

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Geoloogia osakond

Bakalaureusetöö geoloogias (12 EAP)

Litoriinamere rannavööndi muutused Velise- Teenuse piirkonnas ja seosed kiviaja asustusega

Magdaleena Männik

Juhendajad: PhD Alar Rosentau
PhD Merle Muru

Kaitsmisele lubatud
Juhendaja
allkiri, kuupäev

Tartu 2018

Coastal changes during the Litorina Sea in Velise-Teenuse area and connections with Stone Age settlement

To describe Stone Age settlement in Velise-Teenuse area, palaeogeographic reconstructions were made using GIS-based modelling which were connected with Stone Age archeological finds discovered in 2015-2017. The study revealed that during the Litorina Sea phase a large bay existed in Velise-Teenuse area. Several Stone Age settlement sites associated with the shoreline were found on the shores of the bay. The methodology used in this thesis made it possible to reconstruct palaeolandscapes during the Stone Age and settlement pattern during the Combed Ware Pottery period. It was also possible to specify the ages of settlements with undetermined age.

P510 Physical geography, geomorphology, pedology, cartography, climatology

Keywords: palaeogeography, archeology, Baltic Sea, Stone Age settlement, Litorina Sea, GIS, LiDAR

Litoriinamere rannavööndi muutused Velise-Teenuse piirkonnas ja seosed kiviaja asustusega

Velise-Teenuse piirkonna kiviaegse asustuse kirjeldamiseks koostati paleogeograafilised rekonstruktsioonid, kasutades GIS-põhist modelleerimist ning seostati need aastatel 2015 – 2017 avastatud uute kiviaja asulakohtadega. Uuringu tulemusena selgus, et Litoriinamere ajal eksisteeris Velise-Teenuse piirkonnas muinaslaht, mille kallastel paiknesid erinevatel arheoloogilistel ajaperioodidel rannasidusad asulakohad. Uurimistöös kasutatud meetodika võimaldas kirjeldada kiviaja paleomaastikku, jälgida asutuse paiknemise mustreid kammkeraamika kultuuri leviku ajal ja hinnata vanusemääranguteta võimalike rannasidusate asulakohtade ligikaudset vanust.

P510 Füüsiline geograafia, geomorfoloogia, mullateadus, kartograafia, klimatoloogia

Märksõnad: Paleogeograafia, arheoloogia, Läänemeri, kiviaja asustus, Litoriinameri, GIS, LiDAR-kõrgusandmed

Sisukord

Sissejuhatus	6
1. Läänemere jääajajärgne areng ja muinasaegne inimasustus	7
2. Materjal ja meetodika.....	10
2.1 Uuringuala	10
2.2 Paleogeograafilise uurimise meetodika.....	11
2.3 Arheoloogiliste andmete sidumine paleogeograafiliste rekonstruktsioonidega	14
3. Tulemused ja arutelu	16
3.1 Meretaseme muutused, jääajajärgne maatõus ja rannavööndi muutused Velise-Teenuse piirkonnas	16
3.2 Litorinamere rannavööndi muutused 7500 – 6000 aastat tagasi ja võimalikud Narva kultuuri leiukohad.....	21
3.3 Litorinameri 6000-5000 aastat tagasi ja võimalikud kammkeraamika leiukohad	22
3.4 Limneameri 4200 aastat tagasi ja võimalikud nöörikeramika leiukohad	25
3.5 Limneameri 3000 aastat tagasi ja pronksiaegsed leiukohad.....	25
Kokkuvõte ja järeldused	26
Coastal changes during the Litorina Sea in Velise-Teenuse area and connections with Stone Age settlement	28
Tänuavaldused	30
Kirjandusloend	31

Sissejuhatus

Läänemeri on pärastjääaegsel arengul teinud läbi palju muutusi, mida on põhjustanud Skandinaavia mandriliustiku sulamine, meretaseme kõikumised ning glatsioisostaatiline maatõus (Andrén et al., 2011). Kiviajal Läänemere ümbruses elanud inimesed sõltusid rannikuvööndist ning asulakohad pidi valima vastavalt soodsamatele tingimustele (Kriiska, 2001). Eelistatud elupaikadeks olid rannikualad, laguunid ja jõgede suudmed (Jöns, 2011; Rosentau, 2011; Habicht et al., 2017).

Geinfosüsteemide areng ning LiDAR-kõrgusandmete hea kättesaadavus võimaldab aina paremini uurida Läänemere paleogeograafiat Holotseenis. Arheoloogiliste leidude ühildamine modelleeritud kiviaegsete rannavöönditega võimaldab analüüsida muinasasaegse asustuse paiknemist ning selle muutuseid paremini kui ainuüksi arheoloogiline materjal (Muru, 2017).

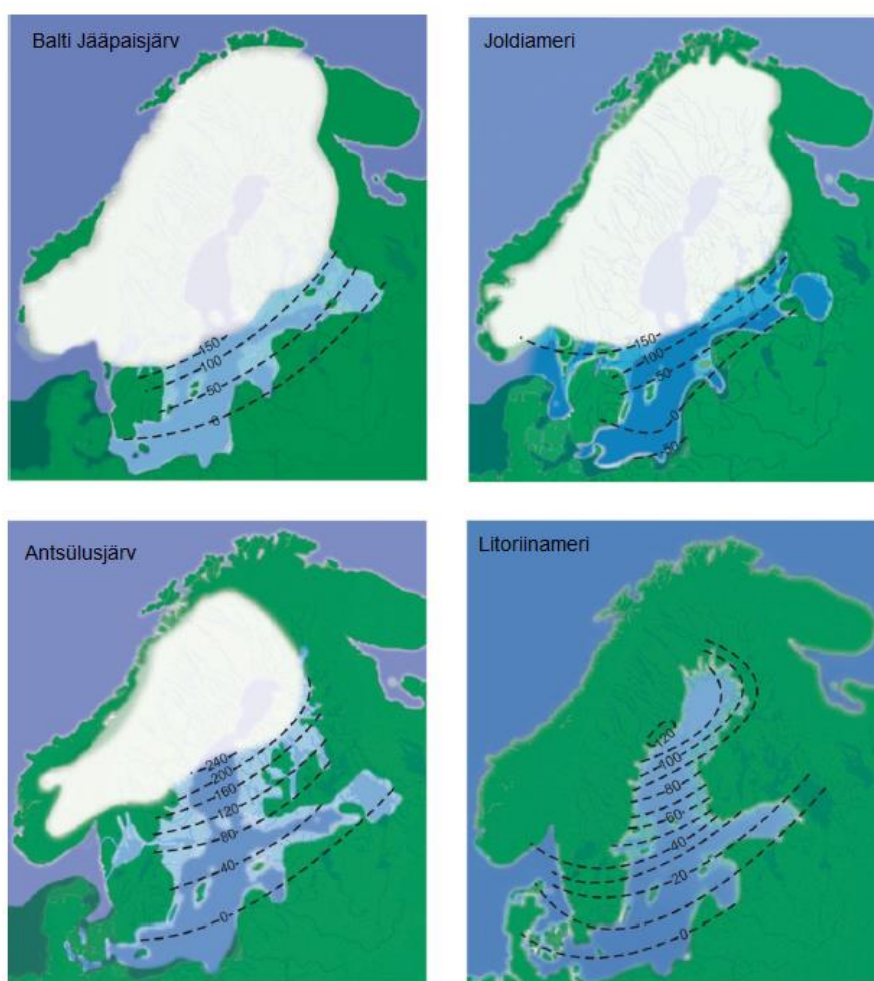
Bakalaureusetöö eesmärk on rakendada LiDAR-kõrgusandmeid paleogeograafiliste rekonstruktsioonide tegemisel ning siduda need arheoloogilise leiumaterjaliga uurimaks kiviaegse asutuse paiknemismustreid. Uuringuala paikneb Lääne-Eestis, Velise ja Teenuse jõgede ümbruskonnas, kus reljeefis on jälgitavad Litoriinamere rannamoodustised. Antud piirkonnas toimunud arheoloogilise leiumaterjali seire (leire) (Sander ja Kriiska, 2015 – 2017) raames leiti rohkelt materjali, millest osa viitab nii kammkeraamika kui ka nöörikeramika kultuurile ning osa on määramata vanusega.

Käesoleva töö tulemusena loodi paleogeograafilised rekonstruktsioonid erinevate ajahetkede kohta, et kirjeldada ala kiviaegse asustuse levikut ning hinnata muutumise mustreid. Modelleerimisel kasutati GIS-põhist metoodikat, kus tänapäevasest reljeefimudelist lahutati erineva vanusega paleoveepinnad ning soode turbapaksused (Rosentau et al., 2011). Uuringuala rannavööndis jälgiti muutuseid alates Litoriinamere maksimumtasemest 7500 a.t (*a.t = aastat tagasi, kalibreeritud süsinikuaastad, mille nullvanuseks 1950 CE*) (Muru et al., 2017). Arheoloogiline materjal grupeeriti sobivasse ajavahemikku vastavalt rannajoone modelleerimise tulemustele.

Antud bakalaureusetöö on esimene uurimus, mis aitab tõlgendada Velise-Teenuse piirkonna arheoloogilise seire leiumaterjali paleogeograafia abil.

