRA129344128.74914983 553703.74024142 93.68427510
13NMHRMS:0.877, VRMS:1.537, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.803
24KM GRA13057.141472073 24.532191041 110.85213293
18RK GRA130344165.58931209 553684.91456312 90.68977124
13NMHRMS:1.622, VRMS:3.624, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:6.841
24KM GRA13157.141500836 24.532001430 109.19320890
18RK GRA131344174.06820843 553653.00835663 89.03178618
13NMHRMS:0.694, VRMS:1.159, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.331
24KM GRA13257.141427843 24.532364220 101.08723426
18RK GRA132344152.29231235 553714.12832734 80.92384273
13NMHRMS:0.895, VRMS:1.342, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.539
24KM GRA13357.141357263 24.532489261 83.77421004
18RK GRA133344130.74262161 553735.37790617 63.60970448
13NMHRMS:1.208, VRMS:2.457, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:5.090
24KM GRA13457.141596366 24.532196273 120.75757573
18RK GRA134344204.03307091 553685.28998249 100.59638555
13NMHRMS:3.008, VRMS:6.095, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:10.630
24KM GRA13557.141600220 24.532131198 87.72919879
18RK GRA135344205.08223359 553674.36408542 67.56827310
13NMHRMS:3.075, VRMS:4.329, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:8.299
24KM GRA13657.141576149 24.532181459 111.75254324
18RK GRA136344197.74923461 553682.88785255 91.59121134
13NMHRMS:1.242, VRMS:2.872, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:4.417
24KM GRA13757.141589632 24.532207374 82.57479564
18RK GRA137344201.97502213 553687.17835885 62.41350216
13NMHRMS:0.776, VRMS:1.699, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.025
24KM GRA13857.141656047 24.532297454 85.97794250
18RK GRA138344222.70806874 553702.01279940 65.81696987
13NMHRMS:0.791, VRMS:1.504, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.661
24KM GRA13957.141795608 24.532422696 88.84175721
18RK GRA139344266.13548327 553722.44681948 68.68168348
13NMHRMS:0.875, VRMS:1.644, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.749
24KM GRA14057.141805331 24.532362837 83.24280127
18RK GRA140344269.01086728 553712.37171665 63.08302973
13NMHRMS:0.680, VRMS:1.277, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.353

24KM	GRA14157.141804932	24.532169705	92.28559428
18RK	GRA141344268.46466799	553679.99379802	72.12649343
13NMHRMS:0.777, VRMS:1.515, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.938			
24KM	GRA14257.141835328	24.532427305	78.18271541
18RK	GRA142344278.42721513	553723.05910619	58.02300604
13NMHRMS:0.803, VRMS:1.857, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.260			
24KM	GRA14357.141869691	24.532513133	70.08508351
18RK	GRA143344289.24035197	553737.30975095	49.92540366
13NMHRMS:1.152, VRMS:3.070, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:5.745			
24KM	GRA14457.141927160	24.532664809	76.70624786
18RK	GRA144344307.34250795	553762.50654826	56.54658933
13NMHRMS:0.721, VRMS:1.667, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.377			
24KM	GRA14557.141920370	24.532483703	78.40704522
18RK	GRA145344304.84627215	553732.17091652	58.24795361
13NMHRMS:1.238, VRMS:1.863, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:3.833			
24KM	GRA14657.141946421	24.532229831	88.24787339
18RK	GRA146344312.34534786	553689.50297994	68.08991711
13NMHRMS:0.794, VRMS:1.712, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.285			
24KM	GRA14757.141961294	24.531941234	82.86498456
18RK	GRA147344316.31280372	553641.05864735	62.70817748
13NMHRMS:0.756, VRMS:1.924, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.291			
24KM	GRA14857.141947400	24.531782153	102.55096699
18RK	GRA148344311.66875363	553614.44411379	82.39458203
13NMHRMS:0.838, VRMS:1.788, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.708			
24KM	GRA14957.141885659	24.531667507	85.89941411
18RK	GRA149344292.32745928	553595.47222026	65.74283891
13NMHRMS:0.832, VRMS:2.524, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:4.679			
24KM	GRA15057.141840581	24.531472118	100.59229338
18RK	GRA150344277.96253956	553562.89579233	80.43596948
13NMHRMS:0.864, VRMS:2.264, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.209			
24KM	GRA15157.141810861	24.531358648	100.77440988
18RK	GRA151344268.52507892	553543.99170456	80.61819829
13NMHRMS:0.812, VRMS:2.105, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.769			
24KM	GRA15257.141770715	24.531330763	106.98029526
18RK	GRA152344256.05076464	553539.47821462	86.82379760
13NMHRMS:0.647, VRMS:1.807, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.250			
24KM	GRA15357.141801055	24.531277718	112.42142907
18RK	GRA153344265.31627415	553530.46291315	92.26540647
13NMHRMS:0.589, VRMS:1.391, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.648			
24KM	GRA15457.142080146	24.531310801	110.57105322
18RK	GRA154344351.68521919	553534.88593032	90.41758064
13NMHRMS:0.629, VRMS:1.172, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.126			
24KM	GRA15557.142074425	24.531398061	112.92122236
18RK	GRA155344350.10669674	553549.53826598	92.76739096
13NMHRMS:0.679, VRMS:1.356, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.234			
24KM	GRA15657.142073881	24.531449118	100.91731847
18RK	GRA156344350.04993570	553558.10030445	80.76330390
13NMHRMS:0.638, VRMS:1.767, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.269			
24KM	GRA15757.142090267	24.531441124	117.03951064
18RK	GRA157344355.09906825	553556.69394977	96.88568049
13NMHRMS:0.694, VRMS:1.706, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.758			
24KM	GRA15857.142053435	24.531574588	81.86629828
18RK	GRA158344344.00195883	553579.21784123	61.71165093
13NMHRMS:0.776, VRMS:1.938, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.375			
24KM	GRA15957.141987978	24.531723129	87.28984412
18RK	GRA159344324.08676102	553604.38497048	67.13405306
13NMHRMS:0.964, VRMS:2.224, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.683			
24KM	GRA16057.141984687	24.531833482	97.86712340
18RK	GRA160344323.31054126	553622.89927703	77.71091596
13NMHRMS:0.756, VRMS:2.176, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.717			
24KM	GRA16157.141987071	24.531745719	84.92862407
18RK	GRA161344323.85577470	553608.17587535	64.77274555
13NMHRMS:0.821, VRMS:2.000, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.308			
24KM	1_KR_KROTE57.142162038	24.531503825	115.71143913

