



# Raplamaa kõvikud kui Läänemere varasemate staadiumite arhiiv

## Bakalaureusetöö

Üliõpilane: Aileen Umal

Juhendaja: Jüri Vassiljev, TalTech geoloogia instituut, vanemteadur

Kaasjuhendaja: Siim Veski, TalTech geoloogia instituut, täisprofessor  
tenuuris, osakonnajuhataja

Õppekava: Maa süsteemid, kliima ja tehnoloogiad

## Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Aileen Umal

[allkiri ja kuupäev]

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

Juhendaja: [nimi]

[allkiri ja kuupäev]

Töö on lubatud kaitsmisele.

Kaitsmiskomisjoni esimees: [nimi]

[allkiri ja kuupäev]

## Sisukord

Autorideklaratsioon .....	2
Sisukord .....	3
Annotatsioon .....	4
Abstract .....	5
Sissejuhatus .....	6
1. Uuringuala .....	9
1.1 Varbola .....	11
1.2 Pahkla .....	12
1.3 Paka .....	12
1.4 Hageri .....	14
1.5 Reinu .....	14
2. Metoodika .....	16
3. Tulemused ja Analüüs .....	19
3.1 Varbola .....	19
3.2 Pahkla .....	22
3.3 Paka .....	24
3.4 Hageri .....	26
3.5 Reinu .....	28
4. Maakerge .....	30
Kokkuvõte .....	32
Tänuavaldused .....	33
Kasutatud kirjandus .....	34
Lisad .....	37
Lisa 1 Mõõdetud GPS andmed .....	37
Lisa 2 Lihtlitsents .....	48

## Annotatsioon

Antud töö käigus mõõdeti Rapla Maakonna piirides viiel aluspõhja kõvikul (Varbola, Pahkla, Hageri, Reinu ja Paka) Balti Jääjärve vanu rannamoodustisi ning koostati kõrgusandmete analüüs maakerke ja pinnavorme moodustavate kruusavallide kohta. Uurimistöö eesmärk on, kasutades juba olemasolevaid Maa-Ameti kõrgusmudeleid ja autori poolt 2022. aasta kevadel mõõdetud kõrgusandmeid, kaardistada rannikujoone kujunemine ja koostada Balti Jääjärve paleogeograafilised rekonstruktsioonid/kaardid valitud viie uuritud objekti ulatuses. Täiendavate mõõtepunktidega andmestikke täpsustades saab parema arusaama Balti Jääjärve arengustaadiumite jooksul tekkinud regionaalsetest ning lokaalsetest muutustest maakerke ja rannaprotsesside käigus.

Tulemustes kajastub LIDAR andmetel põhinevate kõrgusmudelite kasutamise eelis rannamoodustiste kaardistamisel. Kõrgusandmete võrdleval analüüsil on Trimble R10 GPS'ga mõõdetud punktid mõõtmiste veamäära hindamiseks kasulikud, kuid ei kajasta kõvikute reljeefi nii detailselt kui LIDAR andmetel põhinevad maapinna kõrgusmudelid, kus tulevad välja ka kõige väiksemad rannamoodustised, mida looduses olles ei märka. Kasutades mõõdetud kõrgusandmetega arvatud suhtelisi maakerke andmeid Paka kõvikul, täpsustab uurimistöö Balti Jääjärve A<sub>2</sub> veetaset. Samuti annavad mõõdetud tulemused lisainformatsiooni varem mõõtmata Reinu kõviku rannamoodustise kohta, mille varasem uuritus pole teada.

## Abstract

The Baltic Ice Lake formed during the melting of the Scandinavian Ice Sheet (SIS), developing in conjunction with the inflow of meltwater and glacial isostatic adjustment. In this study remnant shorelines from the five bedrock rise areas (Varbola, Paka, Pahkla, Hageri, Reinu) in Rapla County were studied. Remnant beach formations preserved well due to their higher altitude in the bedrock rise areas. Remnant shorelines were analysed using both data gathered from fieldworks carried out in the Spring of 2022 and terrestrial digital elevation models (DEM) obtained from Estonian Land Board.

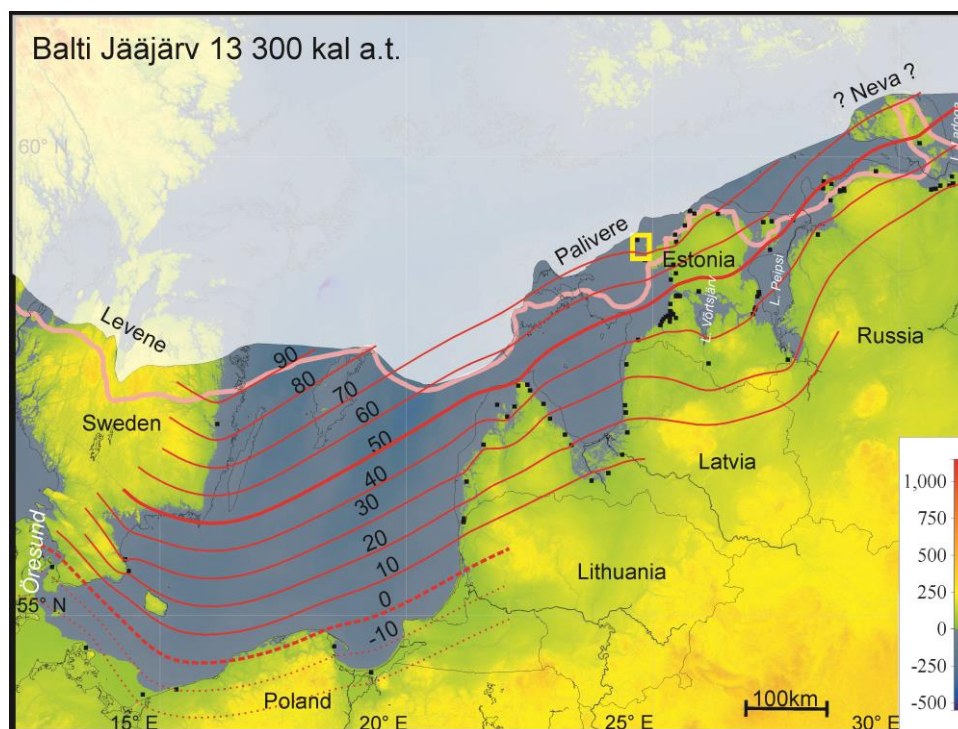
The aim of this study is to compare and correlate elevation data pertaining to the shoreline development during the Baltic Ice Lake stage and expand upon the currently used water level models for earlier Baltic Ice Lake substages which are imprecise due to a shortage of measured points. A subject of interest is to gauge the effectiveness of publicly available DEM's when analysing older beach formations.

LIDAR based elevation data are favoured as they show in unparalleled detail smaller beach formations otherwise undetectable by naked eye. The data was helpful both in generating detailed palaeoreconstructions and for qualitative analysis of measured points. As a result of this study, the previously created Baltic Ice Lake waterlevel model for 13 300 cal years B.P. could be improved

## Sissejuhatus

Skandinaavia mandriliustiku sulamise ja taandumise järel hakkas jääst vabanenud ala kerkima ja algas glatsioisostaatiline maakerge, mis kestab siimaani. Kõige intensiivsem maakerge Eesti aladel toimub Hiiumaal, Kõpu poolsaarel, kus maapind kerkib umbes 3 mm aastas (Raukas, 1995). Mandriliustiku sulavete hulk, muutused maakerkes ja ookeani veetasemes ning ühenduse olemasolu või puudumine ookeaniga mõjutasid Läänemere basseini arengut (Björck, 1995). Nende protsesside tagajärjel on Läänemere basseinis vaheldunud mageveelised järvelised ja soolaseveelised merelised staadiumid: Balti Jääjärv, Joldiameri, Antsülsjärv, Litoriinameri ja Limneameri (Andrén jt., 2011; Vassiljev, 2023).

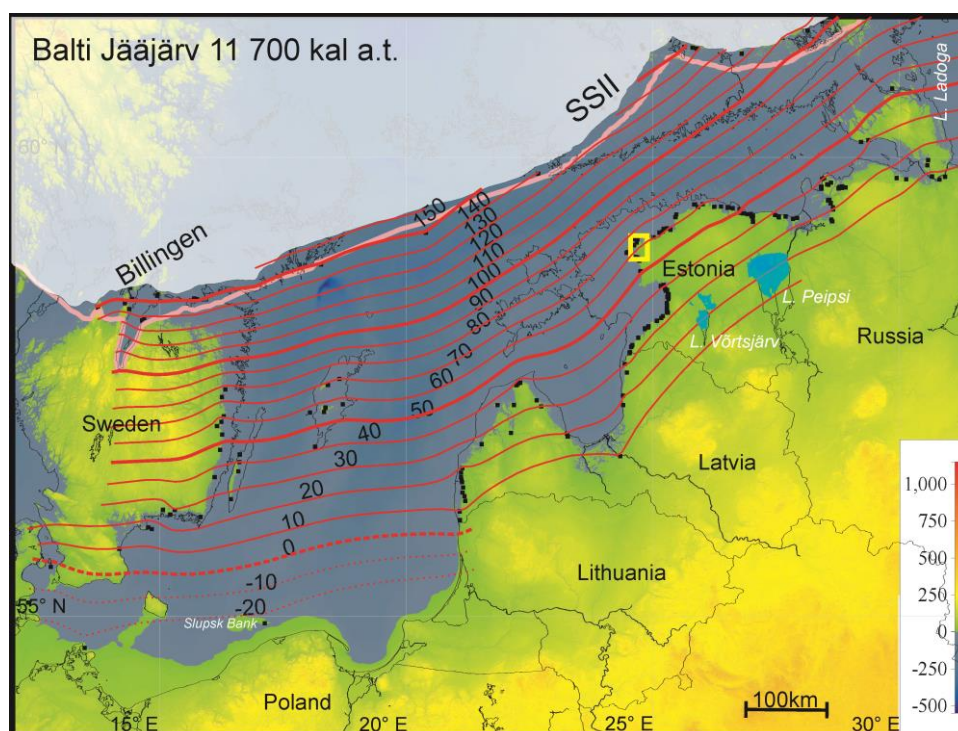
Esimene arengustaadium tänapäevase Läänemere tekkel oli Balti Jääjärv (varasemalt ka Balti Jääpaisjärv), termin mille võttis esimest korda kasutusele Munthe (1910). Mageveeline Balti Jääjärv moodustus taanduva Skandinaavia jääkilbi ette kusagil 16 000 kalibreeritud aastat tagasi (0 aastaks loetud 1950, edaspidi lühendatud kal a.t.) (Houmark-Nielsen, Kjær 2003). Umbes 14 000 kal a.t. ületas maakerge Taani väinades ookeani veetaseme tõusu ja kujunes välja ookeanist isoleeritud Balti Jääjärv (Andrén jt., 2011). Eestis oli liustikuserv sel ajal Pandivere kõrgustiku põhjanõlval ja Sakala kõrgustiku läänenõlval (Kalm jt, 2011) ning liustiku ees olnud veekogu loetakse Balti Jääjärve alguseks (Joonis 1; Vassiljev ja Saarse, 2013). Balti Jääjärve esimene staadium  $A_1$  algas Eestis 14 000 kal a.t. Liustiku esine veetase oli Läänemere lääne osas 110 m üle merepinna (edaspidi lühendatud ü.m.p) ja idas, Pandivere põhjanõlval, kuni 95 m ü.m.p. (Vassiljev, Saarse, 2013).  $A_1$  jooksul tekkinud pinnavorme antud uurimistöö andmetest ei leia kuna käesoleva töö uurimisala kattis mandriliustik.



**Joonis 1.** Balti Jääjärv 13 300 kal a.t.  $A_2$  Palivere staadiumi ajal (täiendatud joonis Vassiljev, Saarse, 2013). Punased isobaasjooned näitavad Balti Jääjärve modelleeritud veetaset üle tänapäevase meretaseme. Varasema Pandivere staadiumi (14 000 kal a.t.) jääserva asend on tähistatud roosa joonega. Kollane ruut on minu töö uurimisala.

Balti Jääjärve staadiumile A<sub>1</sub> järgnes 13 300 kal a.t. staadium A<sub>2</sub> (Joonis 1; Vassiljev ja Saarse, 2013) kui mandriliustik oli taganenud Palivere servamoodustiste joonele (Kalm jt, 2011). 13 300 kal a.t. alanud A<sub>2</sub> staadiumi alguseks langes Balti Jääjärve veetase Pandivere põhjanõlval liustikuserva ees kuni 15 meetrit ja selle rannamoodustised paiknevad kuni 80 m ü.m.p. (Vassiljev ja Saarse, 2013).

Mandriliustiku edasisel sulamisel taganes liustikuserv Salpausselkä servamoodustiste joonele Soomes (Joonis 2; Vassiljev, Saarse, 2013) ja kujunesid välja Balti Jääjärve staadiumid B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ja B<sub>3</sub>, mis on dateeritud vastavalt vanustega 12 200, 12 000 ja 11 700 kal a.t. (Saarnisto ja Saarinen, 2001). Sel ajal oli Eesti kõrgeim veetase Loode-Eestis ja Hiiumaal Kõpu poolsaarel kõrgusel 100 m ü.m.p. ja minu uuritud piirkonnas Vassiljev ja Saarse (2013) mudeli andmetel 60-75 m ü.m.p. B<sub>1</sub> staadiumiks 12200 kal a.t. oli katkenud Balti Jääjärve ühendus Peipsi järve ja Võrtsjärve nõos oleva veekoguga (Rosentau jt, 2009).



**Joonis 2.** Balti Jääjärve staadium B<sub>3</sub> 11 700 kal a.t., kui liustikuserv paiknes Salpausselkä II (SSII) joonel (täiendatud joonis Vassiljev, Saarse, 2013). Punased isobaasjooned näitavad Balti Jääjärve modelleeritud veetaset üle tänapäevase meretaseme. Salpausselkä I servamoodustised (12 200 kal a.t.) on tähistatud roosa joonega, mil kujunes välja Balti Jääjärve staadium B<sub>1</sub>. Kollane ruut on minu töö uurimisala.

Balti Jääjärve viimaseks arengustaadiumiks, B<sub>3</sub> 11 700 kal a.t. (Joonis 2), paiknes liustikuserv Kesk-Rootsis Billingeni mäe ümbruses ja Soomes Salpausselkä II joonel. Veetase oli liustikuserva ees kuni 150 m ü.m.p. kuid Balti Jääjärve lõunaosas (Leedu, Poola) 20 m allapool tänapäevast merepinda. Käesoleva töö uuringualal olid veetasemed endiselt 60-80 m ü.m.p (Vassiljev ja Saarse, 2013). Balti Jääjärve staadium lõppes 11 700 kal a.t. Billingeni katastroofiga, kui Kesk-Rootsis vabanes Billingeni mäe juures liustiku alt ala, mille tagajärjel ookeani veetasemest kõrgemal asunud Balti Jääjärve veetase alaneks kiiresti ligi 25 meetrit tollaegse ookeani veetasemeni (Gudelis ja Köningsson, 1979; Björck, Digerfeldt, 1989). Seda on nimetatud ka Billingeni katastroofiks või mahajooksuks, mille käigus voolas Balti Jääjärvest Atlandi ookeani üle 7000 km<sup>3</sup> vett (Strömberg, 1992; Jakobsson, 2007), Balti Jääjärve

tühjaks voolamise tegelik kiirus on veel täpselt määramata, kuid seda pakutakse erinevates artiklites kahe kuni poole aasta vahemikku (Johnson jt., 2013; Björck, 2007). B<sub>3</sub> staadiumi järgselt pärast Billingeni katastroofi algas Joldia mere faas, mille käigus maismaastusid suured alad Balti Jääjärve vete alt (Andrén jt., 2011).