1. Läänemere jääajajärgne areng ja muinasaegne inimasustus

Läänemere arengus on jääajajärgsel ajal toimunud olulised muutused, mis on seotud Skandinaavia jääkilbi sulamise, meretaseme kõikumise ning maapinna glatsioisostaatilise kerkimisega. Riimveelise mere arenguetapid on vaheldunud mageveelistega (Andrén et al., 2011). Need muutused on suurel määral mõjutanud inimasustuse paiknemist rannikualadel vastavalt sobivatele keskkonnaoludele (Kriiska ja Lõugas, 2009).



Joonis 1. Hilis- ning pärastjääaegne Läänemere areng. a) Balti Jääpaisjärv 11 700 a.t, b) Joldiameri 11 100 a.t, c) Antsülusjärv 10 500 a.t, d) Litorinameri 7500 a.t. Paleogeograafilised rekonstruktsioonid Andrén et al. (2011), veetaseme isobaasid Eronen et al. (2001). Joonise koostanud Muru (2017).

Läänemere varaseima arenguetapi, Balti Jääpaisjärve algusajaks peetakse 16 000 a.t ning see toimus mandrijää sulavee kogunemise tulemusena jää alt vabanenud Läänemere nõkku (Joonis 1a) (Andrén et al., 2011). Balti Jääpaisjärve ajal tekkinud rannamoodustised asuvad praegu Eestis 30-60 m kõrgusel üle merepinna (ü.m.p) (Joonis 1a). Jää sulamisel sai endistest

liustiku aladest tundra, pakkudes elupaiku Balti Jääpaisjärve ümbruse asustanud põhjapõtradele. Taanduva jääkilbi esistele aladele jõudsid ka paleoliitikumiaegsed inimgrupid, kes olid spetsialiseerunud põhjapõtrade küttimele (Jöns, 2011).

Balti Jääpaisjärvel oli mitmeid etappe, mil veetase tõusis ja langes. 11 700 a.t leidis järv ühenduse ookeaniga Mt Billingeni lähistel. Veetase oli tõusnud maailmamere tasemest 25m kõrgemaks, seejärel toimus 1-2 aasta jooksul äärmiselt kiire langus maailmamere tasemeni. Kirjeldatud katastroofilist sündmust tuntakse ka Billingeni sündmusena (Björck, 1995). Suurte mandriliustike sulamise ja ookeani veetaseme kiire tõusu tingimustes pääses soolane vesi Läänemere nõkku ning algas Joldiamere arenguetapp (Joonis 1b). Antud periood kestis üsna lühikest aega. Läänemere nõo põhjaosas asetses endiselt liustik, kuid toimus selle intensiivne sulamine (Andrén et al., 2011). Tänu kiirele maatõusule vabanes uut maad, mis võimaldas rannikualade eluga kohanenud inimestel liikuda parematele aladele, et saada rohkem saake kalapüügist ja mereloomade (peamiselt hüljeste) küttimele (Jöns, 2011). Joldiamere faasi lõpuks oli enamus liustikust sulanud, olles alles veel vaid Botnia lahe aladel (Andrén et al., 2011).

Maapinna kiire glatsioisostaatilise kerkimise tõttu ei püsinud ühendus merega kaua, mis viis järgmise arenguetapi, Antsülusjärve kujunemiseni umbes 10 700 a.t (Joonis 1c). Antsülusjärve veetase tõusis umbes 500 aasta jooksul ning kõrgeimat veetaset markeerivad praegu Eesti, Rootsi ja Läti aladel reljeefis selgelt jälgitavad rannamoodustised (Andrén et al., 2011). Antsülusjärve transgression jõudis Eesti aladel kõrgusteni 5-45 m-ni ü.m.p 10 200 a.t (Saarse et al., 2003). Asustus paiknes nii Antsülusjärve rannavööndis kui ka siseveekogude kallastel. Kalade arvukus kasvas, lisaks oli võimalik küttime kohalikke loomi. Mesoliitikumi inimesed kasutasid erinevalt põhjapõtrade küttimele spetsialiseerunud paleoliitikumiaegsetest inimestest eluks paljusid erinevaid ressursse, mis neile kättesaadavad olid (Jöns, 2011).

Antsülusjärve arenguetapil on esimesed märgid inimtegevusest Eestis Pulli ja Kunda Lammasmäe asulakohtades. Pulli paiknes Antsülusjärve rannikujoonest kilomeetrite kaugusel, jõe ja metsa lähedal ning seda asustasid 10 800 – 10 200 a.t kiviaegsed küttime ja kalurid (Veski et al., 2005). Kunda Lammasmägi paiknes väikesel saarel, mis asetses kõrgemal Antsülusjärve veetasemest. Asulakoha vanuseks on umbes 10 700 a.t (Sander, 2014).

Antsülusjärve lõpuks peetakse umbes 9800 a.t, mil Taani jõgede ja järvede kaudu tekkis ühendus merega. Antud arenguetappi peetakse varajase Litoriinamere perioodiks, mil Läänemere aladele hakkas vähesel määral pääsema soolane merevesi (Andrén et al., 2011). Perioodi alguses sulas Skandinaavia jääkilp täielikult ning inimesed asustasid kogu Läänemere ümbruse (Zvelebil, 2008).

Umbes 8500 a.t sai alguse järgmine Läänemere arenguetapp, Litoriinameri (Joonis 1d). Meretase tõusis ning Läänemere ala muutus riimveeliseks (Andrén et al., 2011). Ühendus ookeani ja mere vahel aina suurenes ning Litoriinamere soolasus tõusis. Seetõttu kasvas meremajanduse olulisus inimeste hulgas ning asustus levis igale poole Läänemere rannikualadele (Jöns, 2011). Litoriinamere transgression leidis Eesti aladel aset ajavahemikus 8500 – 7500 a.t, seejärel hakkas meretase alanema (Veski et al., 2005). Kuna meri oli muutunud toitainerikkamaks, pakkus see inimestele rohkem toitu ning suurenes rannikualade asustus. Eelistatud asulakohtadeks olid jõgede suudmed ja kaitstud rannikud (laguunid) (Jöns, 2011; Rosentau et al., 2011, 2013).

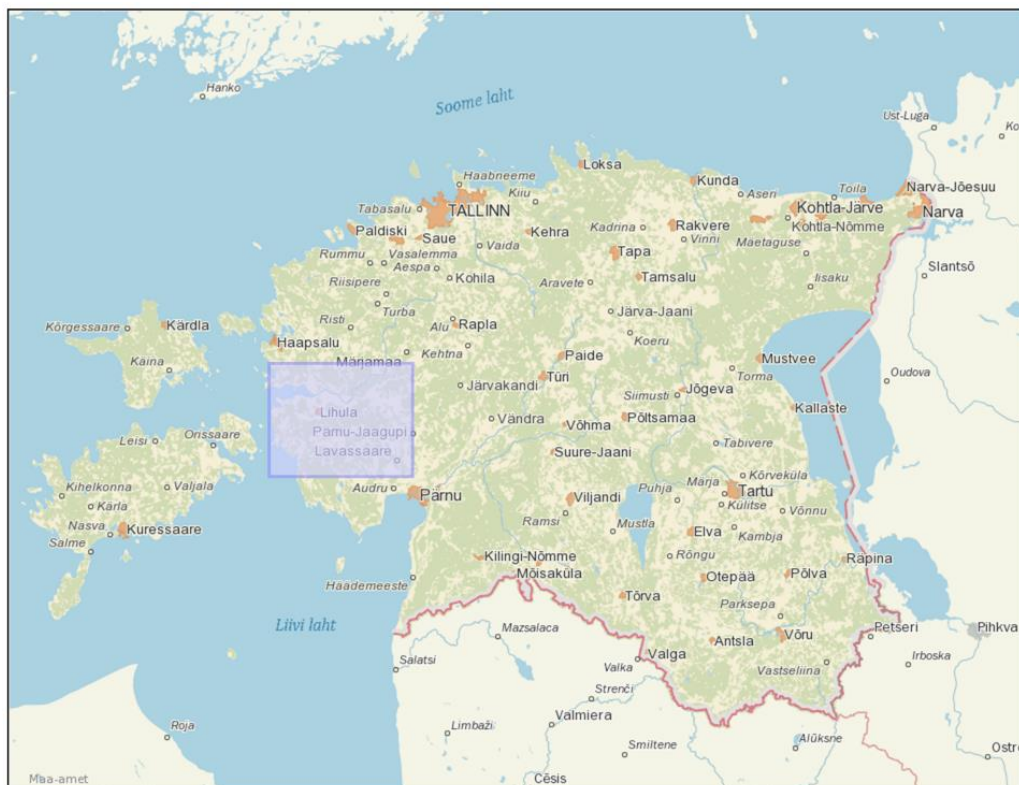
Põllumajandus ja karjakasvatus kui eluviis jõudis Läänemere läänepoolsetele rannikualadele umbes 6000 a.t (Jöns, 2011) ning Eesti aladele oluliselt hiljem, seoses nöörikeramika kultuuri levikuga umbes 4500 a.t (Kriiska, 2001). Asulakohtade paiknemine muutus oluliselt, põllupidajad ja karjakasvatajad rajasid oma asulapaiku aina rohkem rannikust eemale uueks eluviisiks sobivatele maalappidele. Kalastus, küttimine ja korilus jäid siiski oluliseks majanduse osaks. Traditsiooniliste kalastus- ja küttimismeetodite kasutamine jätkus ning rannikualadel viibiti hooajaliselt (Jöns, 2011).