18RK 1_KR_KROTE344377.42795201 553566.91687897 95.55807626
 13NMHRMS:0.212, VRMS:0.374, STATUS:UNKNOWN, SATS:16, PDOP:1.445
 24KM 1_KR_KROTE157.141989571 24.531422499 127.07889956
 18RK 1_KR_KROTE1344323.92261322 553553.97703568 106.92417231
 13NMHRMS:0.394, VRMS:0.613,

00NMSDR33 V04-03.00 Mar-22-15 20:58 111111

10NMPLATONE 121111

06NM1.00000000

13NMTopSURV Version 8

130OBS

13NMEquipment: GPS Receiver

13NMProjection: Latvia-LKS_92

13NMLocalization File: None

13NMGeoid Separation File: LV98

03NM0.00000000

13NMBase station

24NM Base456.92548237 24.07608629 41.96160000

15RK Base4309093.59293367 504631.31425310 20.90852078

0.00000000 0.00000000 0.00000000

03NM2.00000000

24KP 1356.534036150 24.045686750 32.58993840

18RK 13305650.27466507 505023.62405979 11.41785271

13NMHRMS:0.006, VRMS:0.007, STATUS:FIXED, SATS:6, PDOP:2.222

24KP 1456.534036235 24.045686639 32.56865157

18RK 14305650.30116723 505023.60523368 11.39656670

13NMHRMS:0.002, VRMS:0.003, STATUS:FIXED, SATS:16, PDOP:1.236

03NM0.00000000

13NMBase station

24NM Base557.14882409 24.89270136 133.90550000

15RK Base5334306.01534306 554012.15627905 113.40664962

0.00000000 0.00000000 0.00000000

03NM2.00000000

24KP SAK57.160439337 25.033010872 86.62243607

18RK SAK347702.43219411 563829.15566618 66.33477765

13NMHRMS:0.005, VRMS:0.009, STATUS:FIXED, SATS:12, PDOP:1.950

24KM SAK157.160526519 25.033649830 86.25442318

18RK SAK1347731.05359297 563935.77303019 65.96521144

13NMHRMS:0.114, VRMS:0.161, STATUS:FLOAT, SATS:13, PDOP:1.894

24KM GRA57.160526785 25.033647458 85.45460079

18RK GRA347731.12970002 563935.37437112 65.16539985

13NMHRMS:0.116, VRMS:0.164, STATUS:FLOAT, SATS:12, PDOP:2.006

24KM GRA157.160511819 25.033803639 84.60666019

18RK GRA1347726.90971824 563961.60934778 64.31676996

13NMHRMS:0.248, VRMS:0.264, STATUS:FLOAT, SATS:10, PDOP:2.403

24KM GRA257.160510748 25.033859328 87.79630580

18RK GRA2347726.72384697 563970.94335728 67.50620619

13NMHRMS:0.169, VRMS:0.264, STATUS:FLOAT, SATS:14, PDOP:1.968

24KM GRA357.160524515 25.033921578 84.88254307

18RK GRA3347731.14305241 563981.30494504 64.59233707

13NMHRMS:0.253, VRMS:0.459, STATUS:FLOAT, SATS:12, PDOP:2.817

24KM GRA457.160552456 25.034167408 85.72917838

18RK GRA4347740.42410033 564022.35098503 65.43832675

13NMHRMS:0.280, VRMS:0.523, STATUS:FLOAT, SATS:11, PDOP:3.256

24KM GRA557.160537264 25.034295670 86.05665516

18RK GRA5347736.06152636 564043.91023313 65.76521272

13NMHRMS:0.205, VRMS:0.277, STATUS:UNKNOWN, SATS:13, PDOP:2.045

24KM GRA657.160482536 25.034385242 84.68577222

18RK GRA6347719.37365100 564059.17886294 64.39354094

13NMHRMS:0.347, VRMS:0.415, STATUS:FLOAT, SATS:11, PDOP:2.328

24KM GRA757.160442933 25.034442685 82.62999252

18RK GRA7347707.27855118 564068.99252857 62.33721695

13NMHRMS:0.185, VRMS:0.265, STATUS:FLOAT, SATS:11, PDOP:1.971

24KM	GRA857.160398010	25.034657625	87.11472574
18RK	GRA8347693.94999322	564105.21569308	66.82079432
13NMHRMS:0.283,	VRMS:0.579, STATUS:FLOAT, SATS:10, PDOP:3.465		
24KM	GRA957.160394062	25.035117013	79.01719524
18RK	GRA9347693.93128622	564182.19060175	58.72157866
13NMHRMS:0.690,	VRMS:0.889, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:1.707		
24KM	ATZ57.160345818	25.035206526	77.05995228
18RK	ATZ347679.24857043	564197.41890217	56.76360268
13NMHRMS:0.703,	VRMS:1.137, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.592		
24KM	ATZ157.160306104	25.035143508	80.34080802
18RK	ATZ1347666.80392882	564187.05400658	60.04434644
13NMHRMS:0.505,	VRMS:0.795, STATUS:UNKNOWN, SATS:15, PDOP:1.489		
24KM	ATZ257.160284015	25.035124410	82.19998196
18RK	ATZ2347659.92410628	564183.96153025	61.90340074
13NMHRMS:0.528,	VRMS:0.713, STATUS:UNKNOWN, SATS:13, PDOP:1.536		
24KM	GRA6057.160323626	25.035292525	75.62186998
18RK	GRA60347672.61203948	564211.93262306	55.32502210
13NMHRMS:0.957,	VRMS:1.249, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.041		
24KM	GRA6157.160328392	25.035308272	74.86616952
18RK	GRA61347674.12667733	564214.54751600	54.56930565
13NMHRMS:0.891,	VRMS:1.440, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.054		
24KM	GRA6257.160320998	25.035321898	77.17988827
18RK	GRA62347671.87623017	564216.86583630	56.88291241
13NMHRMS:0.769,	VRMS:1.199, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.556		
24KM	GRA6357.160314808	25.035435879	75.21665066
18RK	GRA63347670.26086998	564235.98975606	54.91921233
13NMHRMS:1.240,	VRMS:3.018, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:5.510		
24KM	GRA6457.160266891	25.035511317	77.61703947
18RK	GRA64347655.64273673	564248.85890641	57.31892164
13NMHRMS:0.876,	VRMS:1.612, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.128		
24KM	GRA6557.160173239	25.035715972	89.21414638
18RK	GRA65347627.22172203	564283.59586192	68.91449502
13NMHRMS:0.933,	VRMS:1.354, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.255		
24KM	GRA6657.160163600	25.035698087	73.80338821
18RK	GRA66347624.19453196	564280.64643706	53.50371899
13NMHRMS:0.815,	VRMS:1.170, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.183		
24KM	GRA6757.160164013	25.035717771	75.47890848
18RK	GRA67347624.37383201	564283.94185044	55.17917205
13NMHRMS:0.705,	VRMS:1.271, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.457		
24KM	GRA6857.160153706	25.035762640	74.66810464
18RK	GRA68347621.30442058	564291.50828098	54.36811914
13NMHRMS:0.670,	VRMS:1.022, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.217		