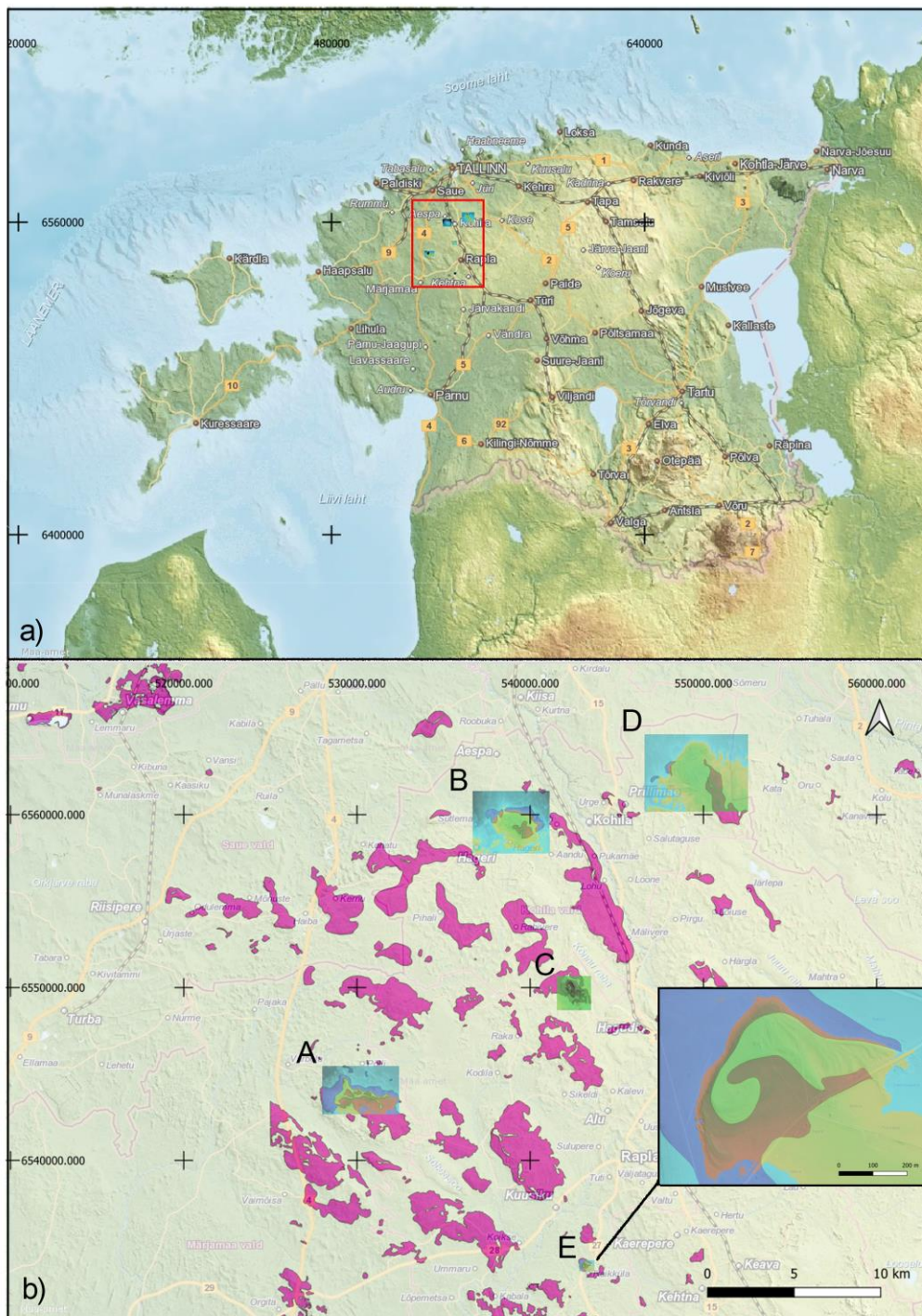
Antud töö eesmärk on koostada paleogeograafilised rekonstruktsioonid valitud viie kõviku kohta ja analüüsida Balti Jääjärve staadiumite A<sub>2</sub>-B<sub>3</sub> (13 300 kuni 11 700 kal a.t.) rannamoodustiste arengut. Rekonstruktsioonidele lisaks võrreldakse olemasolevate avalike Maa-Ameti 1 meetri lahutusega kõrgusmudeleid (DEM1) mõõdetud kõrgusandmetega ja antakse hinnang nende edasistele kasutusvõimalustele rannamoodustiste uurimises. Teine eesmärk on täpsustada olemasoleva A<sub>2</sub> staadiumi veetasememudelit, mis momendil on ebatäpne Palivere staadiumi jääserva ees puuduvate rannamoodustiste tõttu, kasutades saadud maakerke väärtuseid.



## 1. Uuringuala

Balti Jääjärve rannamoodustisi on võimalik vaadelda Maa-Ameti LIDAR andmetel baseeruvatel reljeefikaartidel visuaalselt eri-ilmeliste positiivsete pinnavormidena, nagu seljakud ja vallid. Eriti ilmekalt on rannamoodustised jälgitavad kõvikutel.

Kõvikud on aluspõhjalised kõrgendikud, mis on Kohila-Rapla piirkonnas ümbritsevast paeplatoost 5-20 meetrit kõrgemad, kaetud õhukese Kvaternaarisetete kihiga (Joonis 3; Eesti Geoloogiakeskus, 2012, 2017) ja need kerkisid esimesena Balti Jääjärvest. Kõvikute piirkonda kuhjatud rannavallid koosnevad rannaklibust ja kruusast. Maa kerkides säilisid vanad tormiperioodide poolt rannikule kuhjatud kruusavallid, kuna jäid tõenäoliselt puutumata hilisematest Balti jääjärve rannikuprotsessidest. Maa-ameti kaartidel on kõvikud kujutatud Pinnakatte ehituse kaardikihil, veel pooliku uurituse tõttu on eelnimetatud kaardikihist vaadeldav vaid pool Eesti aladest. Minu uuringupiirkonda jäävad kaardilehed nr 6314 ja 6332 koostati 2016 ja 2012 aastal (Eesti Geoloogiakeskus, 2012, 2017) ning kõikide uuritud rannamoodustiste kõvikud (Joonis 3) olid kaardistatud.



**Joonis 3.** Ülevaate kaart, uuringuala on tähistatud punase ruuduga (a); Uuringualasse jäävad õhukese maakattega alad, kõvikud (märgitud roosaga) (b), eraldi on välja toodud uuringualad. A-Varbola vanad rannamoodustised, B-Hageri rannamoodustised, C-Reinu rannamoodustised, D-Pakkla rannamoodustised, E- Raikküla (Paka) vanad rannamoodustised. (Maa-Amet 2023a, 2023b.)

## 1.1 Varbola

Varbola vanad rannamoodustised asuvad 3,3 km ida suunas Varbola külast, Tallinn-Pärnu-Ikla maantee ärasõidult Rapla-Varbola kõrvalmaantee ääres. Vana rannareljeefi pindala on umbes 2 km<sup>2</sup>, rannamoodustiste kirde sektsioonis asub Risu-Suurküla kruusamaardla. Registrisse on kantud karjäär aktiivse tarbevaru maardlana, mis sisaldab summaarselt 207 tuhat m<sup>3</sup> ehituskruusa kahes plokis (Grünberg, 2019).

Piirkonna maastikuilmet kujundavad Põhja-Eesti paeplatoo edelanõlva lauged paekõvikud, millest Varbola kõvik on suurim olles 4 km pikk ja kuni 3 km lai. Varbola kõvik koosneb hästi ümardunud kruusa veeristest ja karbonaatsest munakatest (Grünberg, 2019). Paekõvikut (Joonis 4) katavad Balti Jääjärve rannikused, mis koosnevad hästi sorteeritud eriteralisest liivast, kruusliivast, kruusast ja veeristikulisest kruusast, paekõvikut ääristab põhjakaartest rannavallide vöönd (Grünberg, 2019).

Varbola kõviku põhjaosas asuvad muinasaegse Eesti Varbola Jaanlinna varemed, mis Vahtre (1980) allikatel oli üks kahest Jüriöö ülestõusul vallutatud kindlusest. Linnusest on alles vall, mis kajastub ka reljeefikaardil. Kahjuks ei ole võimalik täpselt kujutada rannamoodustisi linnuse alal kuna selle reljeefi on inimese poolt muudetud, kuid lõunapoolne ala jäi linnuse ehitamisest puutumata ja rannamoodustised on suures osas säilinud oma esialgsel kujul. 1973. aastal moodustati Varbola rannamoodustiste maastikukaitseala ja 17.03.2023 võeti vastu selle uuendatud kaitse-eeskiri (Varbola rannamoodustiste maastikukaitseala moodustamine ja kaitse-eeskiri, 2023)



**Joonis 4.** Muguljad konkretsioonid Varbola paekõviku lõuna-poolsel sektsioonil N 24°30'26.202" E 59°2'3.267".

## 1.2 Pahkla

Pahkla rannamoodustised asuvad Rapla maakonnas, Kohila vallas, Pahkla küla läbiva Vaida-Urge kõrvalmaantee ääres. Rannamoodustiste pindala on umbes 4 km<sup>2</sup>. Kõvikul paikneb ligi 500 m laiune ja kuni 3 m kõrgune lame põhja-lõunasuunaline fluvioglatsiaalne seljandik, maapinna absoluutkõrgustega vahemikus 66,1-72,4 m, mis koosneb 0,1-3,6 m paksusest fluvioglatsiaalsest kruusast (Einman, 2006).

Piirkonnas on tegutsenud nüüdseks ammendatud Pahkla kruusakarjäär, mille aladel kasvab praegu männimets. Kruusamaterjal oli kogu uuringuruumis ühtlase koostisega, ning oli kujunenud hilisglatsiaalsel perioodil liustiku ostsillatoorsel taganemisel. Sellele viitavad setete väikesed paksused ning õhukese kruusakihi alla mattunud limnoglatsiaalsed ja liustiku varasematel ostsillatsioonidel settinud fluvioglatsiaalsed setted, mis säilisid suhteliselt madalates lohkudes ja nõgudes (Einman, 2006).

Pahkla kõvik piirneb põhjas Nabala-Tuhala Looduskaitsealaga, piirkonnast leiab rohkelt rändrahne (Joonis 5), suurimad neist on Pahkla Suurkivi ja Mari nutukivi.



**Joonis 5.** Pahklast leitud liustiku poolt kaasa kantud jääkriimudega rahn.

## 1.3 Paka

Paka rannamoodustised lõikuvad Rapla vallas, Raikkülas Rapla-Järvakandi-Kergu tugimaanteeaga. Asukohalt on tegu kõige lõunapoolsema uuringualaga, kus rannamoodustised on madalamal. Pinnavorm on väike ja kompaktne, ligi 0.15 km<sup>2</sup> suurune kolmnurkne kõrgendik. Idapoolsetel kruusavallidel paistab märke hilisemast kruusaveost, kuid sissekanded keskkonnalubade arhiivi puuduvad, tõenäoliselt kasutati väljatud kruusa tee-ehituse ja eraprojektide raames. Uuringualal on 300-400 meetri pikkune Siluri ajastu paljand (Joonis 6, 7).



Joonis 6. Pakamäe teabetahvel.



**Joonis 7.** Autor Raikküla-Paka astangul meetri pikkuse mõõtepulgaga N 58° 56' 29.0076'' E 24° 44' 47.4756''.

#### 1.4 Hageri

Hageri kõvik asub Kohila vallas, Hageri külast kirdes, rannamoodustiste lõunapoolseimad jätked ristuvad kõvikust paremale jääva Kernu-Kohila kõrvalmaanteega. Rannamoodustised hõlmavad umbes 2 km<sup>2</sup> suuruse lauge metsastatud ala. Kujult on tegu kaarja pinnavormiga. Kuhjevallid on asetusele harali ning on pikkuselt vahemikus 0,5-1,3 km. Piirkonna kohta ei ole sissekandeid Keskkonnaotsuste infosüsteemis (25.05.2023 seisuga) materjali väljaveost, kuid Maa-Ameti reljeefikaartidel on võimalik eristada vähemalt 4-5 kaevekohta. Ilmselt on kasutatud kaevatud kruusa eraehituseks või väiksemateks külasisesteks projektideks.

#### 1.5 Reinu

Reinu kõvik asub Rapla vallas, Äherdi külas Hagudi-Kodila kõrvalmaantee ääres pindalaga umbes 1.1 km<sup>2</sup>. Kõvik on üks kilomeeter lai ja poolteist kilomeetrit pikk lookleva piirjoonega nelinurk, mille vanimad kruusavallid ei ole säilinud seljakust ehituskruusa ja ehituslubjakivi väljava Reinu karjääri tõttu. Esimene Reinu TREV-2 karjäär (Joonis 8) on aktiivne alates 2006. aastast ja hõlmab kõvikust ligikaudu 0.2 km<sup>2</sup> (Kuldmaa, 2020). Piirkonda on rajatud ka EMG Karjäärid OÜ poolt omatud Reinu III lubjakivikarjäär, mis tegutseb aastani 2045 (Reinu III lubjakivikarjääri keskkonnaluba, 2022).

Reinu kõvik on ligi 15 meetri kõrgune aluspõhja kivimite jäänuk, mis on kaetud kuni 3,1 meetri paksuste halvasti sorteeritud purdmaterjalist koosnevatest Kvaternaarisetetest kus karbonaatses kruusas leidub veeriseid suurusega kuni 120 mm (Jürgenson ja Valling, 2012).



**Joonis 8.** Vaade Reinu karjäärile N 59° 5' 20.3208" E 24° 44' 20.3928".

## 2. Metoodika

Kõrgusandmete analüüsiks ja QGIS-mudelite moodustamiseks oli vaja mõõta looduses kõrgusandmeid valitud rannamoodustistest. Uurimistöö jaoks valiti viis pinnavormi Rapla Maakonnas. Kolm pinnavormidest (Hageri, Varbola, Pahkla) asuvad ühel kaarjal ~30 km pikkusel joonel, mille veetaseme kõrgused on B<sub>1</sub>-B<sub>3</sub> staadiumites viie meetri vahemikus lihtsasti korreleeritavad. Lõunapoolseim pinnavorm antud töö ulatuses on Paka, asudes Varbola ja Reinu pinnavormidest umbes 15 km kaugusel ning Hageri ja Pahkla pinnavormidest umbes 30 km kaugusel (Joonis 3).

Välitööd toimusid 2022. aasta kevadel. 23. mail mõõtsin Jüri Vassiljevi ja Siim Veskiga Varbola ja Reinu profiile. 25. mail käisin mõõtmaks Jüri Vassiljevi ja Atko Heinsaluga Paka, Hageri ja Pahkla profiile (Lisa 1). Kõrgusandmete mõõtmiseks kasutati integreeritud Trimble R10 GNSS vastuvõtjat ja TSC3 kontrollerit (Joonis 9) ning baasjaamana Maa-Ameti GNSS-RTK püsijaamade võrgu teenust. Mõõteandmete kvaliteedi määras mõõtmises osalevate satelliitide arv ja positsioon. Kohati esines metsastatud aladel probleeme täpsuseklassiga nii kõrgusandmete kui ka pikkus- ja laiuskraadide puhul, kuid see sai lahendatud varrast pikendades või mõõtes signaali kauem.