Litoriinamere järgne (Limneamere) ajaperiood algas umbes 4500 a.t, mil kliima jahenes ja meretaseme tõusu kiirus langes. Veevahetus Läänemere ja ookeani vahel aeglustus ning merekeskkond ei olnud enam nii produktiivne ja soolasus vähenes (Grudzinska, 2015). Kuna endiselt toimus liustiku surve järgne maapinna tõus, siis ka Litoriinamere järgsel ajal muutus maastik oluliselt. Eesti aladel oli maapinna tõus Limneamere perioodil ligi 10 – 20 cm sajandi kohta. Rannikualad, mis varasemalt olid seoses põllumajanduse arenguga oma tähtsuse kaotanud, muutusid nüüd taas oluliseks kaubanduse ja kommunikatsiooni jaoks. Läänemere rannikule kujunes muinasaegne sadamate võrgustik, mis oli ühendatud ka sisevetega (Jöns, 2011).

2. Materjal ja meetodika

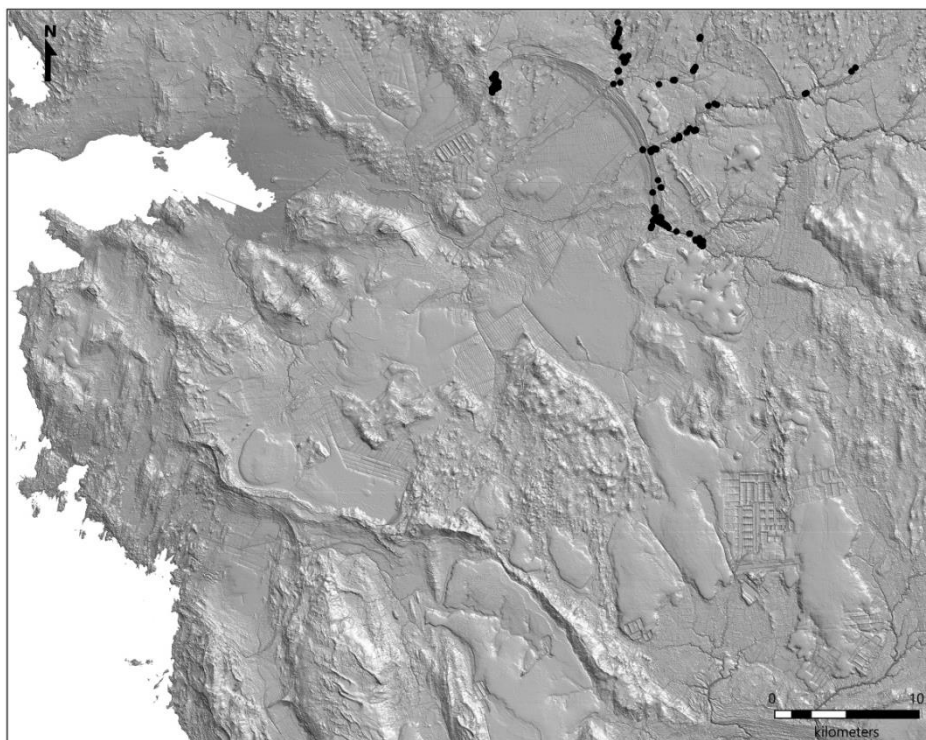
2.1 Uuringuala

Uuringuala asub Lääne-Eestis, Velise ja Teenuse jõgede ümbruskonnas (Joonis 2), kus aastatel 2015 – 2017 toimusid ulatuslikud arheoloogilised leirettööd avastamiseks uusi kiviaegseid asulakohti (Sander ja Kriiska 2015-2017).



Joonis 2. Uuringuala paiknemine. Sinakaslilla tooniga on märgitud uuringuala, taustaks on Maa-ameti kaart.

Joonisel 3 on välja toodud Maa-ameti LiDAR-kõrgusmudeli reljeefivarjutuse pilt kirjeldamiseks uuringuala tänapäevast reljeefi. Uuringualal on jälgitavad erinevad rannamoodustised, mis kirjeldavad paleorannajoone paiknemist Holotseenis. Ala kirdeosas tulevad LiDAR-kõrgusmudelist välja kaks muinaslahte, mis tuginedes varasematele uurimistulemustele (Saarse et al., 2003), vastavad Antsülusjärve ning Litoriinamere rannamoodustiste kõrgustele (Joonis 3).



Joonis 3. Maa-ameti LiDAR-kõrgusmodeli reljefivarjutus uuringuala kohta ning aastatel 2015 - 2017 Velise-Teenuse piirkonnast avastatud kiviaja leiumaterjali paiknemine.

2.2 Paleogeograafilise uurimise meetodika

Paleogeograafiliste rekonstruktsioonide tegemisel kasutati GIS-i põhist meetodikat (Rosentau et al., 2011), kus tänapäevasesest kõrgusmodelist lahutati rasterarvutuse teel maha erineva vanusega paleoveepinnad ning suuremate soode turbalasundite paksused. Kõrgusmodelina kasutati töös Maa-ameti LiDAR-andmestiku maapinnapunktidel põhinevat 5-meetrise lahutusega rasterkõrgusmodelit (Maa-amet 2012).

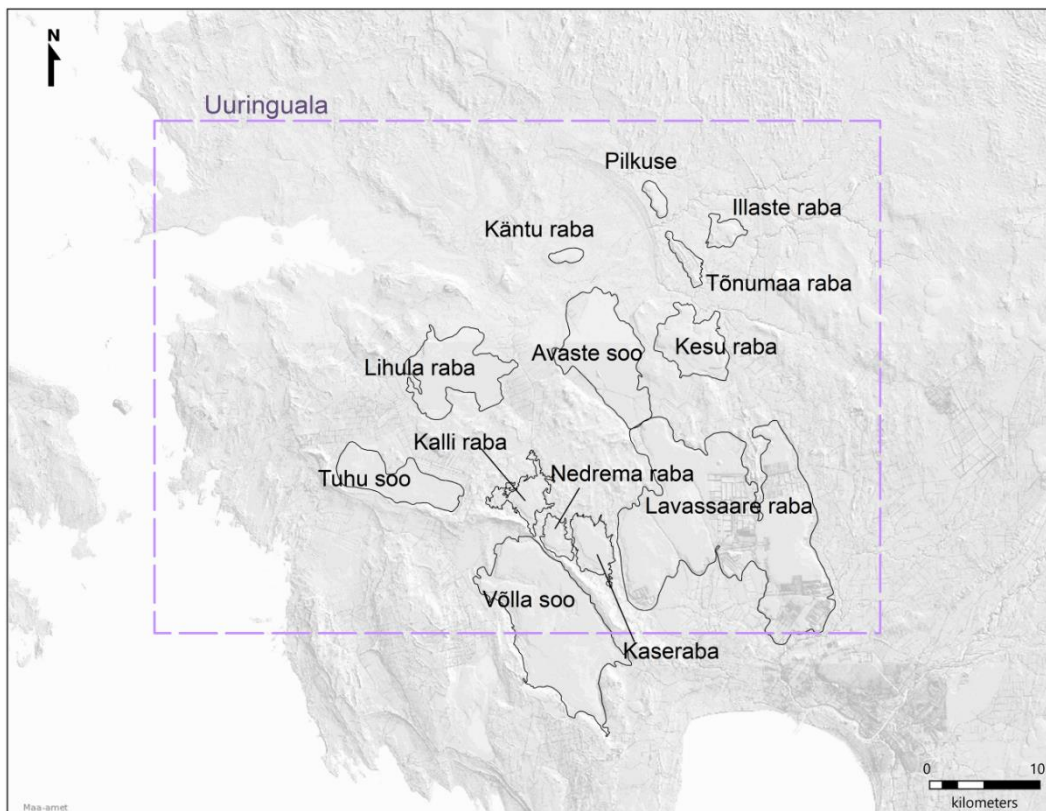
Pärastjääaegse maatõusu tõttu paiknevad paleorannajooned kõrgemal tänapäevasesest tasemest. Kuna maatõus on loode suunas järjest kasvav, siis tuli pärastjääaegse maakerkega arvestamiseks leida vastava paleoveepinna tõusugradient. Gradiendid arvutati Rosentau et al. (2011) poolt kasutatud valemiga (valem 1), milles kindla ajaperioodi i veetasemeväärtus H_{ni} leitakse merepinna igale punktile n :

$$H_{ni} = A_n + \frac{L_n - A_n}{T} T_i + d_i \quad (\text{valem 1})$$

Otsitava meretaseme gradiendi määrab ära vanema teadaoleva ehk referentsmerepinna A ja noorema teadaoleva ehk referentsmerepinna L suhe, mis leitakse nende vahelise aja T,

otsitava meretaseme ajahetke väärtuse T_i ja algstaadiumi A kaudu. Pärast gradiendi leidmist tuleb leitud mere tasapind viia õigele kõrgusele tänapäeva meretaseme suhtes (valemis liidetakse d_i), lähtudes antud veetasemekõverast. Uuringuala veetaseme muutuste kirjeldamiseks kasutati Muru et al. (2017) poolt kirjeldatud veetaseme muutuseid Tallinna piirkonnas. Litoriinamere maksimumi järgne veetaseme langus oli lineaarne ning seetõttu polnud vaja valemis d_i väärtust juurde lisada. Otsitavast ajahetkest noorem referentsveepind tuletati merevaatlusjaamade mõõtmistulemuste (ajavahemikus 1892 – 1991) põhjal Ekmani (1996) poolt koostatud näiva maatõusu andmestikust ning selle vanuseks määrati antud uurimistöös 100 a.t. Vanema referentsveepinnana kasutati Saarse et al. (2003) poolt rannamoodustiste rööbistamisel interpoleeritud Litoriinamere maksimumtaseme veepinda.