24KM	GRA6957.160140243	25.035761935	76.28711553
18RK	GRA69347617.13984812	564291.45534509	55.98701785
13NMHRMS:0.614,	VRMS:0.879, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:1.880		
24KM	GRA7057.160105449	25.040077231	79.78074246
18RK	GRA70347607.20863331	564344.44263408	59.47921540
13NMHRMS:0.854,	VRMS:1.504, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.053		
24KM	GRA7157.160083202	25.040242819	73.86592782
18RK	GRA71347600.76454542	564372.29013940	53.56361628
13NMHRMS:0.576,	VRMS:1.040, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.091		
24KM	GRA7257.160111209	25.040327847	78.65562305
18RK	GRA72347609.64770098	564386.39840122	58.35324453
13NMHRMS:0.696,	VRMS:1.362, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.504		
24KM	GRA7357.160135097	25.040385511	77.82956286
18RK	GRA73347617.18536481	564395.94266684	57.52718057
13NMHRMS:0.743,	VRMS:1.871, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.570		
24KM	GRA7457.160233695	25.040355423	83.54556793
18RK	GRA74347647.59286438	564390.42429938	63.24413347
13NMHRMS:0.777,	VRMS:1.959, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.571		
24KM	GRA7557.160283275	25.040284657	78.09248314
18RK	GRA75347662.73696459	564378.32926675	57.79172527
13NMHRMS:0.775,	VRMS:1.951, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.593		
24KM	GRA7657.160336920	25.040248952	93.02149385

18RK GRA76347679.23028536 564372.08797877 72.72132122
13NMHRMS:1.065, VRMS:2.678, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:5.276
24KM GRA7757.160506796 25.040051226 89.04337218
18RK GRA77347731.23705741 564338.14234124 68.74535738
13NMHRMS:0.730, VRMS:1.804, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.522
24KM GRA7857.160536572 25.040032304 89.34563485
18RK GRA78347740.39432039 564334.82847207 69.04794172
13NMHRMS:0.751, VRMS:1.885, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.506
24KM GRA7957.160599749 25.040009489 98.56421480
18RK GRA79347759.86878076 564330.70064474 78.26714190
13NMHRMS:0.754, VRMS:1.746, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.516
24KM GRA8057.160668924 25.040044085 87.17891160
18RK GRA80347781.34825952 564336.16093673 66.88230353
13NMHRMS:1.527, VRMS:3.455, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:6.570
24KM GRA8157.160311871 25.040275964 74.53969623
18RK GRA81347671.55612661 564376.73449865 54.23921316
13NMHRMS:0.790, VRMS:1.822, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.433
24KM GRA8257.160353109 25.040332181 79.86927311
18RK GRA82347684.45449660 564385.95209830 59.56893917
13NMHRMS:0.794, VRMS:1.881, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.382
24KM GRA8357.160389404 25.040376347 84.91140301
18RK GRA83347695.79301666 564393.17472509 64.61121941
13NMHRMS:0.628, VRMS:1.222, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.499
24KM GRA8457.160428995 25.040408771 83.62134540
18RK GRA84347708.11962458 564398.41443837 63.32138239
13NMHRMS:0.815, VRMS:1.844, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.576
24KM GRA8557.160441124 25.040455940 89.44346378
18RK GRA85347711.99395487 564406.25731334 69.14343448
13NMHRMS:0.837, VRMS:1.987, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.986
24KM GRA8657.160478360 25.040480420 90.56027584
18RK GRA86347723.57140951 564410.17747339 70.26047561
13NMHRMS:0.782, VRMS:1.801, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.321
24KM GRA8757.160559186 25.040550681 85.73064443
18RK GRA87347748.74764728 564421.55550395 65.43127983
13NMHRMS:0.734, VRMS:1.655, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.295
24KM GRA8857.160613661 25.040505467 101.39440653
18RK GRA88347765.47234620 564413.71717522 81.09566840
13NMHRMS:1.109, VRMS:1.990, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.426
24KM GRA8957.160529594 25.040372206 93.30434087
18RK GRA89347739.12893226 564391.80145347 73.00536606
13NMHRMS:0.711, VRMS:1.228, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.399
24KM GRA9057.160072291 25.040469226 75.04951767
18RK GRA90347597.98559029 564410.27117855 54.74629972
13NMHRMS:0.839, VRMS:1.354, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.422
24KM GRA9157.160090144 25.040347416 85.25997415
18RK GRA91347603.18575693 564389.77887423 64.95734591
13NMHRMS:0.947, VRMS:1.474, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.415
24KM GRA9257.160101884 25.040383561 79.58927353
18RK GRA92347606.91057407 564395.77694490 59.28661539
13NMHRMS:0.836, VRMS:1.300, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.518
24KM GRA9357.160050997 25.040443110 75.71646808
18RK GRA93347591.33276551 564405.99942962 55.41316262
13NMHRMS:0.798, VRMS:1.523, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.990
24KM GRA9457.160069654 25.040477899 75.47777088
18RK GRA94347597.19292981 564411.73690810 55.17449931
13NMHRMS:0.654, VRMS:1.086, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.102
24KM GRA9557.160025721 25.040501085 70.77009694
18RK GRA95347583.66978929 564415.83407914 50.46636794
13NMHRMS:0.688, VRMS:0.954, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:1.872
24KM GRA9657.155989318 25.040567321 74.72077128
18RK GRA96347572.58797953 564427.10673714 54.41649433
13NMHRMS:0.722, VRMS:1.178, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:1.951
24KM GRA9757.155917640 25.040643350 75.45951591
18RK GRA97347550.62495505 564440.19102682 55.15435552