Trimble R10 kasutas andmete kogumisel vanemat kõrguste süsteemi BK77. 2018 aastal vahetus Eestis kõrgussüsteem uue Amsterdami nulli vastu lühendiga EH2000 (Maa-Amet, 2021) mis on kasutusel Maa-Ameti reljeefimudelil (Maa-Amet, 2023b). Kõrgussüsteemi ümberarvutamiseks kasutasin Maa-Ameti BK77 ja EH2000 kalkulaatorit. Töösse lisatud fotodel olevate asukohtade koordinaatide teisendamiseks kasutasin Maa-Ameti poolt pakutud geodeesia kalkulaatorit (Maa-Amet, 2023c), millega muutsin tasapinnalised ristkoordinaadid L-L-EST97 koordinaatsüsteemis geodeetilisteks koordinaatideks DMS (*Degrees Minutes Seconds*) formaadis.



**Joonis 9.** Autor punkti mõõtmishetkel Trimble R10 GNSS vastuvõtjaga Varbolas.



Enne kõrgusandmete kujutamist oli vaja teha andmetöötlust, see tõttu eemaldasid esmalt kõik ebatäpset kõrguseväärtust sisaldavad andmepunktid andmekogumist. Järgmisena märkisin suuremad veamääraga punktid enda valitud värvisüsteemis (rohelist-punaseni sõltuvalt väärtusest) ära asukoha punktikvaliteedi analüüsiks ja valmis tabeli imporditi QGIS programmi edasiseks töötamiseks.

Kõrgusinfo usaldusväärsuse hindamiseks oli vaja jagada saadud andmed kategooriatesse, selleks kasutasin Langley (1999) GPS süsteemide DOP väärtuste jaoks moodustatud tulemuste hindamise tabelit (Tabel 1). Jaotuste vähendamiseks liitsin oma töö raames ideaalsed ja suurepärased väärtused üheks väärtuste vahemikus 1-4 (Tabel 2) . Mõõteseadet arvutab horisontaal-, pikkus- ja laiuskraadi komponentide ja koordinaatsüsteemi ning ruumiandmete skaalast lähtuva DOP (*dilution of precision*), ehk GNSS vastuvõtjale nähtavate satelliitide esinemis-sageduse arvulise väärtuse. Saadud tulemuse järgi on võimalik anda uuringualadele kõrgusandmetele mõõtmiste efektiivsus- ja kvaliteedihinnang.

DOP Value	Ratings
1	ideal
2-4	excellent
4-6	good
6-8	Moderate
8-20	Fair
20-50	poor

**Tabel 1.** GPS süsteemide DOP väärtuste kvaliteedi hinnangutabel. Langley, (1999).

Suurepärase	1-4
Hea	4-6
Keskmine	6-8
Alla keskmise	8-20
Halb	20-50

**Tabel 2.** Lihtsustatud eesti keelse tõlkega Langley (1999) tabel.

Antud töö raame kasutasin ma QGIS 3.18 Zürich vabavara, millega koostasid töös esitatud joonised, ning kõrgusgraafikute tabelid. Hilisem graafikute kujundamine ja andmete korreleerimine tehti Excelis koos maakerke ja kõrguste erinevusega. rannamoodustise arengu efektiivsemaks kujutamiseks läbi B<sub>1</sub>-B<sub>3</sub> arengustaadiumite kasutasin pilditöötlus programmi *Adobe Photoshop*, millega sai kõik staadiumite väljavõtted QGIS programmist kompilleeritud ühele jooniseks. Töö esitlemisel kasutatud uuringuala üldise rannajoone arengu animatsioonid koostasid veebist leitud vabavaraga *ezgif*, mis lubas pilte kombineerides ja lõppanimatsiooni redigeerides anda paremat ülevaadet Balti Jääjärve taganemisest.

Balti Jääjärve veetasemete rekonstrueerimiseks ja analüüsiks kasutasin hilisglatsiaalsete rannajoonte andmebaasi järgi modelleeritud veetasemeid (Vassiljev jt, 2005; Saarse jt, 2007) ja Maa-Ameti maapinna kõrgusmudeleid (DTM - Digital Terrain Model) lahutusega 1 ja 5 meetrit (Maa-Amet, 2023b). Balti Jääjärve rannajoonte rekonstruktsioonid ajahetkedele 13 300, 12 200, 12 000 ja 11 700 kal a.t. sain lahutades tänapäeva maapinna kõrgusmudelist vastava ajahetke modelleeritud veetasemepinna kasutades QGIS'i *Raster Calculatorit*.

Teoreetilise maakerke arvutamiseks kasutasin QGIS'i *Terrain Analysis* tööriista ja leidsin igal uuringuobjekti sihil ühe enda mõõdetud punkti kõrguse 13 300, 12 200, 12 000 ja 11 700 kal a.t. rannarekonstruktsioonidel. Punkti valikul lähtusin silmatorkavatest punktidest, et vähendada veatekkimise võimalust kõrguste sisestamisel arvutustabelisse. Lahutades kõrgusandmed sai Balti Jääjärve staadiumite vahelise maakerke meetrites, millega edasi arvutati maakerget millimeetrites aasta kohta.

### 3. Tulemused ja Analüüs

Uuritud alade kohta koostas in ma Langley (1999) tabeli ainetel (Tabel 1) kvaliteedihinnangu. Vähem kvaliteetsed DOP väärtused, üle 4-6 (keskmise-halv), märgiti tabelis ära. Arvutades kvaliteetsete ja vähem kvaliteetsete punktide suhte sain tulemuseks uuringuala kvaliteetsete punktide protsendi kõikide kaardiprogrammides kasutatud mõõtepunktide (Kvaliteedi protsent, Tabel 3) kohta ja kõikide mõõdetud punktide kohta (Mõõtmise efektiivsus, Tabel 3).

	Keskmise-Halva kvaliteediga punktide hulk	Kvaliteetsete punktide arv	kvaliteedi protsent	Mõõtmise efektiivsus
<b>Varbola</b>	8	100	92.59%	83.33%
<b>Paka</b>	2	8	66.67%	50.00%
<b>Pahkla</b>	2	42	95.45%	71.19%
<b>Hageri</b>	3	22	88.00%	61.11%
<b>Reinu</b>	7	71	91.03%	87.65%

**Tabel 3.** Mõõdetud punktide kvaliteeditabel.

Uuritud pinnavormide lõikes esines punkte, mille kehv korrelatsiooni Maa-Ameti LIDAR-i võrdluses ei ole võimalik seletada. Ka vähem metsastatud piirkondades oli märgata mitme kvaliteetse mõõtmise vahel erandlikke punkte, mis identse mõõtmise puhul andsid kuni 1 meetriseid mõõtevigu. Suured veamäärad võisid tekkida piiratud satelliitide arvu, Maa-Ameti GNSS-RTK baasjaama nõrga ühenduse või mõõtehhetkel veel meile tundmata teguri tõttu nagu pilvisem ilm või muu sarnane keskkonnast tingitud asjaolu. Sellest lähtuvalt on mõistlik vaadata kriitilise pilguga üle ka vanemad kõrgusandmed sarnastelt töödelt ning kontrollida nivelleeritud andmeid.

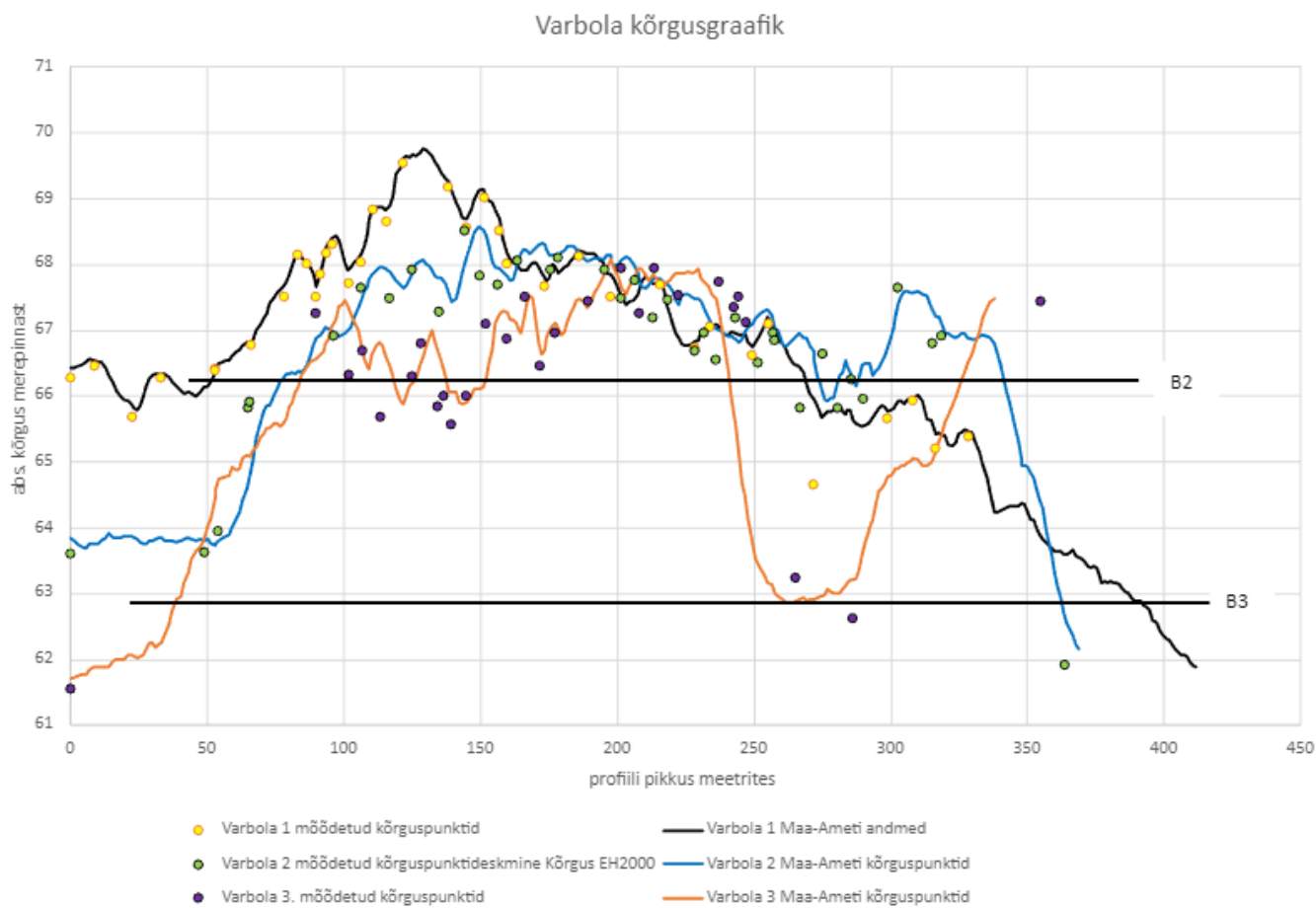
#### 3.1 Varbola

Kokku mõõdeti Varbolas 120 kõrguspunkti, millest kasutuskõlblikud oli 108 punkti (Lisa 1; Tabel 3), neist vaid 8 olid Langley (1999) DOP kvaliteedi hinnangu järgi alla suurepärase. Kõikidest Varbola mõõtmistest läks kasutusele 83,33% andmetest ja valitud kõrgusandmetest 92,59% oli suurepärase kvaliteediga. Mõõdetud kolmest sihist kattuvad Maa-Ameti ja välitöödel mõõdetud andmed võrdlemisi hästi (Joonis 10).

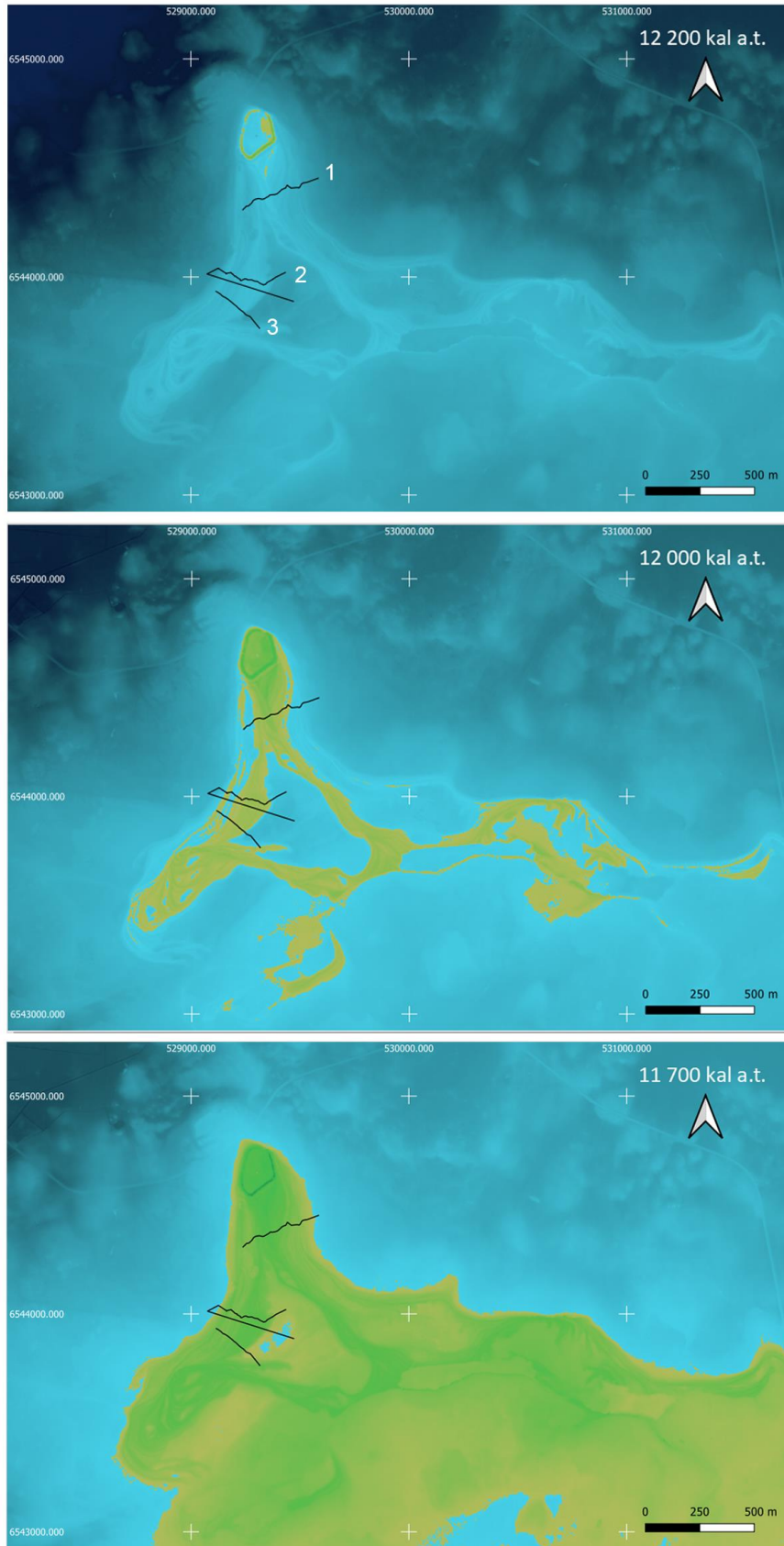
Varbola tipus asuv linnus raskendab originaalse rannajoone arengu jälgimist kuid olemasoleva reljeefi järgi oli Varbola linnuse ala tõenäoliselt juba veest kerkinud 14 000 - 13 300 kal a.t. Kulutusala asub Varbola kõviku põhjaosas ja kulutatud materjal liikus lõuna-kagu-edela suunas 12 200 – 12 000 kal. a.t. (Joonis 11).