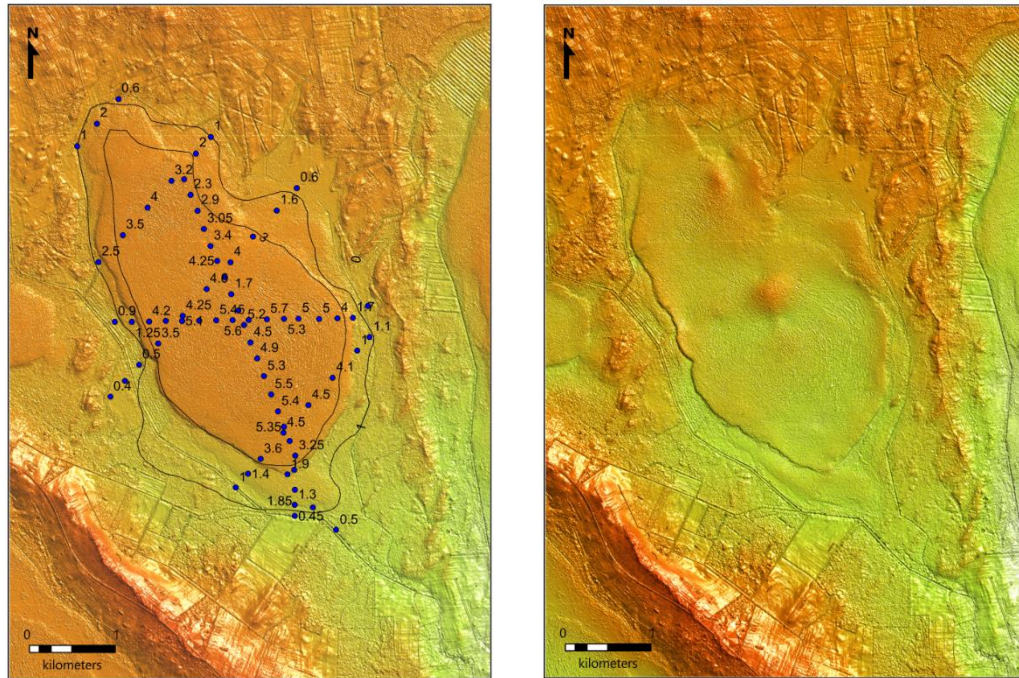
Tõesema paleomaastiku rekonstrueerimiseks tuli esmalt eemaldada tänapäevasest kõrgusmudelist modelleeritavast ajahetkest nooremad settekompleksid, eelkõige turbalasundid, mis moonutavad oluliselt kiviaja paleomaastikku (Muru, 2017). Selleks kasutati Orru (2016 – 2018) turbaalade uurimistulemuste andmebaasi. Tänapäevasest kõrgusmudelist eemaldati uuringualal oleva 12 soo turbalasundite paksused: Avaste soo, Illaste raba, Kalli (Urita) raba, Kaseraba, Kesu raba, Lavassaare raba, Lihula raba, Nedrema raba, Pilkuse raba, Tõnumaa raba, Tuhu soo ja Võlla soo (Joonis 4). Joonisel 5 on kujutatud Pilkuse raba piirkonda pärast turbakihi maha lahutamist. Lihula raba ja Tuhu soo turbapaksuste kohta puudusid andmed turbaalade andmebaasis. Nende turbaalade piirid digitaliseeriti Eesti põhikaardi andmete põhjal ning rastermodeli loomisel kasutati teadaolevat keskmist turbakihi paksust, Lihula raba 5m (Keskkonnaamet, 2016) ja Tuhu soo 3m (Nirgi, 2015).



Joonis 4. Uuringuala ning selle piires asuvad rabad, mille turbalasundi paksused lahutati tänapäevasest kõrgusmudelist. Musta joonega on märgitud rabade servad Orru (2016 – 2018) andmebaasi järgi, Lihula raba ja Tuhu soo Eesti põhikaardi andmetel.

Turbakihi paksuste eemaldamiseks interpoleeriti rastermudel, mis lahutati kõrgusmudelist. Rastermudeli loomine võimaldab vähendada vigu, mis tulenevad andmete vähesusest teatud piirkondades. Interpoleerimiseks kasutati vähima kumeruse meetodit (MapInfo tööriist *Minimum Curvature*), millega oli võimalik luua sujuvad ning turbalasundi paksust hästi kajastavad mudelid. Mudelid loodi lahutusega 10m.

Rastermudeli loomiseks modelleeriti turbaalade puurimisandmetest turbakihi paksuse isojooned. Lavassaare raba oli ainuke piirkond, mille turbakihtide paksuste isojooned olid juba interpoleeritud. Ülejäänud turbaalade modelleerimiseks kasutati turbaalade andmebaasi punktandmeid (puuraugud) ning turbalasundi null-kontuuri piiri. Isojoonte saamiseks loodi vastavalt puuraukude andmetele turbalasundi servast puhverjooned vastavate turbapaksuste kohta. Neid puhverjooni korrigeeriti vastavalt tänapäevase maapinna LiDAR-andmetele, et luua võimalikult tõepärane mudel. Joonisel 5 on toodud näitena Kaseraba interpoleeritud turbapaksustega.



Joonis 5. Turbalasundi lahutamine LiDAR kõrgusmudelist Kaseraba näitel. Turbaalade andmebaasi puuraukude andmete ja raba null-kontuuri piiri ning Maa-ameti LiDAR-kõrgusmudeli abil on koostatud raba turbapaksuste isojooned. A) tänane maapind, b) turba paksused lahutatud.

Loomulikuma tulemuse saamiseks siluti Tõnumaa raba ja osa Lavassaare mudelist 21x21 siluva filtriga (MapInfo tööriist *Smoothing averaging*) 25 korda, et saada võimalikult sujuv tulemus. Filtreeritud pind lisati mudelile nõ peale kleepimise meetodil (MapInfo tööriist *Merge - Stamp*).

Lõpliku paleogeograafilise rekonstruktsiooni loomiseks lahutati eemaldatud turbakihtidega mudelist vastav paleomerepind (MapInfo tööriist *Raster Calculator*). Tulemuseks saadi kõrgusmudel, millele lisati paremaks visualiseerimiseks rannajoon (MapInfo tööriist *Contour - Region*).

2.3 Arheoloogiliste andmete sidumine paleogeograafiliste rekonstruktsioonidega

Paleogeograafiliste rekonstruktsioonide koostamisel lähtuti arheoloogilise leire tulemustest. Osade andmete puhul oli teada nende arheoloogiline periood. Uuringualalt leiti nii kammkeraamika savinõukilde kui ka rohkelt Karboni tulekivi, mis viitavad rannasidusale kammkeraamika kultuurile (Sander, 2014), mille vanuseks on Eesti alal hinnatud ligi 6000 – 5000 a.t (Rosentau et al., 2013). Seetõttu koostati rekonstruktsioonid kammkeraamika kultuuri alguse (6000 a.t), keskpaiga (5500 a.t) ja lõpu (5000 a.t) kohta. Paleogeograafiliste rekonstruktsioonidega uuriti, millisesse ajavahemikku võiks kammkeraamiline leiumaterjal

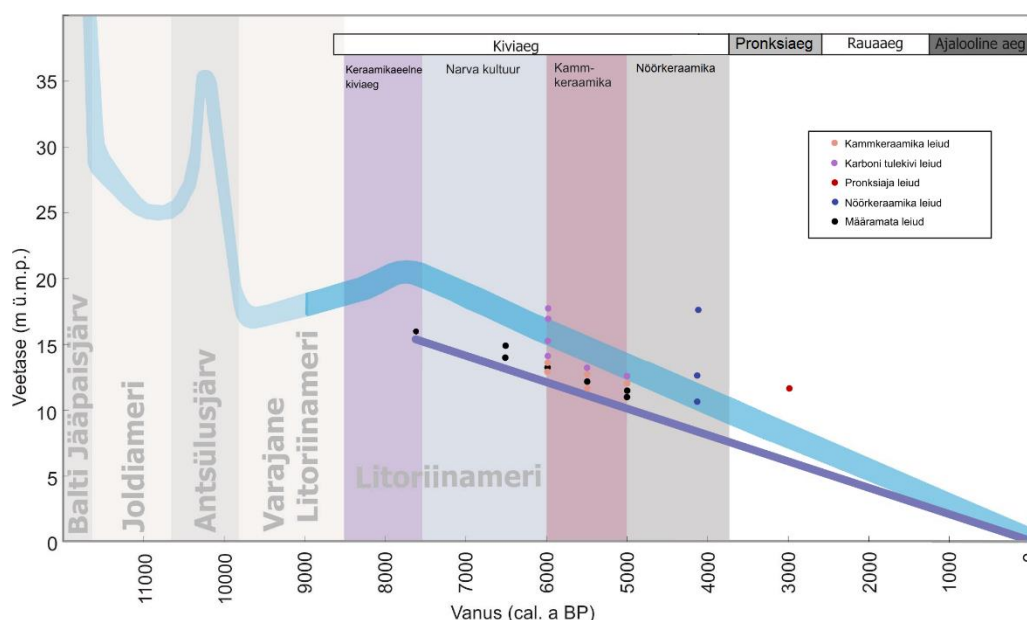
kõige paremini sobituda. Samuti on uuringualt teada nöörikeramika kultuurile viitavad savinõukillud, mille tõttu koostati rekonstruktsioon ka nöörikeramika kultuuri keskpaiga (4200 a.t) kohta. Antud perioodi asulapaikade kohta on teada, et need võisid paikneda ka rannavööndist kaugemal, põllupidamiseks ja karjakasvatamiseks sobivates piirkondades. Seetõttu ei teostatud siin, erinevalt kammkeramika asulakohtadest, rannajoone ja asulakoha sobivuse analüüsi. Arheoloogiliste leiretööde käigus avastati ka üks pronksiajast pärinev leid, mistõttu koostati ka üks pronksiajale vastav (3000 a.t) paleogeograafiline rekonstruktsioon.