13NMHRMS:0.612, VRMS:0.968, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:1.989
24KM GRA9857.155910937 25.040690531 71.89637096
18RK GRA98347548.67632925 564448.12759767 51.59098401
13NMHRMS:0.844, VRMS:1.483, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.104
24KM GRA9957.155915685 25.040706367 78.04754513
18RK GRA99347550.18593138 564450.75739627 57.74214173
13NMHRMS:1.009, VRMS:1.779, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.338
24KM GRA10057.155929972 25.040749916 70.96230964
18RK GRA100347554.71817790 564457.98357537 50.65687145
13NMHRMS:0.703, VRMS:1.171, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.484
24KM GRA10157.155925319 25.040770441 74.64145251
18RK GRA101347553.33329306 564461.44471243 54.33590096
13NMHRMS:0.796, VRMS:1.106, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.254
24KM GRA10257.155923147 25.040789180 72.18294153
18RK GRA102347552.71103690 564464.59434667 51.87730418
13NMHRMS:0.795, VRMS:1.328, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.432
24KM GRA10357.155910833 25.040814282 70.38554410
18RK GRA103347548.96942962 564468.85938941 50.07971174
13NMHRMS:0.888, VRMS:1.533, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.070
24KM GRA10457.155868232 25.040862790 74.52928813
18RK GRA104347535.92482290 564477.19239956 54.22291886
13NMHRMS:0.892, VRMS:1.165, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.583
24KM GRA10557.155860025 25.040851087 71.40813444
18RK GRA105347533.35655437 564475.27177269 51.10173734
13NMHRMS:0.724, VRMS:0.921, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.047
24KM GRA10657.155865861 25.040811303 70.75773417
18RK GRA106347535.05644927 564468.57864218 50.45152964
13NMHRMS:0.686, VRMS:1.150, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.263
24KM GRA10757.155772852 25.041046792 69.42069767
18RK GRA107347506.91739482 564508.48041856 49.11285562
13NMHRMS:0.653, VRMS:1.013, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.117
24KM GRA10857.155782216 25.041072902 70.33051902
18RK GRA108347509.88142172 564512.80915974 50.02266291
13NMHRMS:0.624, VRMS:1.022, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.190
24KM GRA10957.160432252 25.041295540 82.38790528
18RK GRA109347711.45856581 564546.94810310 62.08478184
13NMHRMS:0.918, VRMS:1.358, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.487
24KM GRA11057.160307365 25.041279391 81.72916514
18RK GRA110347672.80081574 564544.84968627 61.42503687
13NMHRMS:0.904, VRMS:1.381, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.272
24KM GRA11157.160216420 25.041297509 78.03156237
18RK GRA111347644.72856440 564548.32682095 57.72659499
13NMHRMS:0.694, VRMS:1.061, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:1.768
24KM GRA11257.160120532 25.041277156 75.57480421
18RK GRA112347615.02642292 564545.38306554 55.26909390
13NMHRMS:0.699, VRMS:1.190, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.401
24KM GRA11357.160029585 25.041249627 77.95213688
18RK GRA113347586.83284385 564541.21328539 57.64575144
13NMHRMS:0.893, VRMS:1.364, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:2.926
24KM GRA11457.155949102 25.041201403 65.28494279
18RK GRA114347561.82082505 564533.52563727 44.97804561
13NMHRMS:1.193, VRMS:2.440, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:4.548
24KM GRA11557.155863535 25.041181688 73.96905294
18RK GRA115347535.31156877 564530.63856842 53.66149829
13NMHRMS:0.907, VRMS:1.542, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:3.401
24KM GRA11657.155775272 25.041197718 71.91378586
18RK GRA116347508.06276863 564533.75272852 51.60542240
13NMHRMS:1.291, VRMS:2.321, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:5.042
24KM PELKES_VIDUS57.155775255 25.041223221 73.01650620
18RK PELKES_VIDUS347508.12465034 564538.02532562 52.70805101
13NMHRMS:1.392, VRMS:2.204, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.937
24KM GRAV10057.155721391 25.041300416 67.60396485
18RK GRAV100347491.67313380 564551.21921355 47.29477402
13NMHRMS:0.934, VRMS:1.060, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:2.580