12 000 kal a.t. staadiumiks (Joonis 11) on kulutatud materjal kantud kulutusalt kõviku keskel olnud kolmnurkse laguuni külgedele, idast pikeneb Varbola maasäär umbes 3 km, läänest umbes 1 km. 12 000 – 11 700 kal a.t laienes maismaa oluliselt (Joonis 11), kuid ei liitunud idapool mandriga. Varbola

kõvikude alad moodustasid saarestiku, mis alles Billingeni katastroofi järgse veetasemete alanemisega ühines idapool olnud mandriga.



**Joonis 10.** Varbola rannamoodustiste profiilid mõõdetud GPSga ja Maa-Ameti maapinna kõrgusmudelilt 1 m resolutsiooniga.

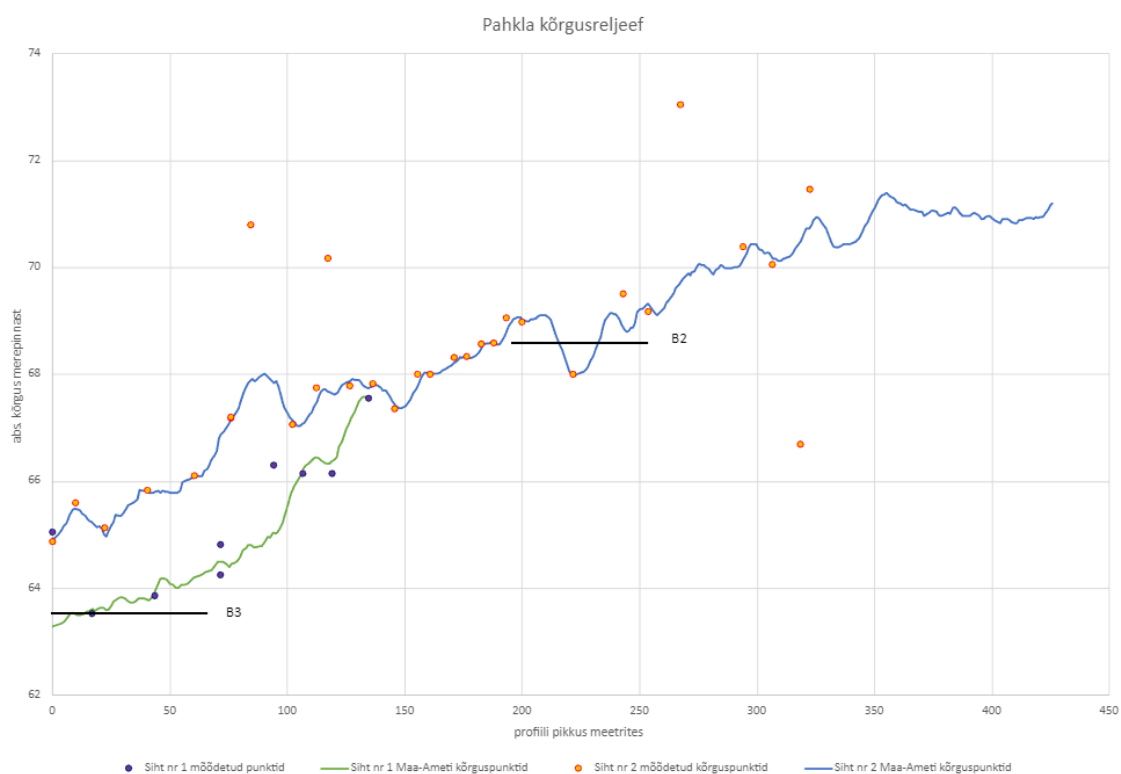


**Joonis 11.** Varbola kõviku Balti Jääjärve paleogeograafiline rekonstruktsioon. Number tähistab mõõdetud profilli nime, mida kasutati kõrgusandmete analüüsil.

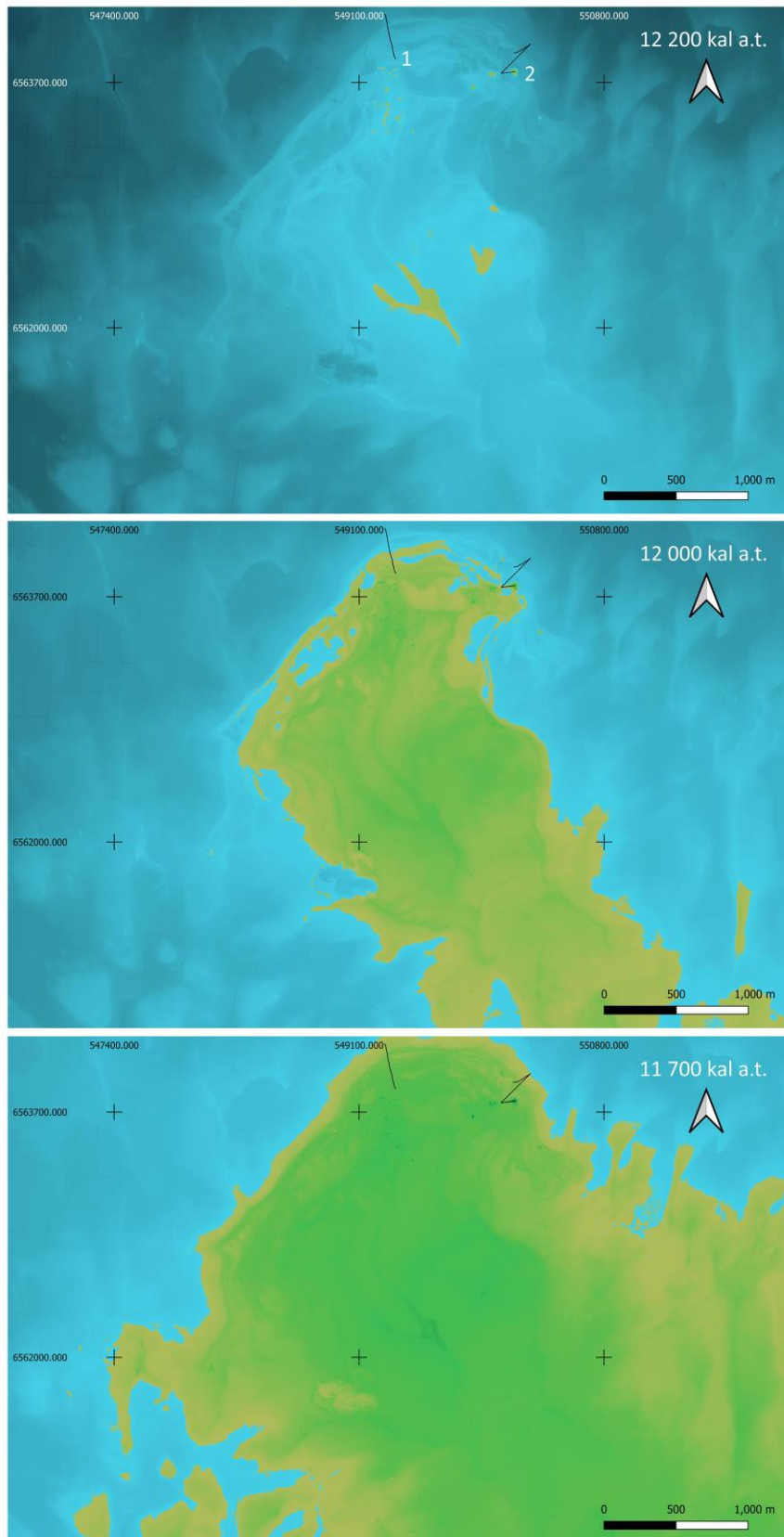
### 3.2 Pahkla

Pahklas mõõdeti 59 punkti (Lisa 1; Tabel 3) kahes sihis, trajektoorid liikusid mööda 12 200 – 12 000 kal a.t tekkinud rannavalle. 59-st kõrguspunkti läks analüüsi 44, millest omakorda ligikaudu 96% punktidest olid suurepärased. Mõõdetud punktid on võrreldavad Maa-Ameti LIDARi kõrgusinfoga (Joonis 14) välja arvatud neljas punktis, mille puhul tekitas mõõtevea kas Trimble enda mõõtehetkel olnud satelliitide ebamäärane signaal või liigselt kiirustatud mõõtmine. Punktikvaliteedi võrdluses on Pahkla kõrgusandmed protsentuaalselt parimad.

Pahkla kõvik keskosas tekkisid esimesed laiud 12 200 kal a.t. (Joonis 15). 12 200 - 12 000 kal a.t ajavahemiku jooksul kerkis Pahkla 4 meetrit Balti Jääjärvest ning laienes umbes 7.5 km<sup>2</sup> maa-alaks. Maismaa pindala suurenes laialdaselt lõuna suunas, ja B<sub>3</sub> staadiumiks 11700 kal a.t. oli pinnavorm lõplikult mandriga ühinenud. Võrreldes teiste uuritud kõvikutega on Pahklas ebaühtlasem rannik, edela kaldast moodustub omamoodi väike lahesmik ja kirdepoolset kallast iseloomustavad mitmed maasääred.



**Joonis 12.** Pahkla rannamoodustiste profiilid mõõdetud GPSga ja Maa-Ameti maapinna kõrgusmodelilt 1 m resolutsiooniga.



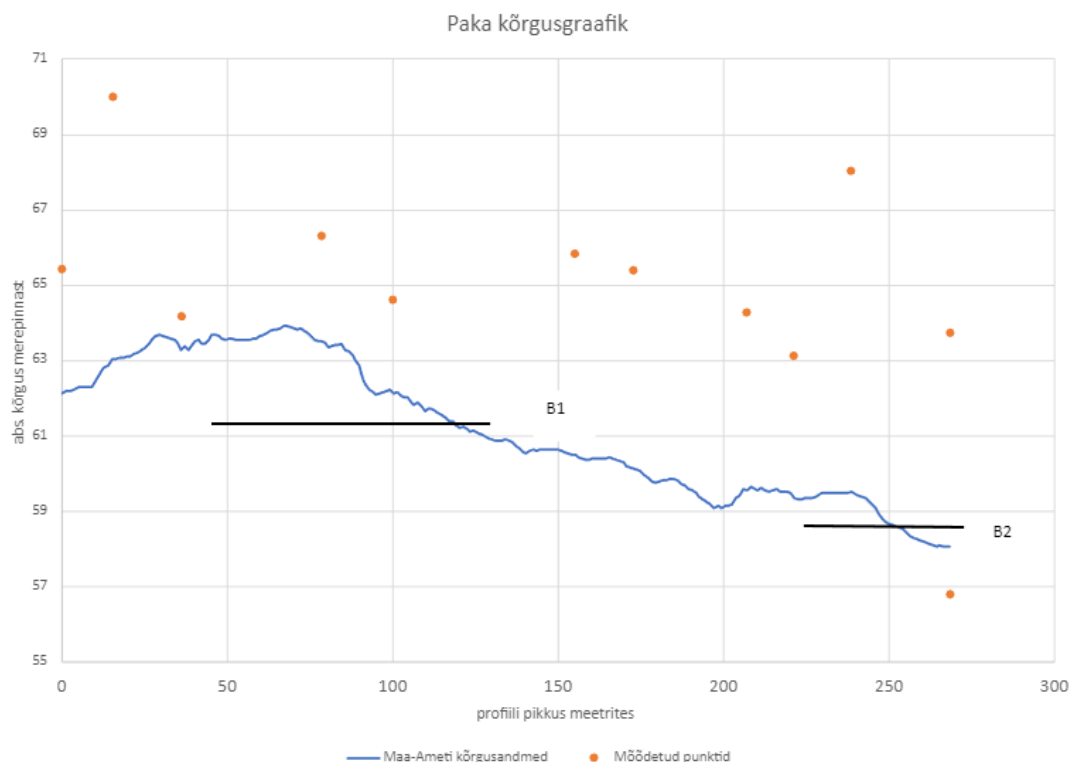
**Joonis 13.** Pakla kõviku Balti Jääjärve paleogeograafilised rekonstruktsioonid. Number tähistab mõõdetud profiili nime, mida kasutati kõrgusandmete analüüsil.

### 3.3 Paka

Paka piirkonnas mõjutas teiste uurimisaladega võrreldes tihedam lehtmets olulisel määral kvantitatiivselt väiksema arvuga mõõdetud andmestiku kvaliteeti. Pakas mõõdeti 16 punkti (Lisa 1; Tabel 3), millest vaid 15 andsid arvulise kõrguse väärtuse. Kaks punktidest olid alla keskmise kvaliteedihinnangu, kolm punkti eemaldati enne analüüsi liiga suure mõõdetud kõrguse veamäära tõttu ja ühel punktil puudus kvaliteedi hinnang üldse. Protsentuaalselt oli kvaliteetseid punkte algandmestikus 50% ning analüüsis kasutatud andmetest 66,67% oli kvaliteedilt hea või suurepärase.