Leidude puhul, mis ei viidanud konkreetsele arheoloogilisele ajaperioodile, uuriti rannajoone ja asulakoha võimalikku sobivust rannasidusal ajaperioodil Litoriinamere maksimumist kuni kammkeramika perioodi lõpuni 5000 a.t.

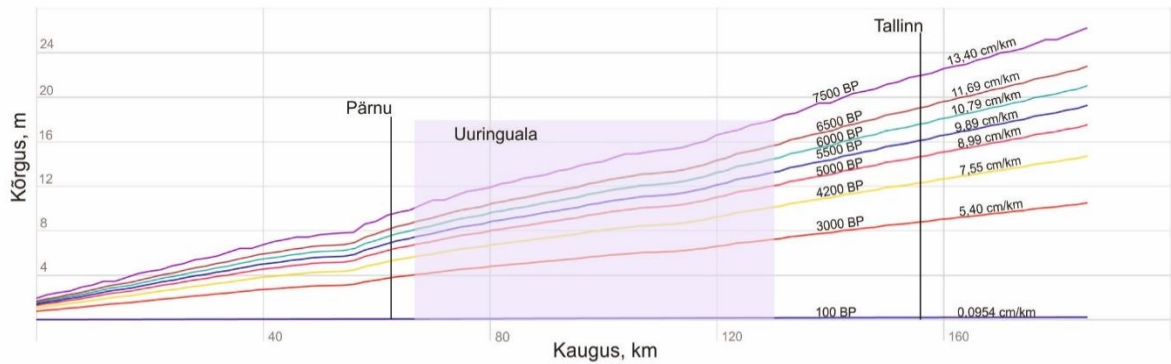
3. Tulemused ja arutelu

3.1 Meretaseme muutused, jääajajärgne maatõus ja rannavööndi muutused Velise-Teenuse piirkonnas

Litoriinamere kõrgeim rannajoon, vanusega ligi 7500 a.t (Muru et al., 2017), paikneb Velise-Teenuse piirkonnas kõrgusvahemikus 12 - 18 m ü.m.p, keskosas 16 m ü.m.p (Joonis 6) ning on uuringuala piires hästi jälgitav LiDAR kõrgusmudelil. Kiviaja perioodil alanes Litoriinamere tase uuringualal ligi 9 m (16 m-lt 7 m-ni; Joonis 7) ning maatõusu gradient vähenes 13 cm/km kuni 7 cm/km (Joonis 7). Neid meretaseme muutuseid arvesse võttes koostati koos paleogeograafilist rekonstruktsiooni võrdlemaks kiviaja leiumaterjali paiknemist muinasrannavöönditega, mis on esitatud joonistel 8-13. Rekonstruktsioonid koostati järgmiste aegade kohta: Litoriinamere maksimumveetase 7500 a.t, Narva kultuuri keskpunkt 6500 a.t, kammkeraamika kultuuri algus 6000 a.t, kammkeraamika kultuuri keskpunkt 5500 a.t, kammkeraamika kultuuri lõpp 5000 a.t, nõorkeraamika kultuuri keskpunkt 4200 a.t. Lisaks koostati paleogeograafiline mudel pronksiaja kohta (3000 a.t), mil veetase uuringuala keskosal oli 6 m ü.m.p ning maatõusu gradient 5 cm/km (Joonis 14).

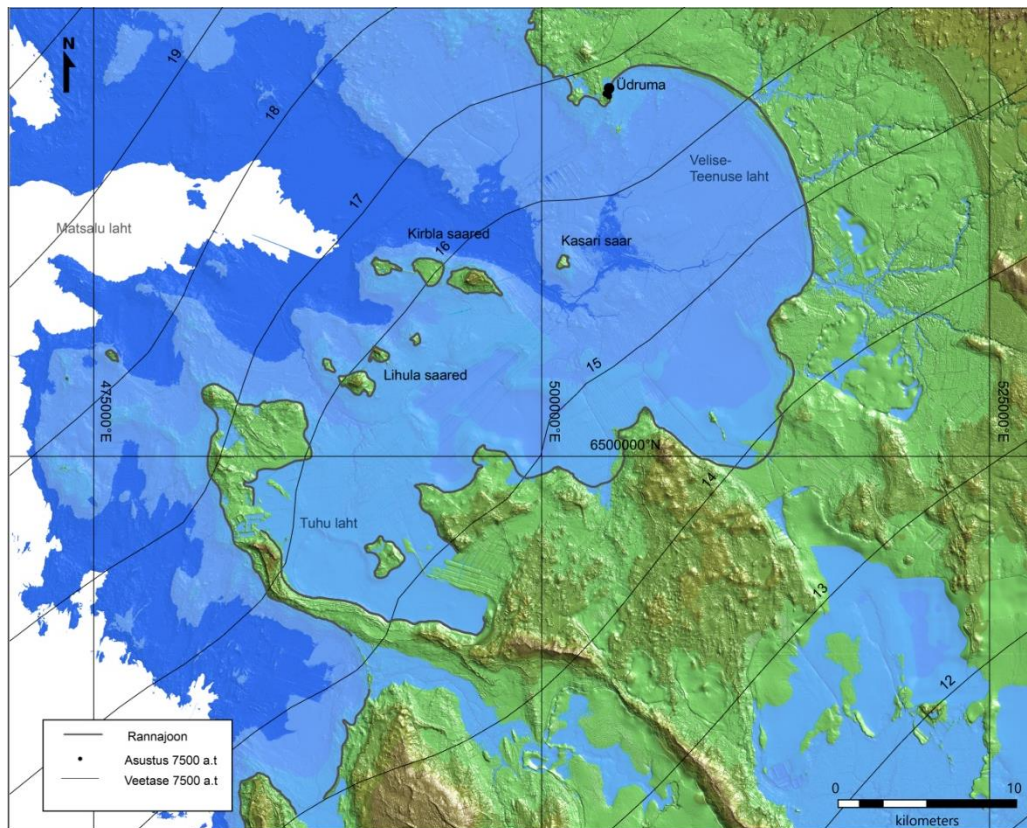


Joonis 6. Veetaseme kõver. Tallinna veetaseme muutused (Muru et al., 2017) on joonisel märgitud helesinise kõveraga. Tumesinisega on märgitud Velise-Teenuse piirkonna veetaseme kõver. Lähtepunktiks on valitud Litoriinamere maksimumi ajal uuringuala keskosas eksisteerinud veetase, 16m üle tänapäevase merepinna. Litoriinamere maksimumi veetaseme kirjeldamiseks on kasutatud Saarse et al. (2003) loodud veepinda. Lisaks on joonisele märgitud Velise-Teenuse piirkonna arheoloogiliste leidude kõrgusvahemikud. Leidud on grupeeritud vastavalt sarnasele kõrgusvahemikule ning jaotatud modelleerimise tulemusel erinevatele ajajärgudele.