24KM	GRAV10157.155679959	25.041373289	68.92138500
18RK	GRAV101347479.05431381	564563.62862635	48.61157991
13NMHRMS:1.326,	VRMS:1.958,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:4.011
24KM	GRAV10257.155688145	25.041384162	65.38517525
18RK	GRAV102347481.61379299	564565.41038204	45.07540077
13NMHRMS:0.924,	VRMS:2.133,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:4.418
24KM	GRAV10357.155670855	25.041445423	68.79748224
18RK	GRAV103347476.42905005	564575.75740755	48.48734065
13NMHRMS:0.755,	VRMS:1.701,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:3.531
24KM	ATZ2057.155660109	25.041520272	71.51653563
18RK	ATZ20347473.30357223	564588.34879948	51.20603386
13NMHRMS:0.926,	VRMS:2.250,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:4.508
24KM	GRAV557.155693286	25.041589337	72.37617542
18RK	GRAV5347483.74393656	564599.75785907	52.06570796
13NMHRMS:0.586,	VRMS:0.851,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:1.965
24KM	GRAV657.155747869	25.041669194	72.99874608
18RK	GRAV6347500.83145089	564612.87059809	52.68845629
13NMHRMS:0.993,	VRMS:1.594,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:3.081
24KM	GRAV857.155802440	25.041820372	78.25739698
18RK	GRAV8347518.10337836	564637.93127580	57.94702857
13NMHRMS:0.898,	VRMS:2.344,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:3.929
24KM	GRAV957.155889440	25.041915170	77.59267939
18RK	GRAV9347545.25344258	564653.38898846	57.28271061
13NMHRMS:0.876,	VRMS:2.027,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:3.596
24KM	GRAV1057.155977520	25.042000997	74.15418746
18RK	GRAV10347572.71432063	564667.33835940	53.84465964
13NMHRMS:1.130,	VRMS:1.456,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:3.292
24KM	GRAV1157.160104839	25.042120020	80.32304513
18RK	GRAV11347612.39534100	564686.65746593	60.01417264
13NMHRMS:0.619,	VRMS:1.184,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.456
24KM	GRAV1257.160199885	25.042147605	80.34040345
18RK	GRAV12347641.85628936	564690.81571403	60.03224024
13NMHRMS:1.594,	VRMS:4.129,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:7.481
24KM	GRAV1357.160245605	25.042226217	85.39065681
18RK	GRAV13347656.20033830	564703.76213171	65.08259992
13NMHRMS:0.862,	VRMS:1.938,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:3.930
24KM	GRAV1457.160265589	25.042319978	84.37363514
18RK	GRAV14347662.62691730	564719.37161668	64.06541122
13NMHRMS:1.521,	VRMS:3.986,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:7.623
24KM	GRAV1557.160297731	25.042434073	87.87862541
18RK	GRAV15347672.86647659	564738.32810237	67.57026473
13NMHRMS:1.092,	VRMS:1.565,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:3.194
24KM	GRAV1657.160444120	25.042565822	80.35040508
18RK	GRAV16347718.47789186	564759.68498827	60.04281555
13NMHRMS:0.854,	VRMS:2.038,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:4.419
24KM	GRAV1757.155595348	25.041690485	60.09364032
18RK	GRAV17347453.72795617	564617.17925697	39.78197640
13NMHRMS:0.996,	VRMS:1.912,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:3.924
24KM	GRAV1857.155535439	25.041885890	54.40338400
18RK	GRAV18347435.71922230	564650.20658972	34.09050891
13NMHRMS:1.137,	VRMS:2.422,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:4.380
24KM	GRAV1957.155477755	25.041997024	66.41241745
18RK	GRAV19347418.17635074	564669.10564527	46.09865274
13NMHRMS:0.898,	VRMS:1.716,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:3.617
24KM	GRAV2057.155417016	25.042056838	59.40112970
18RK	GRAV20347399.55357166	564679.42200658	39.08663365
13NMHRMS:0.702,	VRMS:1.260,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.481
24KM	GRAV2157.155369418	25.042073017	64.20145236
18RK	GRAV21347384.87906928	564682.36410581	43.88649340
13NMHRMS:0.766,	VRMS:1.376,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.477
24KM	GRAV2257.155300893	25.042127842	58.95383418
18RK	GRAV22347363.83590818	564691.88270932	38.63809563
13NMHRMS:0.798,	VRMS:1.217,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.504
24KM	GRAV2357.155272932	25.042281388	55.80542995

18RK GRAV23347355.59554934 564717.74279806 35.48890263
13NMHRMS:0.933, VRMS:1.494, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.984
24KM GRAV2457.155265240 25.042261917 61.35841487
18RK GRAV24347353.16585860 564714.51816427 41.04189200
13NMHRMS:0.799, VRMS:1.523, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.087
24KM GRAV2557.155253949 25.042290787 55.69263773
18RK GRAV25347349.75089324 564719.40993396 35.37591525
13NMHRMS:0.714, VRMS:1.214, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.367
24KM GRAV2657.155274977 25.042367328 53.98678194
18RK GRAV26347356.45460277 564732.13051757 33.66996365
13NMHRMS:0.764, VRMS:1.298, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.605
24KM GRAV2757.155284177 25.042496249 64.53639050
18RK GRAV27347359.63956991 564753.68417008 44.21918785
13NMHRMS:1.050, VRMS:1.851, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:4.045
24KM GRAV2857.155249608 25.042777443 52.35225586
18RK GRAV28347349.69380169 564800.96173719 32.03375035
13NMHRMS:0.899, VRMS:0.982, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.354
24KM GRAV2957.155237269 25.042918501 57.61076726
18RK GRAV29347346.25145215 564824.65380062 37.29165075
13NMHRMS:1.344, VRMS:1.815, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.808
24KM GRAV3057.155204688 25.043041982 54.82676419
18RK GRAV30347336.50402756 564845.49991457 34.50692772
13NMHRMS:0.954, VRMS:1.432, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.241
24KM GRAV3157.155022920 25.042991592 58.26956756
18RK GRAV31347280.16806524 564837.94501545 37.94836682
13NMHRMS:1.181, VRMS:1.828, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.999
24KM GRAV3257.154990945 25.043007007 73.07610293
18RK GRAV32347270.32210900 564840.68368955 52.75457511
13NMHRMS:1.022, VRMS:1.519, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.185
24KM GRAV3357.154981196 25.042976740 69.40642747
18RK GRAV33347267.22774020 564835.66036709 49.08492533
13NMHRMS:0.817, VRMS:1.445, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.061
24KM GRAV3457.154990951 25.042801885 66.09610675
18RK GRAV34347269.78171483 564806.31830154 45.77531462
13NMHRMS:0.870, VRMS:1.398, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:2.883
24KM GRAV3557.155059823 25.042862450 63.81000546
18RK GRAV35347291.23701316 564816.12909472 43.48958160
13NMHRMS:1.314, VRMS:2.804, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:5.763
24KM GRAV3657.155183272 25.042895558 63.36539930
18RK GRAV36347329.49496909 564821.07349947 43.04590610
13NMHRMS:1.119, VRMS:1.932, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.990
24KM GRAV3757.155186297 25.042939766 50.52551227
18RK GRAV37347330.54707020 564828.46506081 30.20588618
13NMHRMS:1.073, VRMS:1.690, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.385
24KM GRAV3857.155246300 25.043317469 50.72548830
18RK GRAV38347350.09926692 564891.44979717 30.40501710
13NMHRMS:1.226, VRMS:2.704, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:5.281
24KM GRAV3957.155405241 25.043374672 58.66196560
18RK GRAV39347399.39505207 564900.25683464 38.34263979
13NMHRMS:1.354, VRMS:2.820, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:5.331
24KM GRAV4057.155579282 25.043244423 59.60604666
18RK GRAV40347452.86391808 564877.58611816 39.28866741
13NMHRMS:1.622, VRMS:1.890, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:4.900
24KM GRAV4157.155654338 25.043293544 67.60581256
18RK GRAV41347476.20123654 564885.44865329 47.28889482
13NMHRMS:1.167, VRMS:2.573, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:4.892
24KM GRAV4257.155729649 25.043547669 71.60218135
18RK GRAV42347500.16014709 564927.65352524 51.28499108
13NMHRMS:1.088, VRMS:2.391, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:4.612
24KM GRAV4357.155802508 25.043632270 68.84525513
18RK GRAV43347522.91220913 564941.47023010 48.52838009
13NMHRMS:1.124, VRMS:2.245, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:4.580
24KM GRAV4457.155852531 25.043747394 68.67330582
18RK GRAV44347538.68425604 564960.51177034 48.35644230