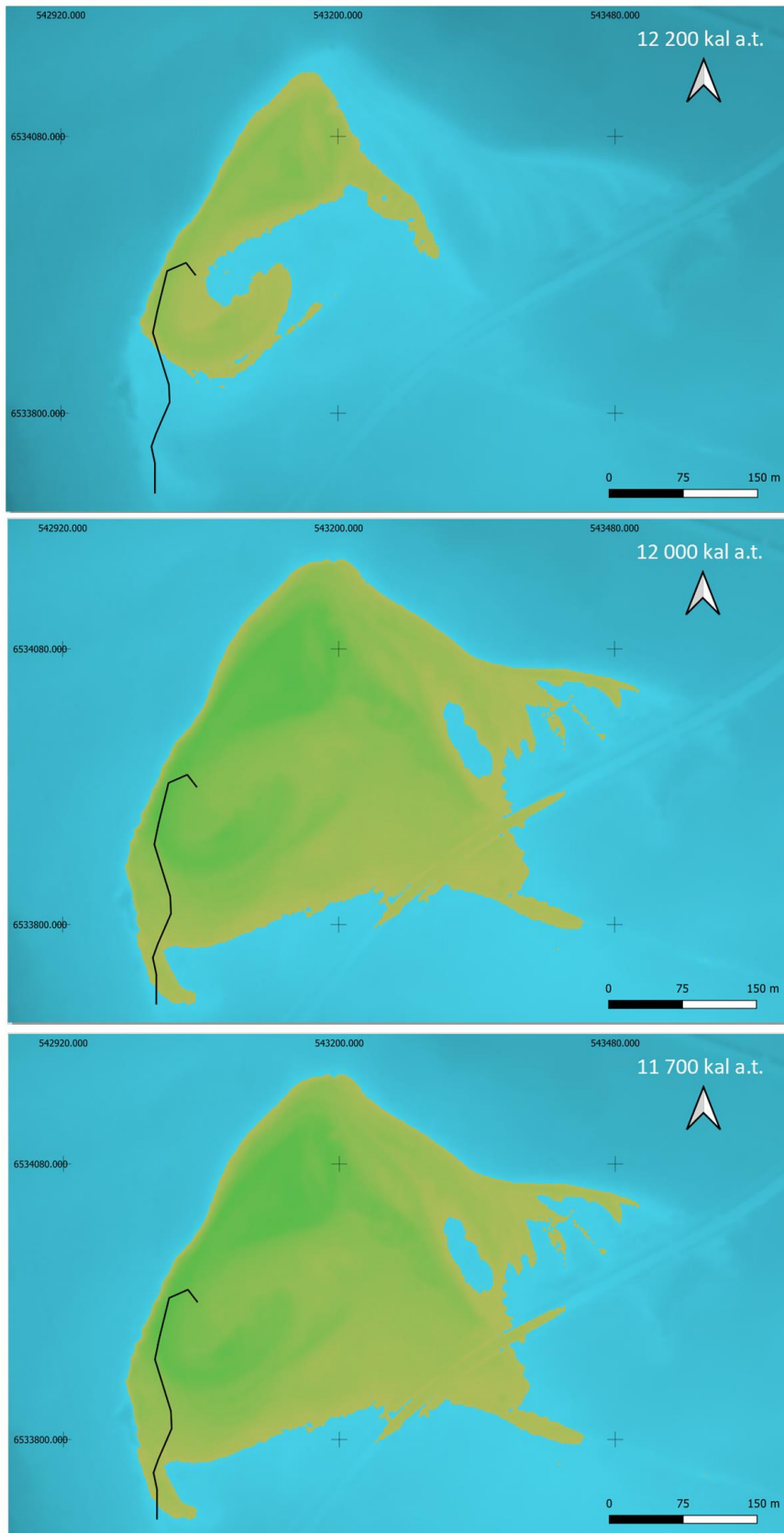
Paka rannamoodustiste kujunemine algas ajavahemikul 13 300 – 12 200 kal a.t. Sarnaselt teistele moodustasid rannamoodustised kolmnurkse pinnavormi, esmalt kõviku põhjapoolset kaldalt kulutusalt, kulutatud materjal liikus kahes suunas edelasse ja kagusse, maapinna kerkides laienes saare laius ja kruusavallide kuhje muutus laugemaks. 12 200 – 12 000 kal a.t vahemikus said kagu- ja lõunapoolse kalda kuhjevallid kokku ning tekkis laguun.

Varasemad mõõteandmed (Saarse jt., 2007) Raikkülüst korreleeruvad käesoleva töö käigus mõõdetud Balti Jääjärve B<sub>1</sub>-B<sub>2</sub> staadiumite veetasemetega. Minu mõõdetud B<sub>1</sub> ja B<sub>2</sub> tase oli 61,36 meetri ja 58,56 meetri kõrgusel (Joonis 12), võrreldes Saarse jt. (2007) andmestikus kasutatud Pärna (1962) mõõdetud B<sub>1</sub> 61,32 ja B<sub>2</sub> 58,72 kõrgustega.



**Joonis 14.** Paka rannamoodustiste profiilid mõõdetud GPSga ja Maa-Ameti maapinna kõrgusmudelilt 1 m resolutsiooniga.



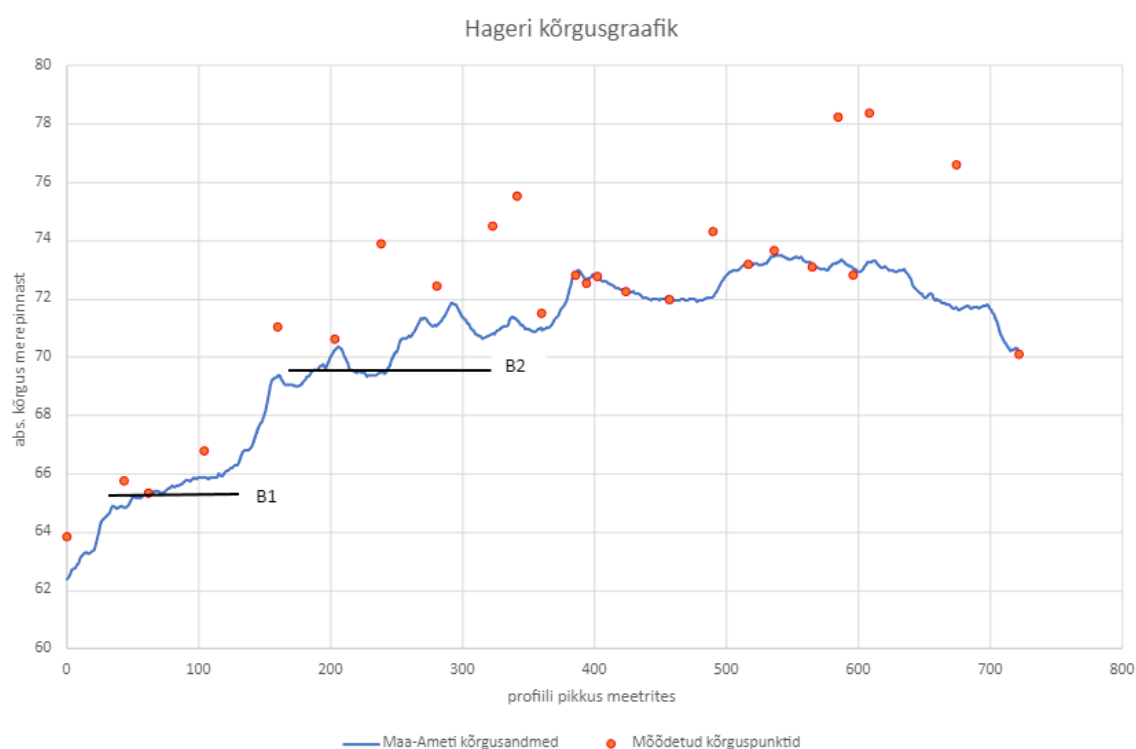


Joonis 15. Paka kõviku Balti Jääjärve paleogeograafiline rekonstruktsioon.

### 3.4 Hageri

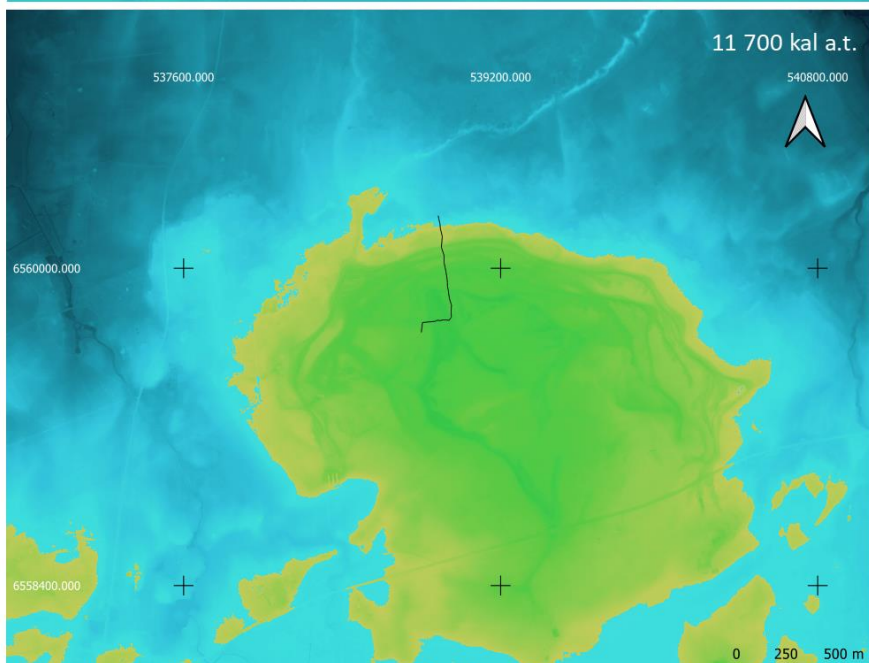
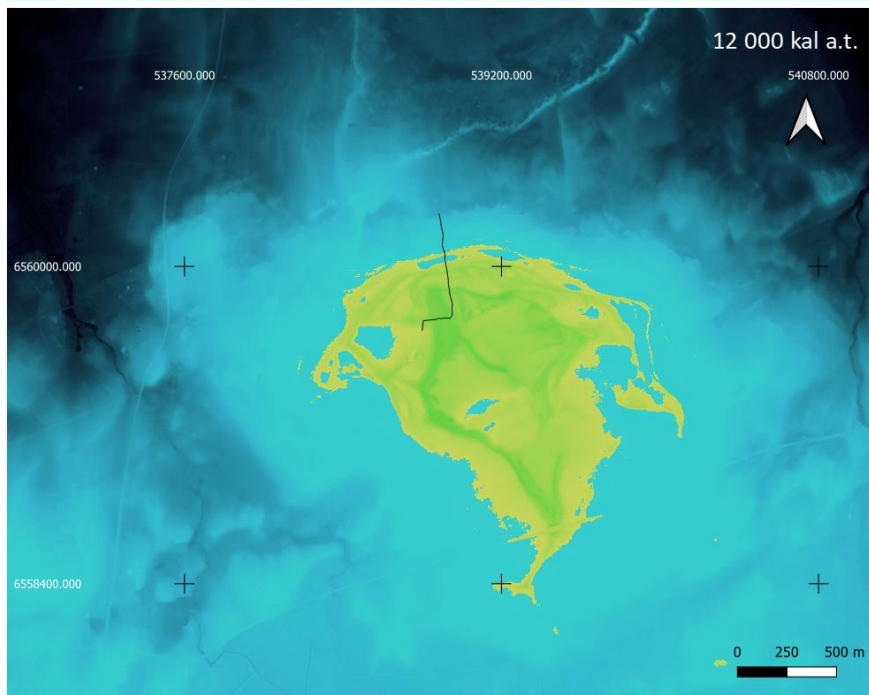
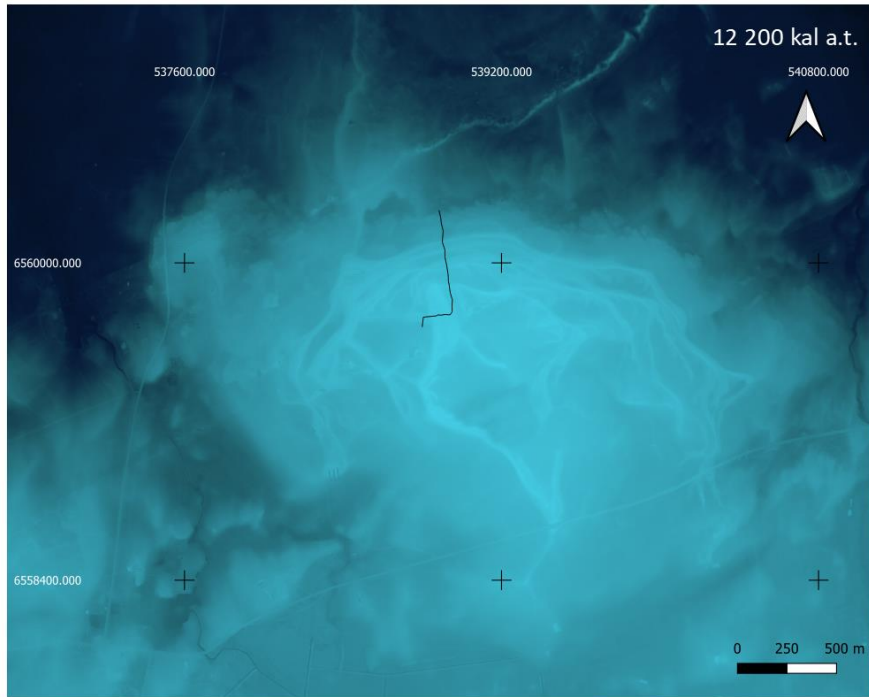
Hageris mõõdeti ühel 750 meetri pikkusel sihil 36 punkti (Lisa 1; Tabel 3), millest 25-te sai kasutada andmeanalüüsil, ülejäänud eemaldati liigse vertikaalse veamäära tõttu. Antud 25-st kõrguspunkti 88% oli Langley DOP hinnangu järgi kvaliteedilt head või suurepärased. Kõrgusgraafikul ilmneb paraku mõõteviga, mille järgi langenud punktid ei korreleeru üheselt Maa-Ameti LIDARi kõrgusandmetega (Joonis 16). Rekonstruktsioonidel nähtavate tumedamate kruusavallide järgi on tegu tõenäoliselt sujuvalt kerkinud pinnavormiga, mille keskele tekkis enne Balti Jääjärvest kerkimist võimalik laguun.

Hageri kõvik kerkis Balti Jääjärvest 12 200 kal a.t, sarnaselt teistele kõvikutele asus kulutusala peamiselt põhja-loode osas. Tegu on võrreldavalt lauge pinnavormiga, LIDARil on vaadeldavad kruusavallid, kuid rekonstruktsioonidel (Joonis 17) on vaid 3-4 hästi jälgitavat kõrgemat valli. 12 000 kal a.t laienes Hageri saar 1.5 km<sup>2</sup> alale, materjali kuhje moodustas maasääri. 11 700 kal a.t. kasvas saar umbes 4 km<sup>2</sup> suuruseks, lahesopid kasvasid kinni.