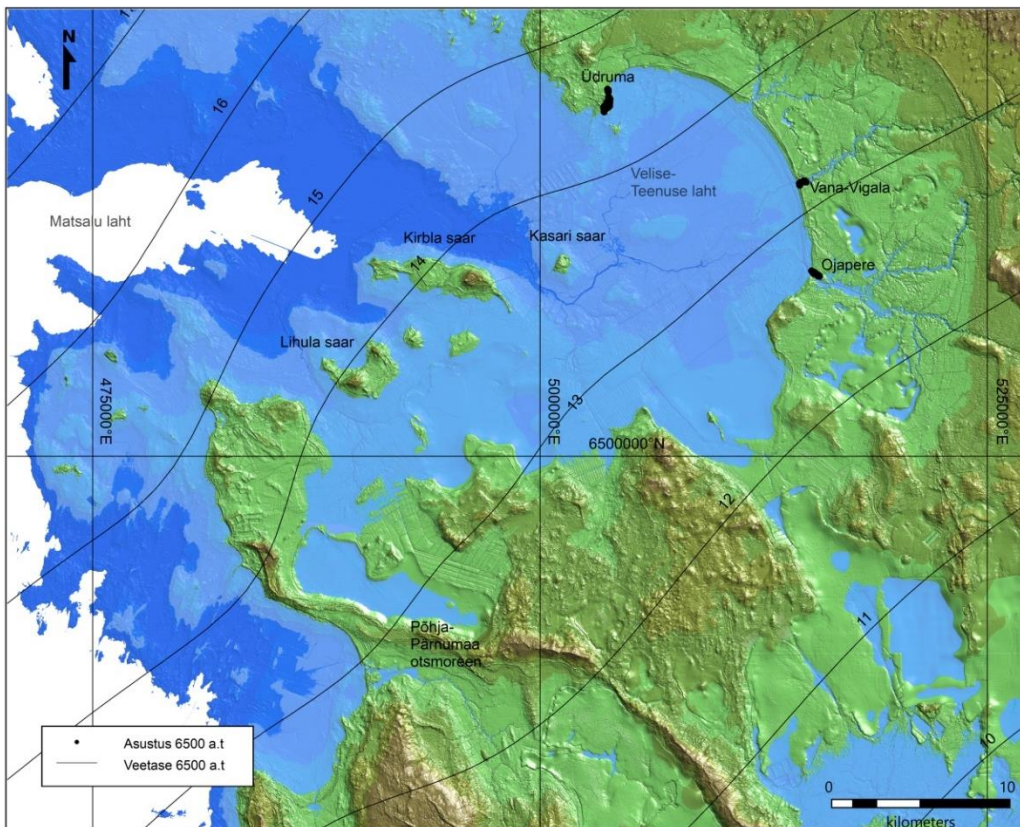


Joonis 7. Läänemere veepindade tõususpekter. Veepindade koostamisel on aluseks võetud Litoriaamere kõrgeima taseme veepind vanusega 7500 a.t (Saarse et al., 2003) ja merevaatlusjaamade mõõtmistulemuste alusel (ajavahemik 1892-1991; Ekman, 1996) koostatud meretaseme muutuste (näiva maatõusu) andmestiku alusel interpoleeritud veepind. Nende kahe referentstaseme abil interpoleeriti maatoosu kiirused järgmiste ajahetkede kohta: 6500 a.t, 6000 a.t, 5500 a.t, 5000 a.t, 4200 a.t ja 3000 a.t. Joonisel on märgitud ka uuringuala.

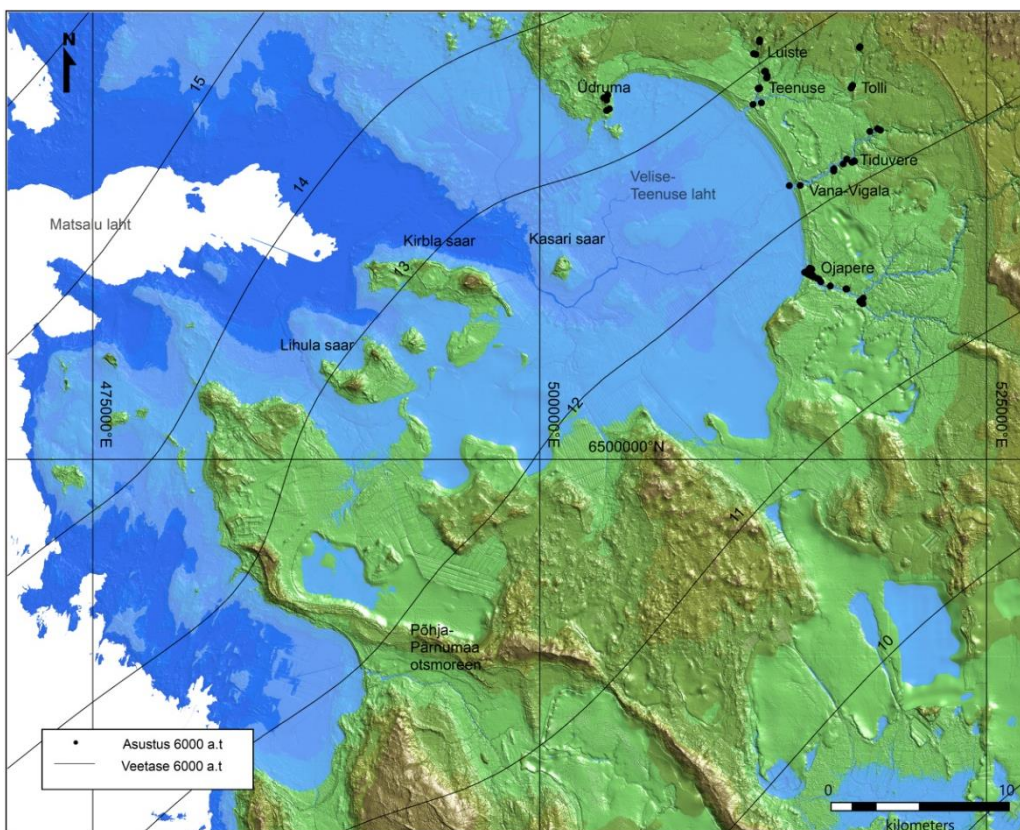
Paleogeograafiliste rekonstruktsioonide koostamisel oli väga oluline uuringuala soode turbalasundite lahutamine kõrgusmudelist, mis võimaldas ära hoida kiviaja paleomaastiku moonutusi. Antud andmete põhjal teostatud soode turbapaksuste modelleerimine ja nende lahutamine kõrgusmudelist võimaldas küllaltki hästi kirjeldada paleomaastikku. Tuhu soo, mille andmete tihedus oli võrreldes ülejäänutega väiksem, on kõrgusmudelisse natuke liiga teravalt sisse lõigatud.



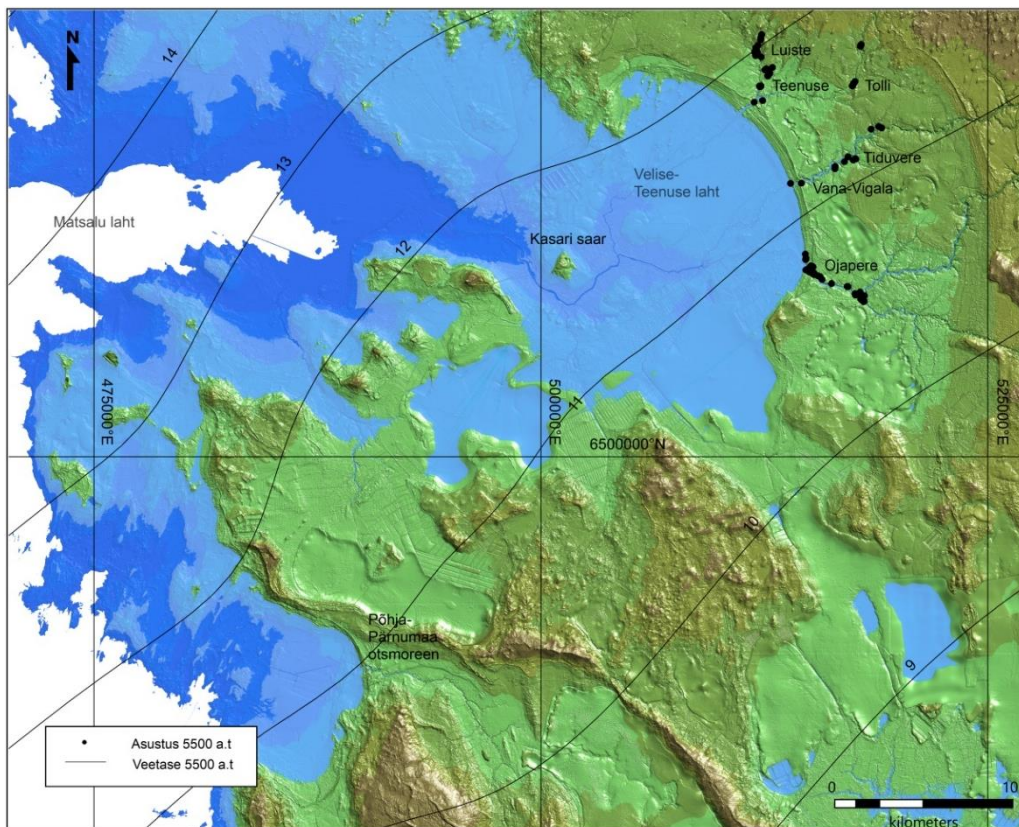
Joonis 8. Paleogeograafiline rekonstruktsioon 7500 a.t. Veetaseme isojooned kujutavad võrdlust tänapäevase tasemega (m ü.m.p)



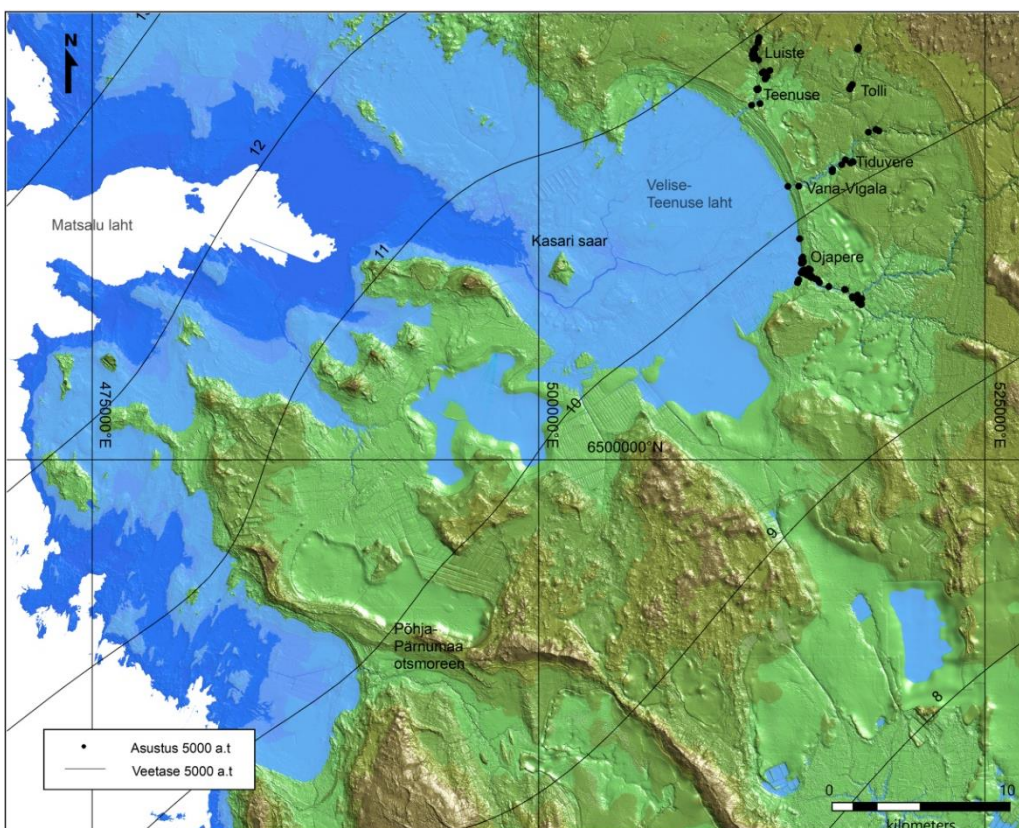
Joonis 9. Paleogeograafiline rekonstruktsioon 6500 a.t. Veetaseme isojooned kujutavad võrdlust tänapäevase tasemega (m ü.m.p)