13NMHRMS:0.812, VRMS:1.408, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.815
24KM GRAV4557.155993200 25.043720153 66.51909483
18RK GRAV45347582.10669822 564955.26055503 46.20352421
13NMHRMS:1.000, VRMS:2.151, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:4.258
24KM GRAV4657.155969436 25.043849378 72.45315175
18RK GRAV46347575.10125351 564977.02495194 52.13691501
13NMHRMS:0.863, VRMS:1.274, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:2.775
24KM GRAV4757.155952831 25.044008112 73.31400392
18RK GRAV47347570.38802079 565003.69776866 52.99705592
13NMHRMS:0.719, VRMS:1.119, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:2.575
24KM GRAV4857.160041712 25.044089094 78.03771687
18RK GRAV48347598.08451629 565016.82922827 57.72123285
13NMHRMS:1.129, VRMS:2.482, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:4.327
24KM GRAV4957.155917885 25.043799509 72.51022583
18RK GRAV49347559.02981963 564968.92285345 52.19373032
13NMHRMS:1.024, VRMS:2.048, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.765
24KM GRAV5057.155687998 25.043132940 62.68012788
18RK GRAV50347486.18406988 564858.37872998 42.36407287
13NMHRMS:1.008, VRMS:2.012, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.433
24KM GRAV5157.155714634 25.043058499 55.93594759
18RK GRAV51347494.22282957 564845.77786891 35.62038627
13NMHRMS:1.092, VRMS:2.125, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.807
24KM GRAV5257.155871935 25.042952857 74.70507422
18RK GRAV52347542.58094343 564827.31237481 54.39122936
13NMHRMS:0.929, VRMS:1.678, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.296
24KM GRAV5357.155885082 25.042890971 66.35306601
18RK GRAV53347546.48254350 564816.88090236 46.03955520
13NMHRMS:1.208, VRMS:1.868, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:3.813
24KM GRAV5457.155811505 25.043001153 72.78006145
18RK GRAV54347524.02388473 564835.69808357 52.46552947
13NMHRMS:1.129, VRMS:2.108, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:4.000
24KM GRAV5557.155195530 25.043493878 49.69088502
18RK GRAV55347334.86806211 564921.25219207 29.36934947
13NMHRMS:1.130, VRMS:1.779, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.617
24KM GRAV5657.155138841 25.043890690 48.60651426
18RK GRAV56347318.39111684 564988.00876378 28.28307355
13NMHRMS:0.824, VRMS:1.400, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.761
24KM GRAV5757.155039945 25.044196473 47.91763919
18RK GRAV57347288.62322110 565039.72179066 27.59226165
13NMHRMS:0.928, VRMS:1.556, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.732
24KM GRAV5857.155133618 25.044331526 50.63871197
18RK GRAV58347317.94519827 565061.88931455 30.31364551
13NMHRMS:0.904, VRMS:1.430, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:2.977
24KM GRAV5957.155238524 25.044431281 61.40726675
18RK GRAV59347350.64678750 565078.08767504 41.08273322
13NMHRMS:0.920, VRMS:1.654, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:3.042
24KM GRAV6057.155410381 25.044560207 55.20786563
18RK GRAV60347404.12712818 565098.84495380 34.88432867
13NMHRMS:3.438, VRMS:2.986, STATUS:UNKNOWN, SATS:5, PDOP:7.201
24KM GRAV6157.155430971 25.044630602 54.61218956
18RK GRAV61347410.68058483 565110.53731744 34.28857477
13NMHRMS:2.102, VRMS:4.862, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:8.375
24KM GRAV6257.155488113 25.044862699 61.63930282
18RK GRAV62347428.96536736 565149.14025604 41.31534008
13NMHRMS:0.840, VRMS:1.330, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:2.721
24KM GRAV6357.155603456 25.045080423 64.00123823
18RK GRAV63347465.20793189 565185.04944415 43.67747292
13NMHRMS:1.031, VRMS:1.414, STATUS:UNKNOWN, SATS:7, PDOP:3.345
24KM GRAV6457.155719687 25.045170759 73.82484419
18RK GRAV64347501.38693752 565199.61291733 53.50174098
13NMHRMS:0.856, VRMS:1.480, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.010
24KM GRAV6557.155780570 25.045317267 72.45017099
18RK GRAV65347520.60153455 565223.85782146 52.12705833
13NMHRMS:1.594, VRMS:1.459, STATUS:UNKNOWN, SATS:6, PDOP:4.199