**Joonis 16** Hageri rannamoodustiste profiilid mõõdetud GPSga ja Maa-Ameti maapinna kõrgusmudelilt 1 m resolutsiooniga.

Aileen Umal, Raplamaa kõvikud kui Läänemere varasemate staadiumite arhiiv

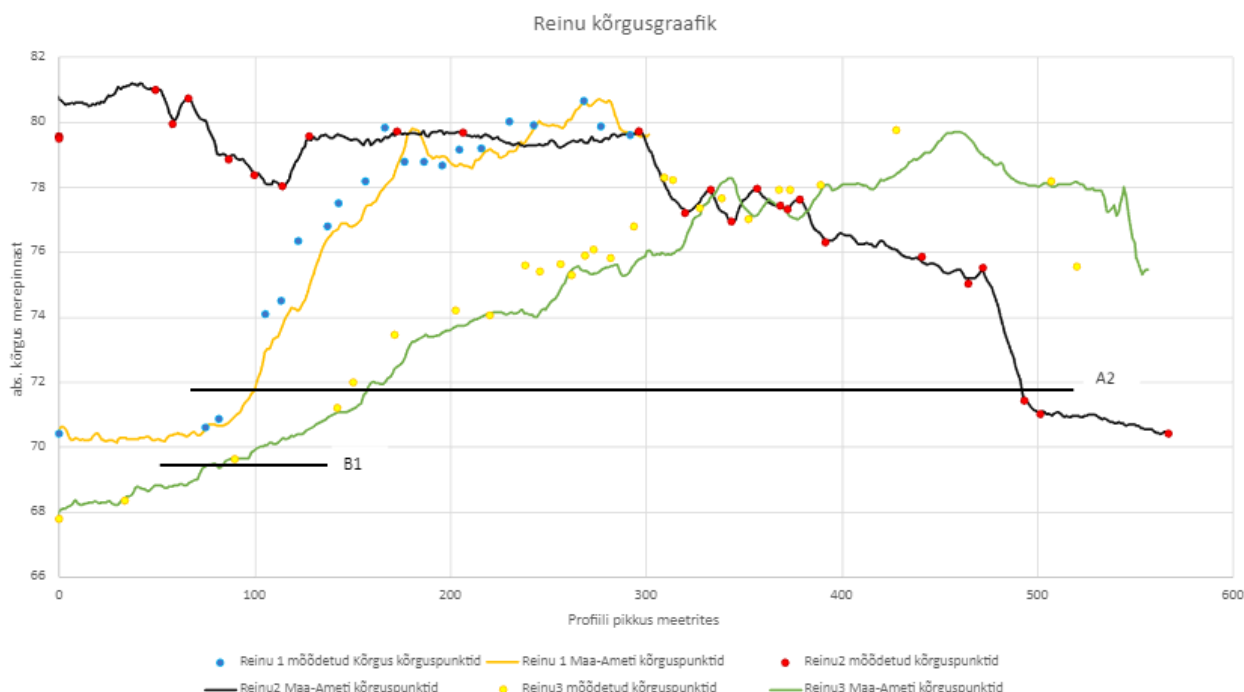


**Joonis 17.** Hageri kõviku Balti Jääjärve paleogeograafilised rekonstruktsioonid.

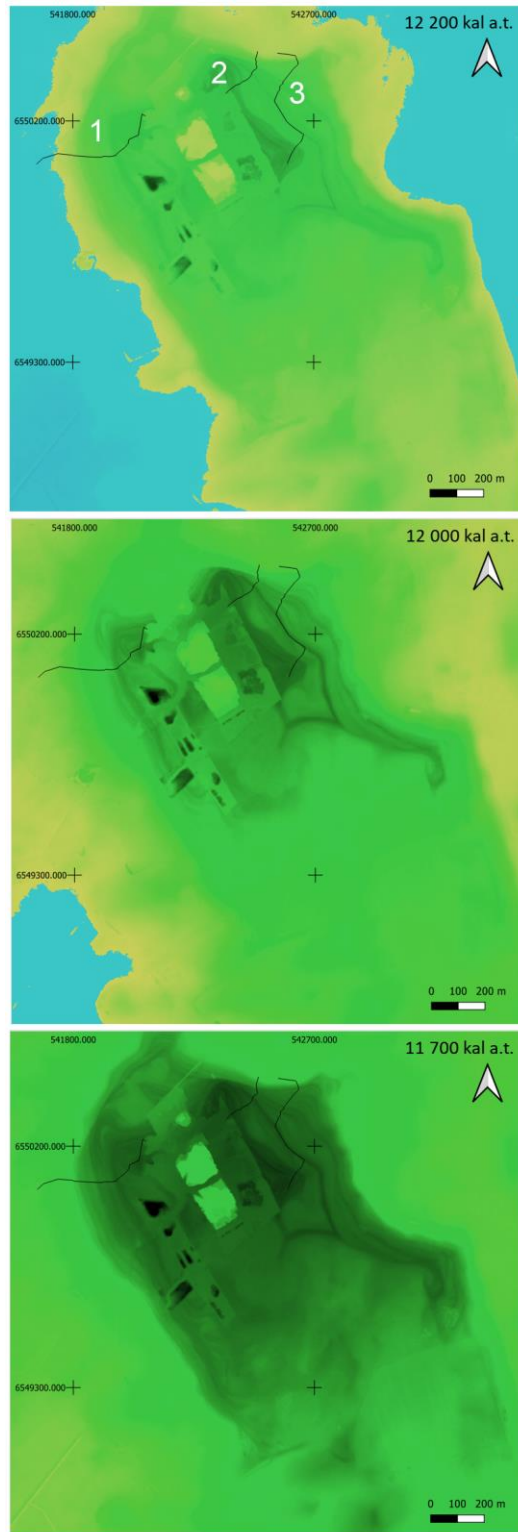
### 3.5 Reinu

Reinu mõõdeti kokku 81 punkti (Lisa 1; Tabel 3), millest 78 punkti (87.7%) olid kvaliteedilt piisavad andmeanalüüsiks. Kasutusse läinud punktidest 91% olid Langley DOP analüüsi järgi kvaliteedilt üle keskmise. Tulemus väljendub ka Maa-ameti ja mõõdetud punktide korrelatsioonis (Joonis 18). Reinu piirkonnas mõõdeti kolm profiili, kaks Reinu kõviku idapoolset küljelt ja üks profiil mööda laugemaid läänevalle. Kõvikul on karjääri tegevuse tõttu osa vanemaid rannamoodustisi ära kaevandatud. Üldine kulutusala oli põhjaosas, kust materjali transporditi lõunasse. Reinu on uuringuala kõige kõrgem kõvik ja mõõdetud kõrgemate rannavallide mõõdetulemused jäävad 78-80 meetri vahemikku (Joonis 18), mis on ligi 9 meetrit kõrgemal kui modelleeritud A<sub>2</sub> veetase (ligi 71,5 m ü.m.p.), mistõttu on Reinu kõviku varast arengut võimatu realistlikult tõlgendada.

Reinu kõvik oli 12 200 kal a.t., B<sub>1</sub> staadiumi ajal ligi 10 meetri kõrgune saar (Joonis 19), mis edasise maakerke tulemusel liitus mandriga. Reinu kõviku kõrgemad rannamoodustised on vanemad kui teistel uuritud kõvikutel, mistõttu ei saa neid korreleerida teiste piirkondade kõrgusandmetega.



**Joonis 18.** Reinu rannamoodustiste profiilid mõõdetud GPSga ja Maa-Ameti maapinna kõrgusmudelilt 1 m resolutsiooniga.



**Joonis 19.** Reinu kõviku Balti Jääjärve paleogeograafilised rekonstruktsioonid. Number tähistab mõõdetud profiili nime, mida kasutati kõrgusandmete analüüsil.

## 4. Maakerge

Uuringu objekt	Pinnakõrgus tänapäeva kõrgusandmestikus				Suhteline maakerge meetrites			Suhteline maakerge mm/aastas		
	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> -B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> -B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> -B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> -B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> -B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> -B <sub>3</sub>
Hageri	73.4	74.6	69.7	65.0	-1.3	5.0	4.6	-1.1	25.0	15.5
Pahkla 1	74.8	73.5	68.5	63.8	1.3	5.0	4.7	1.2	25.0	15.8
Pahkla 2	74.8	73.2	68.3	63.4	1.6	5.0	4.9	1.4	24.8	16.3
Varbola 1	70.5	72.1	67.6	63.8	-1.6	4.4	3.8	-1.4	22.1	12.7
Varbola 2	70.1	71.1	66.6	62.9	-1.0	4.5	3.7	-0.9	22.3	12.4
Varbola 3	70.0	70.9	66.5	62.8	-0.9	4.4	3.7	-0.8	22.0	12.4
Reinu 1	71.5	69.0	64.9	60.7	2.5	4.1	4.3	2.3	20.5	14.3
Reinu 2	71.5	69.0	64.9	60.6	2.6	4.1	4.2	2.3	20.6	14.2
Reinu 3	71.6	69.0	64.9	60.6	2.6	4.1	4.2	2.4	20.6	14.1
Paka	68.0	61.4	58.6	56.0	6.6	2.8	2.6	6.0	13.9	8.7

Tabel 4. Maakerke arvutuste tabel.

Uuringuobjekt	Parandatud A <sub>2</sub> maakerge	Parandatud A <sub>2</sub> veetase
Hageri	10.7	85.3
Pahkla 1	10.7	84.2
Pahkla 2	10.6	83.9
Varbola 1	9.5	81.5
Varbola 2	9.6	80.6
Varbola 3	9.4	80.4
Reinu 1	8.8	77.8
Reinu 2	8.8	77.8
Reinu 3	8.8	77.8
Paka	6.0	68.0

Tabel 5. Paka kõviku kõrgusandmetest lähtuvalt arvatud parandatud A<sub>2</sub> veetaseme arvutustabel.

Modelleeritud veetasemepindade alusel arvutati suhtelise maakerke väärtused, mis saab uuringuala asukohast sõltuvalt jagada kolmeks, mis kajastub ka maakerke väärtuses mm/aastas tulbas B<sub>1</sub>-B<sub>2</sub> ja B<sub>2</sub>-B<sub>3</sub> vahemikes (Tabel 3). Suhtelise maakerke arvuline väärtus sisaldab nii maakerget kui ka Balti Jääjärve veetasemete kõikumist uuringualal. Põhiprobleem arvutuskäigu analüüsil tekib 13 300 – 12 200 kal a.t. arengustaadiumite maakerkeid vaadeldes. Negatiivsed väärtused võivad tulla Balti Jääjärve veetaseme

tõusust, mis aga Eesti alal on väheusutav, või on probleemid modelleeritud veetasemepinnaga 13 300 kal a.t. (Joonis 1).

Ainus usutav suhtelise maakerke väärtus  $A_2-B_1$  ajavahemiku jaoks on Paka kõvikult (Tabel 5). Kui vaadata Balti Jääjärve staadiumi  $A_2$  modelleeritud veetaseme pinda (Joonis 1) siis torkab silma et Paka kõvik paikneb väga lähedal 13300 kal a.t olnud rannajoonele, mille veetase oli Paka juures ligi 68 m ü.m.p. Teised uuritud kõvikud paiknevad aga lähemal Palivere staadiumi liustikuservale, kus  $A_2$  veetase oli märgatavalt kõrgemal, kuid see osa Eestist on reljeefilt madal ja seetõttu puuduvad rannamoodustised liustikuserva ees. Seega on Vassiljev ja Saarse (2013) Balti Jääjärve  $A_2$  modelleeritud veetasemed vahetult Palivere liustikuserva ees madalamad, kuna sealt puuduvad andmed.

Paka andmete alusel on võimalik leida realistlikumad suhtelise maakerke väärtused  $A_2-B_1$  ajavahemikul ka põhjapoolsematele kõvikutele. Suhtelise maakerke leidmiseks  $A_2-B_1$  vahemikus arvutasin Paka maakerke suhte teiste kõvikute väärtustega  $B_1-B_2$  vahemikus ning korrutasin saadud suhte Paka maakerkega millimeetrites aastas. Saadud  $A_2-B_1$  staadiumite vahelise suhtelise maakerke väärtuseid (Tabel 5) saame kasutada rannajoone rekonstruktsioonide täiendaval interpoleerimisel. Seega  $A_2$  veetase Reinu kõvikul oleks siis 77,8 meetrit ja vaadates Reinu profiile (Joonis 18) on seal rida rannamoodustisi 78 m ü.m.p.

## Kokkuvõte

Maa-Ameti LIDAR ja Trimble R10 GPS'ga mõõdetud andmete võrdlus näitas eeliseid Maa-Ameti andmete kasutuseks edasiste kõrgusandmete analüüsimisel koos välitöödel mõõdetud punktidega. Profiilide detailsus, mis võimaldab kujutada ka kõige väiksemaid rannamoodustisi, ja kokkulangevus eelnevate mõõtmistulemustega võimaldab vähese andmetöötlusega kujutada rannamoodustisi ja usaldusväärseid profile. Trimble R10 GPS'ga mõõdetud punktidel on jätkuvalt roll kõrguspunktide korreleerimisel ja mõõtmistulemuste õigsuse hindamisel, kuid mõõtmishetke kestusest ja masinast sõltuvalt peab andmeid töötlema ja kontrollima mõõdetud kõrguste veamäära. Kohapeal mõõdetud kõrguspunktides esines seletamatuid vigu, mis annab alust kahtlustada ka varasemate nivelleerimistel mõõdetud kõrguspunktide õigsuses. Esines tugev seos uuringuala metsasuse ja mõõtekvaliteedi vahel.

Kasutades Paka kõviku maakerke väärtust oli võimalik leida teoreetilised veetasemed  $A_2$  staadiumis teistele kõvikutele, mis langevad kokku Maa-Ameti LIDAR kaardi profiilidega Reinu uuringualal. Tulevastes Balti Jääjärve rannamoodustiste teemalistes uurimistöodes saaks leida edasist korrelatsiooni saadud teoreetilise maakerke ja veel uurimata võimalike kõrgemate rannamoodustiste vahel, et täiendada Balti Jääjärve  $A_2$  veetasemete paleogeograafilisi rannakonstruktsioone Eesti aladel.

Reinu kõrgemad rannamoodustised ei sobitunud olemasoleva Balti Jääjärve veetasemete mudeliga. Paka maakerke andmed võimaldasid täpsustada Balti Jääjärve staadiumi  $A_2$ , 13 300 kal a.t., veetasemete mudelit. Puuduva varasema uurituse tõttu on Reinu rannamoodustise arengustaadiumite protsess veel täiendatav tulevikus kõrgusmodelite uuenemisel, pärast mida saab käesolevas tööd mõõdetud andmepunktide vastavust kontrollida.



## Tänuavaldused

Täna oma lõputöö kaasjuhendajat Siim Veskit, kes suunas mind paremini mõtlema uurimistöö eesmärgile ja hoidis alati oma ukse lahti probleemide tekkimisel. Rääkimata veel lugematule hulgale teadmistele uurimistöö teemast ja taustast, mida ta suutis kevadisel välitööl edasi anda. Lisaks soovin tänada Atko Heinsalu, kes käis kevadel kaasas kõvikute kaardistamisel, aitas anda paremat ülevaadet lõputöö kirjutamise protsessist ja pakkus oma toetust instituudi talvepeol.

Südamest tänan juhendajat Jüri Vassiljevit, kes aitas leida materjale, usaldusväärseid viiteid ja toetas mind kirjutamise protsessi vältel. Ta oskas lahendada kõik probleemid ja vastata suurepäraselt igale küsimusele. Suur aitäh ta kannatlikuse, pühendatud energia ja aja eest lõputöö teemalistel kokkusaamistel, mustandi läbitöötamisel ja töö kirjutamise jooksul.

## Kasutatud kirjandus

- Andrén, T., Björck, S., Andrén, E., Conley, D., Zillén, L., Anjar, J. (2011). The Development of the Baltic Sea Basin During the Last 130 ka. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-17220-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-17220-5_4).
- Björck, S. (1995). A review of the history of the Baltic Sea, 13.0– 8.0 ka BP. *Quaternary International* 27, 19–40.
- Björck, S. (2007). Younger Dryas oscillation, global evidence. Elias, S. (toim) *Encyclopedia of Quaternary Science*, 3, 1987-1994. Elsevier.
- Björck, S. ja Digerfeldt, G. (1986). Late Weichselian–Early Holocene shore displacement west of Mt. Billingen, within the Middle Swedish end-moraine zone. *Boreas*, 15, 1-18. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1986.tb00734.x>
- Eesti Geoloogiakeskus. (2012). Eesti geoloogiline baaskaart 1:50000, 6332, Kohila, seletuskiri. Tallinn.
- Eesti Geoloogiakeskus. (2017). Eesti geoloogiline baaskaart 1:50000, 6314, Rapla, 6312, Järvakandi, aruannei. Tallinn.
- Einmann, A. (2006). Raplamaal Kohila vallas Pahkla uuringuruumis tehtud geoloogiliste tööde kohta (varu seisuga 01.08.2006)
- Grünberg, R. (2019). Märjamaa valla Risu-Suurküla uuringuruumi geoloogiline uuring (varu seisuga 01.06.2019. a). Maavarauuringud OÜ, Tartu
- Gudelis, V. ja Königsson, L.-K. (toim). (1979). The Quaternary History of the Baltic. *Acta Universitatis Upsaliensis*, 1, 1–279. University of Uppsala.
- Houmark-Nielsen M., Kjær K. H. (2003). Southwest Scandinavia, 40–15 ka BP: palaeogeography and environmental change. *Journal of Quaternary Science*, 18, 769–786.
- Johnson, M.D, Kylander, M.E., Casserstedt, L., Wiborgh, H. ja Björck, S. (2013). Varved glaciomarine clay in central Sweden before and after the Baltic Ice Lake drainage: a further clue to the drainage events at Mt Billingen. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar*, 135 (Pt. 1, September–December), 293–307. <http://dx.doi.org/10.1080/11035897.2013.819032>.
- Jakobsson, M., Björck, S., Alm, G., Andrén, T., Lindeberg, G. ja Svensson, N.-O. (2007). Reconstructing the Younger Dryas ice dammed lake in the Baltic Basin. *Global and Planetary Change*, 57, 355-370. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.01.006>
- Jürgenson, V., Valling, V. (2012) Aruanne Reinu lubjakivimaardla Reinu IV uuringuruumis tehtud geoloogiliste tööde kohta (varu seisuga 30.09.2012. a)
- Kalm, V., Raukas, A., Rattas, M. ja Lasberg, K. (2011). Pleistocene Glaciations in Estonia. Ehlers, J., Gibbard, P.L. & Hughes, P.D. (toim), *Quaternary Glaciations – extent and Chronology. A closer look*. Amsterdam, The Netherlands, 95–104.