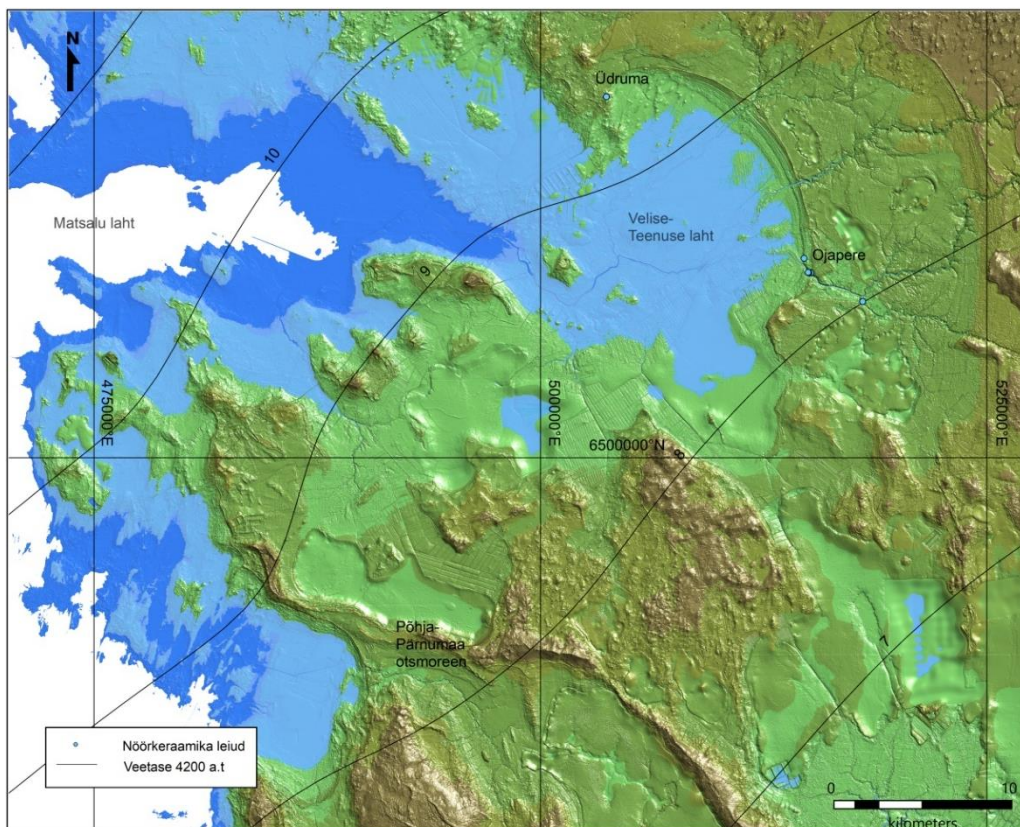
Joonis 10. Paleogeograafiline rekonstruktsioon 6000 a.t. Veetaseme isojooned kujutavad võrdlust tänapäevase tasemega (m ü.m.p)



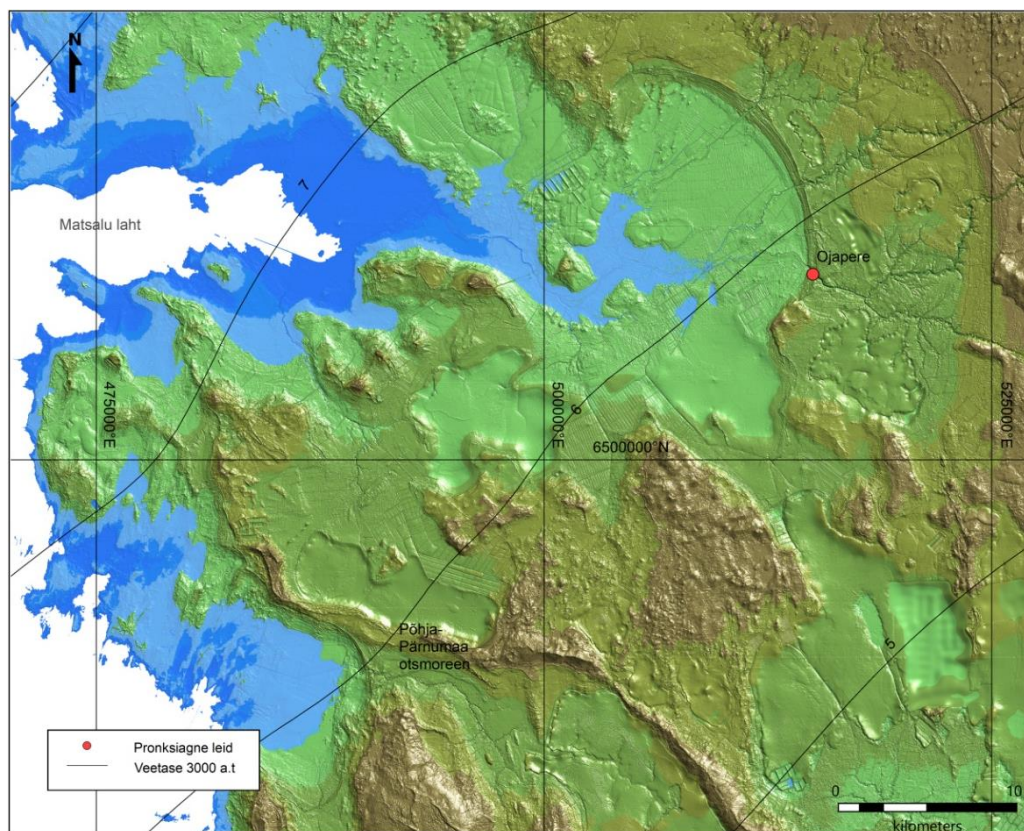
Joonis 11. Paleogeograafiline rekonstruktsioon 5500 a.t. Veetaseme isojooned kujutavad võrdlust tänapäevase tasemega (m ü.m.p)



Joonis 12. Paleogeograafiline rekonstruktsioon 5000 a.t. Veetaseme isojooned kujutavad võrdlust tänapäevase tasemega (m ü.m.p)



Joonis 13. Paleogeograafiline rekonstruktsioon 4200 a.t. Veetaseme isojooned kujutavad võrdlust tänapäevase tasemega (m ü.m.p)



Joonis 14. Paleogeograafiline rekonstruktsioon 3000 a.t. Veetaseme isojooned kujutavad võrdlust tänapäevase tasemega (m ü.m.p)

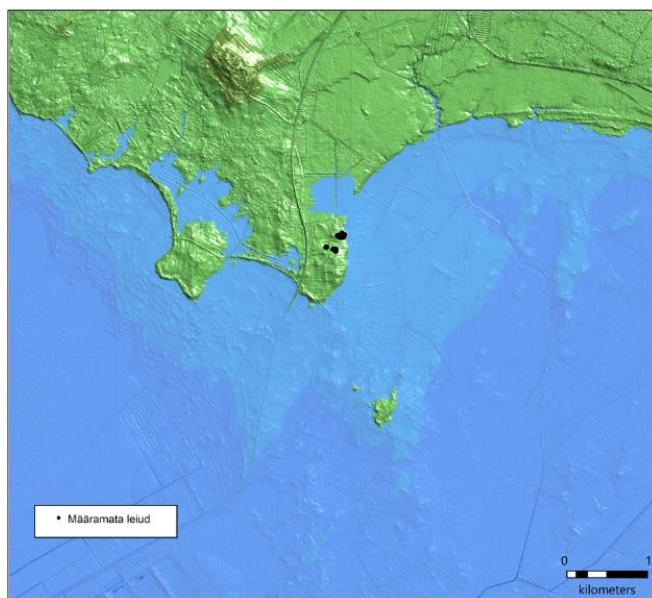
3.2 Litoriinamere rannavööndi muutused 7500 – 6000 aastat tagasi ja võimalikud Narva kultuuri leiukohad

Litoriinamere kõrgeima veetaseme ajal ligi 7500 a.t (Joonis 8) kujunes Velise-Teenuse piirkonnas ulatuslik väikesaartega muinaslaht, edaspidi Velise-Teenuse laht. Saartest suuremad on praeguse Lihula piirkonna saared, Kirbla saar ja Kasari saar ning lisaks eksisteerisid mitmed väiksemad laiud. Modelleerimise tulemused näitavad, et praeguse Tuhu raba aladele, Põhja-Pärnumaa liustiku servamoodustistest põhja poole, kujunes Litoriinamere transgressiooni tulemusena Tuhu laht (Joonis 8). Seda kinnitavad ka sondeerimistulemused Tuhu soost, kus ligi 4 m turbakihi all lamab arvatavasti Litoriinamere-aegne jüttja kiht, mille all omakorda on transgressioonieelne õhuke keskmiselt 6 cm paksune turbalasund (Nirgi, 2015).