24KM	GRAV6657.155882837	25.045382117	75.79828098
18RK	GRAV66347552.39505917	565234.21977306	55.47580320
13NMHRMS:0.796,	VRMS:1.236,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.574
24KM	GRAV6757.155893408	25.045458242	78.38071186
18RK	GRAV67347555.86605962	565246.92059609	58.05805034
13NMHRMS:0.823,	VRMS:1.277,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.589
24KM	GRAV6857.155941505	25.045503589	82.39638745
18RK	GRAV68347570.85822341	565254.28111381	62.07397113
13NMHRMS:0.904,	VRMS:1.256,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:2.806
24KM	GRAV6957.155892301	25.045526580	88.69281336
18RK	GRAV69347555.70560055	565258.37434176	68.36989698
13NMHRMS:0.844,	VRMS:1.244,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:2.710
24KM	GRAV7057.155013112	25.044430591	40.53921189
18RK	GRAV70347280.94770509	565079.07620391	20.21276681
13NMHRMS:1.627,	VRMS:2.769,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:4, PDOP:5.078
24KM	GRAV7157.154986345	25.044615032	38.34614075
18RK	GRAV71347273.16108389	565110.10778299	18.01880692
13NMHRMS:1.381,	VRMS:2.012,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:6, PDOP:3.627
24KM	GRAV7257.154993202	25.044605397	50.98860364
18RK	GRAV72347275.25564411	565108.46005451	30.66136258
13NMHRMS:0.767,	VRMS:1.118,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.244
24KM	GRAV7357.155032939	25.044753464	46.08053207
18RK	GRAV73347287.93558832	565133.07170960	25.75309733
13NMHRMS:0.972,	VRMS:1.540,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:8, PDOP:3.196
24KM	GRAV7457.155140117	25.045272396	67.12315294
18RK	GRAV74347322.45425516	565219.48487006	46.79476650
13NMHRMS:0.987,	VRMS:1.674,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:3.640
24KM	GRAV7557.155049549	25.044825176	60.22063177
18RK	GRAV75347293.26186692	565145.00463367	39.89308081
13NMHRMS:1.306,	VRMS:2.443,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:7, PDOP:4.577
24KM	GRAV7657.154902796	25.044753113	41.81889970
18RK	GRAV76347247.69458361	565133.65097755	21.49036139
13NMHRMS:0.817,	VRMS:1.598,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:2.925
24KM	GRAV7757.154809721	25.044728815	43.61536762
18RK	GRAV77347218.85132965	565130.03636933	23.28612629
13NMHRMS:0.844,	VRMS:1.655,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:2.943
24KM	GRAV7857.154744676	25.044712853	42.07367770
18RK	GRAV78347198.69697098	565127.68111746	21.74394139
13NMHRMS:0.544,	VRMS:0.924,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:13, PDOP:1.602
24KM	GRAV7957.154646320	25.044739705	38.26427692
18RK	GRAV79347168.35654311	565132.66198965	17.93360938
13NMHRMS:0.654,	VRMS:1.180,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:11, PDOP:2.029
24KM	GRAV8057.154492739	25.044808439	40.35564135
18RK	GRAV80347121.05200032	565144.93063313	20.02342371
13NMHRMS:0.587,	VRMS:0.974,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:13, PDOP:1.832
24KM	GRAV8157.154430489	25.044846965	43.03884398
18RK	GRAV81347101.90677205	565151.69060982	22.70595988
13NMHRMS:0.928,	VRMS:1.604,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:13, PDOP:1.854
24KM	GRAV8257.154430022	25.044845009	42.52417552
18RK	GRAV82347101.75702761	565151.36525627	22.19129445
13NMHRMS:0.689,	VRMS:1.192,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:13, PDOP:1.856
24KM	GRAV8357.154343304	25.044800888	33.05291594
18RK	GRAV83347074.82685163	565144.39825172	12.71945681
13NMHRMS:0.718,	VRMS:1.375,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:12, PDOP:2.203
24KM	GRAV8457.154332800	25.044801385	31.50529695
18RK	GRAV84347071.58025230	565144.53309753	11.17174687
13NMHRMS:0.969,	VRMS:1.819,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:12, PDOP:2.134
24KM	GRAV8557.154233878	25.044710492	37.38277360
18RK	GRAV85347040.75207452	565129.78944444	17.04870932
13NMHRMS:0.629,	VRMS:1.134,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:10, PDOP:2.264
24KM	GRAV8657.154156165	25.044775604	34.01090291
18RK	GRAV86347016.89619572	565141.07951847	13.67594571
13NMHRMS:0.691,	VRMS:1.153,	STATUS:UNKNOWN,	SATS:9, PDOP:2.479
24KM	GRAV8757.154077992	25.044747684	35.55285005

18RK GRAV87346992.65112074 565136.78490176 15.21732921
13NMHRMS:0.539, VRMS:0.952, STATUS:UNKNOWN, SATS:13, PDOP:1.856
24KM GRAV8857.153900661 25.044717446 34.65199498
18RK GRAV88346937.74023894 565132.58785755 14.31507697
13NMHRMS:0.613, VRMS:1.226, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:2.792

00NMSDR33 V04-03.00 Apr-20-15 10:37 111111

10NMINCIEMS-PL 121111

06NM1.00000000

13NMTopSURV Version 8

13OOBS

13NMEquipment: GPS Receiver

13NMProjection: Latvia-LKS_92

13NMLocalization File: None

13NMGeoid Separation File: LV98

03NM0.00000000

13NMBase station

24NM Base157.14882409 24.89270136 133.90550000

15RK Base1334306.01534306 554012.15627905 113.40664962

0.00000000 0.00000000 0.00000000

03NM2.00000000

24KP CEL57.142600763 24.522056606 112.50885795

18RK CEL344501.28914125 552651.94717275 92.37860481

13NMHRMS:0.007, VRMS:0.010, STATUS:FIXED, SATS:15, PDOP:0.000

24KM 1-KR-KROTE57.142759184 24.524155719 107.12749230

18RK 1-KR-KROTE344554.79507151 553003.22303225 86.99144995

13NMHRMS:0.238, VRMS:0.368, STATUS:UNKNOWN, SATS:16, PDOP:1.588

24KM 1-LB-KROTE157.142527835 24.524136927 109.77792783

18RK 1-LB-KROTE1344483.22007576 553000.99468143 89.63975921

13NMHRMS:0.238, VRMS:0.346, STATUS:UNKNOWN, SATS:16, PDOP:1.516

24KM 2-LB-KROTE157.142516280 24.530368979 117.52976222

18RK 2-LB-KROTE1344484.48764805 553375.23689954 97.38372789

13NMHRMS:0.319, VRMS:0.503, STATUS:UNKNOWN, SATS:13, PDOP:2.147

24KM GRA57.142729676 24.530319499 88.16839510

18RK GRA344550.36329343 553366.08537155 68.02456560

13NMHRMS:0.701, VRMS:1.053, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:5.181