- Kuldmaa, M. (2020). Reinu lubjakivikarjääri maavara luba.
- Langley, R.B. (1999). Dilution of Precision. *GPS World*, 10, 52-59.
- Maa-Amet. (2023a). Pinnakatte metainfo 50k.
- Maa-Amet. (2023b). Kõrgusandmed. DTM eraldusvõimega 5 ja 1 meetrit.
- Maa-Amet. (2023c). L-EST97 - EUREF-EST97 koordinaatide kalkulaator. <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Teenused/Geodeesia-kalkulaatorid-p142.html>
- Maa-Amet. (2021). Euroopa kõrgussüsteem. <https://maaamet.ee/ruumiandmed-ja-kaardid/geodeesia/euroopa-korgussusteem>
- Munthe, H. (1910). Studies in the Late-Quaternary history of Southern Sweden. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar*, 32(5), 1197-1293, <https://doi.org/10.1080/11035891009442326>
- Pärna, K. (1962). *On the geology of the Baltic Ice Lake and large local proglacial lakes on the territory of Estonia* [Doktoriväitekiri, NL teaduste akadeemia].
- Raukas, A., Kessel, H., ja Hyvärinen, H. (1992). *Limnea Sea*. Raukas, A. ja Hyvärinen, H. (toim), 312–319, Eesti Teaduste Akadeemia. <https://www.etera.ee/s/UtmRGR82FR>
- Raukas, A. (koost). (1995). *Eesti. Loodus*, Valgus; Eesti Entsüklopeediakirjastus. <https://www.etera.ee/s/zpKWFwt5Wk>
- Reinu III lubjakivikarjääri keskkonnaluba. (25.05.2023). *Keskkonnaotsuste infosüsteem*. [https://kotkas.envir.ee/permits/public\\_index](https://kotkas.envir.ee/permits/public_index)
- Rosentau, A., Vassiljev, J., Hang, T., Saarse, L. ja Kalm, V. (2009). Development of the Baltic Ice Lake in the eastern Baltic, *Quaternary International*, 206(1–2), 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.10.005>
- Saarnisto, M. ja Saarinen T. (2001). Deglaciation chronology of the Scandinavian Ice Sheet from the Lake Onega Basin to the Salpausselkä End Moraines. *Global Planetary Change* 31, 387–405. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(01\)00131-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(01)00131-X)
- Saarse, L., Vassiljev, J., Rosentau, A., Miidel, A. (2007). Reconstructed late glacial shore displacement in Estonia. *Baltica*, 20(1/2), 35–45.
- Strömberg, B. (1992). The final stage of the Baltic Ice Lake. *Sveriges Geologiska Undersökning, Series, Ca 81*, 347–353.
- Varbola rannamoodustiste maastikukaitseala moodustamine ja kaitse-eeskiri. (2023). *Riigi Teataja I*, 22.03.2023, 10, <https://www.riigiteataja.ee/akt/122032023010>
- Vassiljev, J., Saarse, L., Miidel, A. (2005). Simulation of the proglacial lake shore displacement in Estonia. *Geological Quarterly*, 49(3), 253–262.

- Vassiljev, J. (2023). Läänemere areng. Talvi, T. (toim). Eesti merenduse ajalugu I. Tallinn: Varrak. 16–21.
- Vassiljev, J., & Saarse, L. (2013). Timing of the Baltic Ice Lake in the eastern Baltic. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, 85, 9–18. <https://doi.org/10.17741/bgsf/85.1.001>
- Wefer, G. (2002). Climate Development and History of the North Atlantic Realm. *Springer*. 217–219. ISBN 3-540-43201-9.
- Sulev Vahtre. (1980) Jüriöö. Tallinn: Eesti Raamat

## Lisad

## Lisa 1 Mõõdetud GPS andmed

Punktinimetus	X-koordinaat	Y-koordinaat	BK77 ilma parandita	EH200 parandiga	3D punkti kvaliteet	GDOP
<b>Varbola 1</b>						
varb1	529209.66	6544593.341	70.135	68.972494	2.588	8.7
varb2	529209.823	6544597.539	70.482	69.319494	1.197	3.2
varb3	529238.482	6544308.288	67.425	66.262494	0.035	2.8
varb4	529244.747	6544314.298	67.625	66.462494	0.104	8.2
varb5	529254.425	6544324.357	66.844	65.681494	0.045	2.8
varb6	529264.889	6544325.859	67.443	66.280494	0.049	6.4
varb7	529279.536	6544339.409	67.572	66.409494	0.034	3.8
varb8	529279.53	6544339.38	67.558	66.395494	0.074	2.1
varb9	529285.891	6544350.368	67.941	66.778494	0.04	2.6
varb10	529296.3	6544356.823	68.676	67.513494	0.037	2.7
varb11	529301.427	6544357.406	69.307	68.144494	0.036	2.6
varb12	529304.613	6544358.204	69.163	68.000494	0.032	3.3
varb13	529307.834	6544359.482	68.664	67.501494	0.034	3.2
varb14	529309.258	6544358.931	69.008	67.845494	0.03	2.5
varb15	529311.277	6544359.313	69.33	68.167494	0.034	2.7
varb16	529313.497	6544359.498	69.471	68.308494	0.035	2.6
varb17	529319.184	6544358.055	68.874	67.711494	0.033	2.9
varb18	529323.758	6544356.749	69.183	68.020494	0.035	2.7
varb19	529327.908	6544356.207	69.992	68.829494	0.04	3.9
varb20	529332.858	6544356.714	69.813	68.650494	0.032	3.3
varb21	529338.409	6544359.594	70.71	69.547494	0.037	2.7
varb22	529352.688	6544367.812	70.337	69.174494	0.039	2.8
varb23	529358.372	6544371.104	69.724	68.561494	0.043	3.2
varb24	529362.334	6544376.046	70.18	69.017494	0.045	2.8
varb25	529367.995	6544376.337	69.682	68.519494	0.038	2.2

varb26	529370.69	6544375.237	69.164	68.001494	0.037	2.2
varb27	529384.099	6544377.465	68.837	67.674494	0.039	2.7
varb28	529396.258	6544381.637	69.291	68.128494	0.04	2.5
varb29	529404.981	6544389.267	68.67	67.507494	0.044	2.7
varb30	529404.983	6544389.26	68.672	67.509494	0.057	2.6
varb31	529418.077	6544401.514	68.857	67.694494	0.056	2.6
varb32	529423.792	6544405.353	69.268	68.105494	?	5.2
varb33	529429.878	6544406.288	67.898	66.735494	0.044	2.7
varb34	529434.801	6544407.896	68.213	67.050494	0.029	2.5
varb35	529442.245	6544421.717	67.768	66.605494	0.025	2.3
varb36	529446.169	6544417.295	68.264	67.101494	0.025	2.8
varb37	529459.709	6544407.457	65.815	64.652494	0.054	6
varb38	529459.712	6544407.459	65.826	64.663494	0.054	6
varb39	529473.965	6544407.284	68.104	66.941494	2.531	4.8
varb40	529475.157	6544407.381	67.675	66.512494	2.07	3.7
varb41	529486.506	6544410.29	66.808	65.645494	0.042	2
varb42	529495.683	6544408.459	67.082	65.919494	0.032	2.6
varb43	529501.578	6544414.195	66.369	65.206494	0.048	5.5
varb44	529506.656	6544424.955	66.547	65.384494	0.031	3
varb45	529514.144	6544430.789	65.308	64.145494	0.036	5
varb46	529524.126	6544432.225	65.898	64.735494	0.081	119
varb47	529524.146	6544432.199	65.876	64.713494	0.081	119
varb48	529534.041	6544434.427	64.673	63.510494	0.068	5.8
varb49	529552.056	6544438.242	65.844	64.681494	1.729	2.6
varb50	529570.395	6544446.798	65.151	63.988494	1.541	2.9
varb51	529584.295	6544452.851	62.97	61.807494	0.02	2.7
<b>Varbola 2</b>						
rvarbl	529433.871	6544020.445	64.768	63.605494	0.027	2.3
rvarbm	529389.526	6543998.855	64.794	63.631494	0.234	2.4
rvarbn	529385.805	6543995.853	65.098	63.935494	0.034	3.1

## Aileen Umal, Raplamaa kõvikud kui Läänemere varasemate staadiumite arhiiv

rvarbo	529376.452	6543989.649	66.967	65.804494	0.034	2.2
rvarbp	529376.398	6543989.148	67.06	65.897494	0.035	1.8
rvarbq	529349.545	6543974.22	68.078	66.915494	0.046	3.2
rvarbr	529343.064	6543966.774	68.795	67.632494	0.035	2.3
rvarbs	529333.297	6543963.145	68.653	67.490494	0.027	2.2
rvarbt	529326.041	6543966.956	69.075	67.912494	0.028	2.3
rvarbu	529316.948	6543971.096	68.441	67.278494	0.032	2.5
rvarbv	529309.475	6543976.488	69.673	68.510494	0.036	3.3
rvarbw	529305.101	6543979.506	68.979	67.816494	0.027	2
rvarbx	529298.113	6543979.98	68.86	67.697494	0.028	2.5
rvarby	529291.133	6543981.408	69.226	68.063494	0.026	1.7
rvarbz	529280.226	6543986.221	69.075	67.912494	0.243	4.4
rvarca	529277.705	6543986.813	69.267	68.104494	0.047	2.5
rvarcb	529266.904	6543984.308	69.083	67.920494	1.263	2.7
rvarcc	529260.439	6543986.574	69.082	67.919494	0.096	2.1
rvarcd	529255.302	6543990.077	68.64	67.477494	0.049	2
rvarce	529250.794	6543991.326	68.924	67.761494	0.035	2.6
rvarcf	529244.298	6543990.338	68.347	67.184494	0.031	2.1
rvarcg	529239.539	6543987.193	68.612	67.449494	0.035	2.9
rvarch	529230.365	6543983.171	67.85	66.687494	0.032	2
rvarci	529227.75	6543984.345	68.126	66.963494	0.03	2.6
rvarcj	529226.381	6543988.569	67.712	66.549494	0.039	3.5
rvarck	529220.143	6543992.899	68.353	67.190494	0.061	2.7
rvarcl	529212.757	6543996.306	67.666	66.503494	0.044	4.1
rvarcm	529209.782	6544001.059	68.123	66.960494	0.084	1.7
rvarcn	529209.816	6544001.091	68.005	66.842494	0.048	1.7
rvarco	529200.612	6544003.977	66.97	65.807494	0.276	2.7
rvarcp	529194.819	6544010.137	67.797	66.634494	0.028	1.9
rvarcq	529191.009	6544013.815	66.985	65.822494	0.04	5.2
rvarcr	529186.804	6544016.695	67.406	66.243494	0.065	2.2

rvarcs	529184.622	6544020.299	67.123	65.960494	0.054	4.8
rvarct	529171.999	6544018.128	68.806	67.643494	0.033	1.8
rvarcu	529159.882	6544014.18	67.952	66.789494	0.089	1.8
rvarcv	529163.029	6544015.118	68.064	66.901494	0.037	2
rvarcw	529143.3	6544026.283	65.448	64.285494	1.491	5.3
rvarcx	529125.374	6544039.887	63.079	61.916494	0.017	1.7
rvarcy	529074.575	6544013.493	62.697	61.534494	0.026	1.9
4	529470.331	6543888.047	64.048	62.885494	0.019	1.8
<b>Varbola 3</b>						
rvarcz	529115.403	6543933.692	68.42	67.257494	0.052	2.7
rvarda	529126.15	6543927.844	67.468	66.305494	0.021	3.3
rvardb	529129.805	6543924.801	67.854	66.691494	0.029	3.1
rvardc	529135.821	6543921.236	66.84	65.677494	0.023	2.6
rvardd	529142.186	6543914.524	68.107	66.944494	?	7.1
rvarde	529143.818	6543913.036	67.459	66.296494	0.035	2.7
rvardf	529146.335	6543911.095	67.964	66.801494	0.028	2.2
rvardg	529151.857	6543908.444	67.01	65.847494	0.029	2.2
rvardh	529154.026	6543907.94	67.157	65.994494	0.03	2.2
rvardi	529156.543	6543906.596	66.722	65.559494	0.03	2
rvardj	529159.095	6543905.47	68.066	66.903494	1.249	3.8
rvardk	529161.006	6543904.074	67.149	65.986494	0.028	2
rvardl	529167.188	6543899.69	68.265	67.102494	0.033	4
rvardm	529173.507	6543895.419	68.03	66.867494	0.297	14.4
rvardn	529178.02	6543891.043	68.675	67.512494	0.03	2.6
rvardo	529182.657	6543887.688	67.61	66.447494	0.041	1.6
rvardp	529186.909	6543884.409	68.115	66.952494	0.031	3.3
rvardq	529189.476	6543880.976	69.019	67.856494	1.653	3.3
rvardr	529195.76	6543876.146	68.606	67.443494	0.446	3
rvars	529205.561	6543868.745	69.091	67.928494	0.057	2.8
rvardt	529210.696	6543864.333	68.415	67.252494	0.713	3.3



rvardu	529214.317	6543860.39	69.102	67.939494	0.017	2.1
rvardv	529220.679	6543854.117	68.689	67.526494	0.048	4
rwardw	529232.061	6543845.24	68.896	67.733494	0.14	11.9
rvardx	529236.7	6543842.27	68.51	67.347494	0.03	2.4
rvardy	529237.998	6543841.262	68.663	67.500494	0.026	2.4
rvardz	529240.502	6543839.496	68.279	67.116494	0.03	2.1
rvarea	529252.839	6543826.106	64.39	63.227494	0.762	2.4
rvareb	529272.021	6543818.111	63.79	62.627494	0.024	1.9
3	529315.008	6543764.724	68.606	67.443494	0.018	2.1

**Reinu 1**

reinu6	542601.266	6550039.812	80.658	79.495494	0.082	6.5
reinu7	542601.266	6550039.828	80.726	79.563494	0.056	4.6
reinu8	542601.221	6550039.845	80.702	79.539494	0.038	2.5
reinu9	542601.224	6550039.867	80.67	79.507494	0.032	2.5
reinu10	542601.237	6550039.86	80.643	79.480494	0.025	1.8
reinu11	542620.101	6550085.175	82.153	80.990494	0.022	1.9
reinu12	542626.97	6550091.377	81.1	79.937494	0.02	1.9
reinu13	542626.964	6550091.363	81.093	79.930494	0.02	1.9
reinu14	542629.427	6550098.919	81.889	80.726494	0.02	1.9
reinu15	542643.748	6550113.35	80.013	78.850494	0.02	1.8
reinu16	542652.963	6550122.874	79.52	78.357494	0.057	3.2
reinu17	542658.849	6550135.982	79.174	78.011494	0.032	5.3
reinu18	542662.472	6550148.945	80.719	79.556494	0.029	2.6
reinu19	542625.27	6550174.378	80.854	79.691494	0.022	2.1
reinu20	542600.03	6550196.334	80.849	79.686494	0.019	2.1
reinu21	542553.068	6550273.123	80.856	79.693494	0.019	2.1
reinu22	542561.633	6550295.324	78.341	77.178494	0.02	2.1
reinu23	542566.588	6550307.408	79.074	77.911494	0.02	2.1
reinu24	542573.592	6550315.529	78.08	76.917494	0.02	2
reinu25	542573.403	6550328.564	79.121	77.958494	0.021	2.7

reinu26	542581.964	6550336.364	78.591	77.428494	0.02	2.1
reinu27	542585.284	6550338.364	78.466	77.303494	0.021	2.1
reinu28	542584.643	6550344.947	78.768	77.605494	0.02	2.1
reinu29	542592.97	6550354.43	77.45	76.287494	0.021	2.6
reinu30	542623.648	6550393.348	76.994	75.831494	0.021	2.1
reinu31	542640.847	6550409.454	76.182	75.019494	0.021	2.1
reinu32	542641.719	6550416.968	76.678	75.515494	0.021	2.1
reinu33	542634.521	6550436.888	72.565	71.402494	0.021	2.1
reinu34	542630.451	6550444.034	72.156	70.993494	0.021	2.1
reinu35	542565.668	6550452.808	71.558	70.395494	0.027	2
<b>Reinu 2</b>						
reinu36	542490.801	6550457.651	71.736	70.573494	0.071	2.1
reinu37	542489.568	6550451.073	72.007	70.844494	0.035	2.1
reinu38	542482.346	6550428.491	75.26	74.097494	0.029	2.7
reinu39	542485.637	6550421.163	75.649	74.486494	0.072	5
reinu40	542484.212	6550412.069	77.496	76.333494	0.028	2.5
reinu41	542488.744	6550397.754	77.943	76.780494	0.024	2.5
reinu42	542485.004	6550393.859	78.649	77.486494	0.026	2
reinu43	542473.496	6550386.055	79.333	78.170494	0.053	2.1
reinu44	542468.635	6550377.699	80.979	79.816494	0.032	2.8
reinu45	542465.831	6550368.351	79.951	78.788494	0.043	2.1
reinu46	542459.568	6550360.312	79.941	78.778494	0.29	2.8
reinu47	542452.31	6550354.791	79.831	78.668494	0.059	2.1
reinu48	542444.628	6550350.203	80.31	79.147494	0.057	16.9
reinu49	542434.465	6550345.691	80.358	79.195494	0.048	28.7
reinu50	542422.796	6550336.544	81.167	80.004494	0.037	2.8
reinu51	542410.805	6550333.735	81.057	79.894494	0.193	2
reinu52	542390.4	6550318.653	81.807	80.644494	0.096	2.1
reinu53	542383.233	6550313.544	81.015	79.852494	0.021	2
reinu54	542373.254	6550302.784	80.774	79.611494	0.023	2

<b>Reinu 3</b>						
reinu55	541665.526	6550037.957	68.943	67.780494	0.056	2.4
reinu56	541690.677	6550060.556	69.485	68.322494	0.038	2.3
reinu57	541744.036	6550077.302	70.792	69.629494	0.03	2.3
reinu58	541796.604	6550072.155	72.34	71.177494	0.029	2.2
reinu59	541804.343	6550069.701	73.158	71.995494	0.033	2.5
reinu60	541825.225	6550068.426	74.601	73.438494	0.033	2.2
reinu61	541856.363	6550065.855	75.357	74.194494	0.063	3.2
reinu62	541874.087	6550065.323	75.211	74.048494	0.087	3.1
reinu63	541891.916	6550063.994	76.746	75.583494	0.17	2.9
reinu64	541899.555	6550064.578	76.563	75.400494	0.086	3
reinu65	541909.815	6550064.366	76.782	75.619494	0.115	3
reinu66	541914.3	6550067.587	76.426	75.263494	0.116	3.7
reinu67	541921.576	6550067.205	77.048	75.885494	0.061	10.3
reinu68	541925.443	6550067.418	77.22	76.057494	0.09	3.7
reinu69	541934.319	6550066.327	76.971	75.808494	0.06	3.4
reinu70	541946.465	6550067.577	77.943	76.780494	0.144	10.1
reinu71	541961.237	6550070.823	79.452	78.289494	0.099	4.1
reinu72	541962.82	6550074.822	79.382	78.219494	0.14	14.5
reinu73	541973.337	6550084.202	78.512	77.349494	0.142	14.5
reinu74	541982.05	6550090.829	78.813	77.650494	0.171	3.7
reinu75	541993.209	6550099.157	78.176	77.013494	0.228	4
reinu76	542003.297	6550110.75	79.066	77.903494	0.184	2.7
reinu77	542007.401	6550114.872	79.065	77.902494	0.292	3.3
reinu78	542010.128	6550130.116	79.224	78.061494	0.191	2.4
reinu79	542045.044	6550146.913	80.91	79.747494	0.068	3.5
reinu80	542058.737	6550224.754	79.338	78.175494	0.055	2.4
reinu81	542070.859	6550218.592	76.689	75.526494	0.067	2.3
<b>Paka</b>						
paka1	543055.719	6533940.251	66.575	65.412494	0.835	2.9

paka2	543046.349	6533952.41	71.154	69.991494	0.365	5.7
paka3	543027.311	6533944.039	65.324	64.161494	0.451	8.9
paka4	543017.264	6533902.922	67.45	66.287494	1.22	3.4
paka5	543012.895	6533881.555	65.786	64.623494	0.337	59.6
paka6	543029.081	6533829.093	66.979	65.816494	0.999	5
paka7	543029.878	6533811.403	66.56	65.397494	0.702	2.4
paka8	543025.659	6533807.302	63.041	61.878494	2.203	46.5
paka9	543018.527	6533798.581	64.436	63.273494	1.543	2
paka10	543016.237	6533779.969	65.419	64.256494	0.914	30.2
paka11	543011.41	6533766.506	64.292	63.129494	1.035	2.5
paka12	543014.999	6533749.573	69.199	68.036494	0.803	1.6
paka13	543018.085	6533719.365	57.955	56.792494	?	73.1
paka14	543014.949	6533719.81	64.893	63.730494	1.09	1.7
paka15	543004.121	6533713.975	62.2	61.037494	1.141	5.6
paka16	543006.922	6533694.108	62.358	61.195494	1.001	4.3

**Hageri**

hageri1	538884.611	6560262.674	64.989	63.83146039	0.842	2.7
hageri2	538893.588	6560229.415	66.69	65.53246039	1.141	34.2
hageri3	538894.026	6560219.725	66.913	65.75546039	0.817	5.7
hageri4	538895.287	6560201.657	66.481	65.32346039	0.286	5.6
hageri5	538905.453	6560160.33	67.928	66.77046039	0.84	5.6
hageri6	538903.74	6560143.591	67.292	66.13446039	1.377	3.9
hageri7	538900.887	6560105.49	72.172	71.01446039	0.678	5.6
hageri8	538915.978	6560094.267	74.908	73.75046039	1.009	4.8
hageri9	538914.424	6560063.842	71.773	70.61546039	0.642	19.9
hageri10	538914.267	6560028.555	75.021	73.86346039	0.865	3.4
hageri11	538916.889	6560012.434	69.771	68.61346039	3.242	4.7
hageri12	538922.744	6559996.209	74.367	73.20946039	1.463	7
hageri13	538923.073	6559987.132	73.574	72.41646039	0.727	4.1
hageri14	538924.013	6559975.186	75.1	73.94246039	1.256	3.3

hageri15	538929.531	6559945.87	75.655	74.49746039	0.95	4.1
hageri16	538931.248	6559927.162	76.671	75.51346039	0.947	5.2
hageri17	538931.53	6559909.049	72.627	71.46946039	0.802	5.2
hageri18	538936.749	6559883.288	73.965	72.80746039	0.025	2.1
hageri19	538937.037	6559875.434	73.671	72.51346039	0.028	3.5
hageri20	538938.471	6559866.641	73.897	72.73946039	0.032	3.4
hageri21	538941.788	6559845.976	73.401	72.24346039	0.025	2.9
hageri22	538951.586	6559813.896	73.113	71.95546039	0.027	2.3
hageri23	538949.876	6559781.117	75.46	74.30246039	0.361	2.9
hageri24	538950.987	6559754.268	74.339	73.18146039	0.889	2.6
hageri25	538940.708	6559737.834	74.794	73.63646039	0.502	65.4
hageri26	538912.269	6559739.543	74.238	73.08046039	0.335	2.9
hageri27	538893.011	6559735.741	79.384	78.22646039	0.999	3.2
hageri28	538881.093	6559738.171	73.97	72.81246039	0.99	21.6
hageri29	538870.831	6559732.557	79.536	78.37846039	0.736	3.4
hageri30	538843.554	6559734.372	78.682	77.52446039	1.078	3.4
hageri31	538829.379	6559727.832	75.753	74.59546039	1.811	75.7
hageri32	538805.294	6559726.134	78.741	76.56346039	0.801	2.7
hageri33	538804.581	6559703.631	78.933	76.75546039	2.937	7.8
hageri34	538805.789	6559701.118	79.925	77.74746039	1.875	8.8
hageri35	538799.724	6559678.556	72.256	70.07846039	0.731	5.7
hageri36	538800.011	6559677.553	71.329	69.15146039	1.426	5.6

**Pahkla 1**

pahkla1	549370.905	6563768.482	73.129	71.966494	1.684	3.2
pahkla2	549363.296	6563822.562	76.479	75.316494	1.765	11.8
pahkla3	549354.575	6563838.071	74.667	73.504494	2.769	3.5
pahkla4	549354.637	6563838.88	75.13	73.967494	2.259	2.9
pahkla5	549348.497	6563852.341	73.791	72.628494	2.014	2.9
pahkla6	549352.286	6563862.158	72.608	71.445494	0.034	3.3
pahkla7	549353.205	6563866.019	67.84	66.677494	0.066	3.4

## Aileen Umal, Raplamaa kõvikud kui Läänemere varasemate staadiumite arhiiv

pahkla8	549346.693	6563876.158	71.215	70.052494	0.181	3.6
pahkla9	549346.686	6563876.151	71.229	70.066494	0.08	3
pahkla10	549341.065	6563886.481	71.485	70.322494	2.9	9.6
pahkla11	549341.652	6563887.343	71.538	70.375494	0.928	2.5
pahkla12	549340.254	6563902.221	68.889	67.726494	1.563	2.7
pahkla13	549337.763	6563913.752	74.915	73.752494	2.445	4.5
pahkla14	549336.873	6563913.762	74.201	73.038494	1.6	2.5
pahkla15	549333.027	6563926.639	70.323	69.160494	0.133	3.3
pahkla16	549333.188	6563930.745	73.291	72.128494	1.369	2.7
pahkla17	549331.28	6563937.285	70.658	69.495494	0.622	2.5
pahkla18	549331.801	6563944.755	69.441	68.278494	2.541	5.4
pahkla19	549332.235	6563944.353	69.429	68.266494	1.943	2.7
pahkla20	549329.251	6563958.787	69.162	67.999494	0.675	3.2
pahkla21	549322.546	6563970.767	70.419	69.256494	1.722	2.6
pahkla22	549320.682	6563978.344	70.135	68.972494	0.03	2.4
pahkla23	549319.303	6563984.867	70.207	69.044494	0.041	2.2
pahkla24	549318.132	6563990.179	69.736	68.573494	0.026	2.2
pahkla25	549316.434	6563995.456	69.718	68.555494	0.025	2.2
pahkla26	549314.751	6564001.28	69.484	68.321494	0.029	2.4
pahkla27	549313.525	6564006.522	69.473	68.310494	0.028	3
pahkla28	549311.226	6564016.684	69.157	67.994494	0.03	2.8
pahkla29	549310.219	6564021.518	69.159	67.996494	0.026	2.4
pahkla30	549308.153	6564031.221	68.506	67.343494	0.028	2.5
pahkla31	549307.85	6564040.512	68.978	67.815494	0.037	3.7
pahkla32	549305.361	6564049.946	68.94	67.777494	0.334	2.5
pahkla33	549302.661	6564059.024	71.328	70.165494	0.024	3.5
pahkla34	549302.153	6564063.7	68.895	67.732494	0.029	20.9
pahkla35	549300.484	6564073.798	68.221	67.058494	0.099	4.6
pahkla36	549298.042	6564081.379	71.483	70.320494	2.062	5.3
pahkla37	549297.056	6564091.571	71.942	70.779494	0.608	2.2

pahkla38	549297.177	6564090.583	72.859	71.696494	2.089	2.4
pahkla39	549297.055	6564099.675	68.326	67.163494	0.06	3.1
pahkla40	549297.054	6564099.688	68.346	67.183494	0.052	2.1
pahkla41	549294.106	6564115.021	67.263	66.100494	0.08	2.2
pahkla42	549289.58	6564134.651	66.989	65.826494	0.033	2.4
pahkla43	549286.101	6564152.605	66.29	65.127494	0.038	3.1
pahkla44	549283.873	6564164.6	66.75	65.587494	0.04	2.3
<b>Pahkla 2</b>						
pahkla45	549278.056	6564172.658	66.031	63.848494	0.033	2.6
pahkla46	550173.074	6563906.144	68.704	66.521494	0.025	1.9
pahkla47	550188.844	6563907.606	67.291	65.108494	0.017	14.3
pahkla48	550188.85	6563907.606	67.296	65.113494	0.014	1.8
pahkla49	550200.734	6563910.335	67.46	65.277494	0.015	1.8
pahkla50	550211.465	6563917.216	65.975	63.792494	0.028	3.9
pahkla51	550231.312	6563927.529	65.404	63.221494	0.016	1.9
pahkla52	550231.327	6563927.526	65.406	63.223494	0.018	1.8
pahkla53	550254.145	6563943.851	65.021	62.838494	0.022	2.4
pahkla54	550277.49	6563956.677	64.675	62.492494	0.028	2.7
pahkla55	550290.79	6563967.265	66.204	64.021494	0.951	3.8
pahkla56	550290.946	6563967.424	65.786	63.603494	1.124	2.6
pahkla57	550085.514	6563764.306	70.118	67.935494	0.02	1.7
pahkla58	550181.466	6563775.808	80.729	78.546494	0.022	1.8
pahkla59	550181.438	6563775.808	80.687	78.504494	0.019	1.7

## Lisa 2 Lihtlitsents

Lisa

rektori 07.04.2020 käskkirjale nr 1-8/17

### **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Aileen Umal

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose “Raplamaa kõvikud kui Läänemere varasemate staadiumite arhiiv”,

mille juhendaja on Jüri Vassiljev

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna

Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse

seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

29.05.2023

<sup>1</sup> Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtjaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtjaja jooksul ei kehti.