24KM 2-KR-AUGSA57.142953342 24.530111118 110.38354362

18RK 2-KR-AUGSA344619.06900774 553330.25443374 90.24256673

13NMHRMS:0.210, VRMS:0.315, STATUS:UNKNOWN, SATS:16, PDOP:1.360

00NMSDR33 V04-03.00 Apr-20-15 10:35 111111

10NMPLATONE2 121111

06NM1.00000000

13NMTopSURV Version 8

13OOBS

13NMEquipment: GPS Receiver

13NMProjection: Latvia-LKS_92

13NMLocalization File: None

13NMGeoid Separation File: LV98

03NM2.00000000

24KM SAK57.155339862 25.040597834 70.23218633

18RK SAK347371.85624054 564435.36839902 49.92226969

13NMHRMS:0.597, VRMS:0.895, STATUS:UNKNOWN, SATS:13, PDOP:1.854

24KM GRA57.155226266 25.040948515 73.95076920

18RK GRA347337.65438294 564494.66996625 53.63862711

13NMHRMS:0.673, VRMS:1.081, STATUS:UNKNOWN, SATS:13, PDOP:1.829

24KM GRA157.155146654 25.041169081 60.78519714

18RK GRA1347313.61875018 564532.00871962 40.47158609

13NMHRMS:0.662, VRMS:1.061, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:1.953

24KM GRA257.155063933 25.041360028 65.77920813

18RK GRA2347288.54389208 564564.40094213 45.46420810

13NMHRMS:0.702, VRMS:1.242, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.223

24KM	GRA357.155044096	25.041293423	55.95541120
18RK	GRA3347282.23497735	564553.33860429	35.64048125
13NMHRMS:0.901,	VRMS:1.476, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.462		
24KM	GRA457.154968815	25.041113420	62.09145999
18RK	GRA4347258.48436164	564523.54742767	41.77653489
13NMHRMS:0.674,	VRMS:1.348, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.438		
24KM	GRA557.154967291	25.041085057	68.22389645
18RK	GRA5347257.93840141	564518.80290558	47.90906009
13NMHRMS:0.583,	VRMS:1.165, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.130		
24KM	GRA657.154996636	25.041031381	67.05208161
18RK	GRA6347266.87071998	564509.66782068	46.73768753
13NMHRMS:0.767,	VRMS:1.769, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.930		
24KM	GRA757.154990580	25.040939993	74.76909723
18RK	GRA7347264.75769807	564494.38636395	54.45497935
13NMHRMS:0.676,	VRMS:1.316, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.390		
24KM	GRA857.155178933	25.041804006	52.18794391
18RK	GRA8347325.27165820	564638.22316681	31.87232978
13NMHRMS:0.607,	VRMS:1.570, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.761		
24KM	GRA957.155225822	25.041948595	60.91740781
18RK	GRA9347340.15092756	564662.21849897	40.60167383
13NMHRMS:0.789,	VRMS:1.871, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.306		
24KM	GRA1057.154921707	25.041798081	71.03407089
18RK	GRA10347245.72174070	564638.48204279	50.71628967
13NMHRMS:0.605,	VRMS:1.401, STATUS:UNKNOWN, SATS:12, PDOP:2.425		
24KM	GRA1157.154998211	25.041838433	70.87317091
18RK	GRA11347269.48332298	564644.87030235	50.55589583
13NMHRMS:0.670,	VRMS:1.411, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.726		
24KM	GRA1257.154961199	25.042025338	70.83345580
18RK	GRA12347258.53190722	564676.36367111	50.51519557
13NMHRMS:0.659,	VRMS:1.839, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:3.226		
24KM	GRA1357.155018865	25.042015338	66.82414927
18RK	GRA13347276.33611228	564674.40760807	46.50641543
13NMHRMS:0.653,	VRMS:1.360, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.375		
24KM	GRA1457.155152969	25.041939710	61.53857651
18RK	GRA14347317.60143109	564661.08455493	41.22225468
13NMHRMS:0.659,	VRMS:1.411, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:2.446		
24KM	GRA1557.155264734	25.042037903	50.14430342
18RK	GRA15347352.41833121	564676.99117898	29.82858002
13NMHRMS:0.748,	VRMS:1.573, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.804		
24KM	GRA1657.155308646	25.042092502	54.29805055
18RK	GRA16347366.13974314	564685.92444084	33.98250474
13NMHRMS:0.763,	VRMS:1.939, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.245		
24KM	1-KR-AUGSA57.160031856	25.041531051	74.52125471
18RK	1-KR-AUGSA347588.27635487	564588.34714366	54.21387750
13NMHRMS:0.324,	VRMS:0.609, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.382		
24KM	1-APAKSA57.160075009	25.041270683	68.98026949
18RK	1-APAKSA347600.93354261	564544.51999017	48.67419499
13NMHRMS:0.321,	VRMS:0.642, STATUS:UNKNOWN, SATS:10, PDOP:2.573		
24KM	1-LAB-AUGSA57.160125281	25.041034878	78.08342559
18RK	1-LAB-AUGSA347615.85704914	564504.77326577	57.77862628
13NMHRMS:0.291,	VRMS:0.470, STATUS:UNKNOWN, SATS:13, PDOP:1.875		
24KM	2-KR-AUGSA57.155033304	25.044959866	58.02729637
18RK	2-KR-AUGSA347288.59671157	565167.64960377	37.69912443
13NMHRMS:0.554,	VRMS:0.846, STATUS:UNKNOWN, SATS:8, PDOP:3.792		
24KM	2-APAKSA57.155101556	25.044921476	57.07198980
18RK	2-APAKSA347309.59836936	565160.88303659	36.74453490
13NMHRMS:0.426,	VRMS:0.829, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:3.430		
24KM	2-LAB-AUGSA57.155284227	25.044907289	78.59272252
18RK	2-LAB-AUGSA347366.04237791	565157.61035283	58.26686908
13NMHRMS:0.223,	VRMS:0.353, STATUS:UNKNOWN, SATS:13, PDOP:1.479		
24KM	3-KR-AUGSA57.154752493	25.044828331	50.61239640
18RK	3-KR-AUGSA347201.42053121	565146.98975927	30.28231248
13NMHRMS:0.256,	VRMS:0.413, STATUS:UNKNOWN, SATS:11, PDOP:1.751		
24KM	3-LAB-AUGSA57.154786491	25.044572550	55.05113948

18RK 3-LAB-AUGSA347211.25363533 565103.97001297 34.72226116
13NMHRMS:0.339, VRMS:0.600, STATUS:UNKNOWN, SATS:9, PDOP:2.618