Litoriinamere maksimumi aegse reljeefi modelleerimiseks kasutatud Saarse et al. (2003) veetasemete andmed sobisid muinassaartel ning uuringuala edela ja kaguosas hästi kokku LiDAR kõrgusmudelil nähtavate murrutusastangutega. Velise-Teenuse lahe kirdeosas muutus aga andmete interpreteerimine problemaatilisemaks, kuna mudeli järgi oleks ranniku madalik olnud üleujutatud. Lahe reljeefi jälgides võib aga eeldada, et Litoriinamere maksimumtase ulatus kuni kuhjeliste rannavormideni. Seetõttu muudeti paleomaastiku visuaalseerimisel lahe kirdeosa 1,7 m võrra kõrgemaks kui algne mudel. Antud probleem vajab edaspidist uurimist.

Huvitavaks paleogeograafia küsimuseks on Lavassaare raba ja Avaste sood ühendavas piirkonnas eksisteerinud väin. Võimalikku väina olemasolule viitas asjaolu, et antud ala on tänapäeval kaetud noorema turbakihi, seega võis piirkond kunagi olla piisavalt madal veeühenduse tekkimiseks. Modelleerimise tulemusena selgus, et väina olemasolu Litoriinamere ajal ei olnud tõenäoline, kuna piirkond asus siis ca 1 meetri võrra merepinnast kõrgemal. Võib eeldada, et suurvee ajal oli antud ala üleujutatud, kuid aastaringne veeühendus ei eksisteerinud. Lavassaare-Avaste piirkonnas eksisteeris väin aga varasemal ajal, millele viitavad selged murrutusastangud kõrgustel ligi 20 m ü.m.p, pärinedes seega Antsülusjärve perioodist (Saarse et al., 2013).

Modelleerimise tulemused näitavad, et Litoriinamere maksimumtaseme ajal võis Velise-Teenuse muinaslahe läänekaldal eksisteerida Üdruma asulakoht, mille leiumaterjal koosneb bipolaarses tehnikas töödeldud kvartsikildudest (Joonis 15).



Joonis 15. Üdruma asulakohad ja modelleeritud Litoriinamere rannajoon ligi 7500 a.t

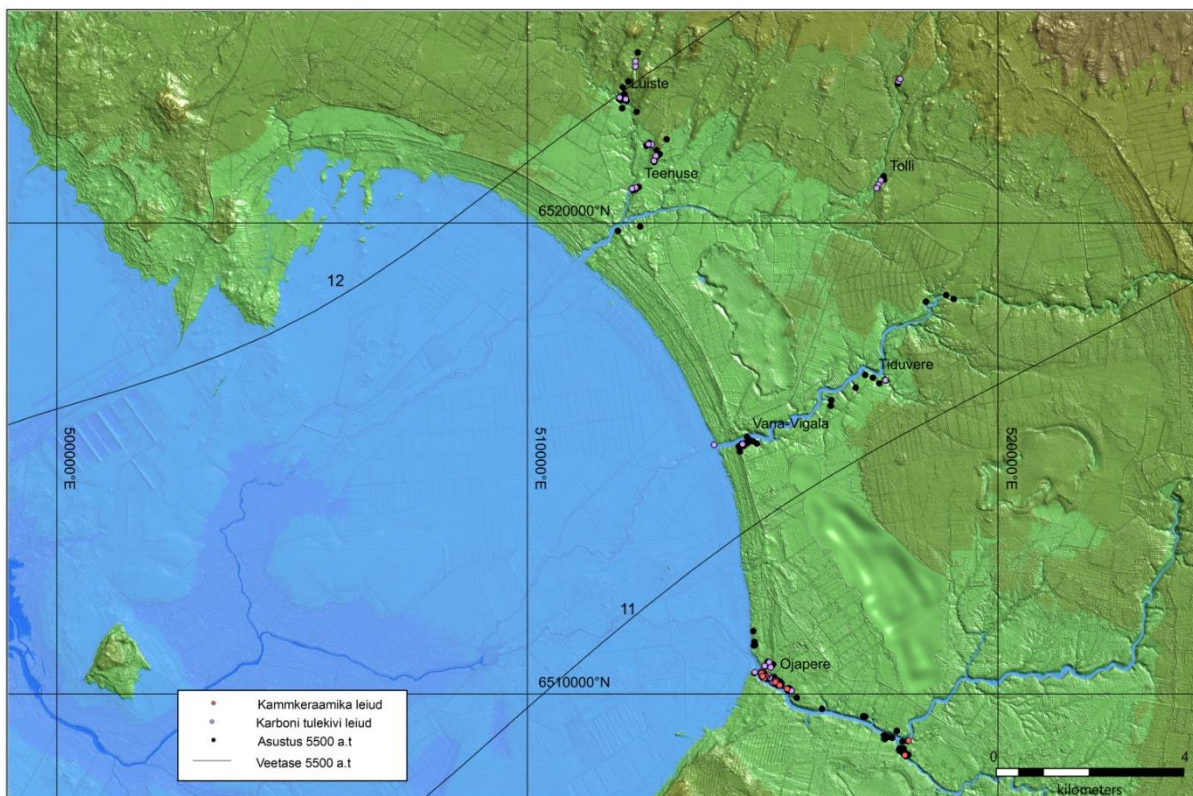
Litoriinamere kõrgete veetasemete perioodil 7500-6000 aastat tagasi olid toonased rannavööndid Eesti alal asustatud Narva kultuuri inimeste poolt. Kuigi üheselt Narva kultuurile viitavaid leide ei ole piirkonnast teada, näitavad rannavööndi modelleerimise tulemused, et ligi 6500 – 6000 a.t võisid uuringualal eksisteerida ka mõned Narva kultuuri asulakohad, kust on leitud bipolaarses tehnikas töödeldud kvartsikilde. Velise jõe suudme läheduses võis paikneda Ojapere asulakoht, Vigala jõesuudme läheduses Vana-Vigala asulakoht ning Velise-Teenuse lahe läänepoolses osas poolsaare tipus Üdruma asulakoht (Joonis 9).

3.3 Litoriinameri 6000-5000 aastat tagasi ja võimalikud kammkeraamika leiukohad

Kammkeraamika perioodiks oli Tuha laht maismaastunud ning mõnevõrra vähenenud Velise-Teenuse lahe pindala (Joonis 10). Lihula ja Kirbla saared olid ühinenud maismaaga ning tekkinud suurem Lihula poolsaar. Umbkaudu siis võis hakata tekkima ka praegune Lihula raba (Joonis 11).

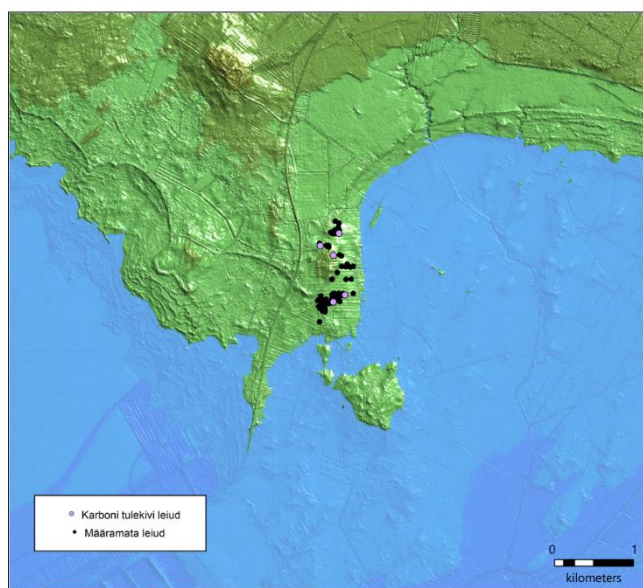
Kammkeraamika perioodil paiknes Velise-Teenuse muinaslahe kaldal mitmeid asulakohti, millest osad olid seotud Velise, Kasari ja Vigala toonaste jõesuudmetega, jõgede alamjooksudega ning muinaslahe rannavööndiga (Joonis 16). Kõikidest neist asulakohtadest on leitud kammkeraamika kultuurile viitavat Karboni tulekivi (Sander, 2014). Ojapere asulakoht paiknes Velise jõe suudme lähedal ning sealt on leitud rohkelt kammkeraamika savinõukilde. Vigala jõe suudme lähistel paiknes Vana-Vigala asulakoht ning jõe alamjooksuga oli seotud

Tiduvere asulakoht. Tolli, Teenuse ja Luiste asulakohad olid seotud Kasari jõe alamjooksuga ning Üdruma asulakoht paiknes lahe läänepoolses osas rannavööndis.



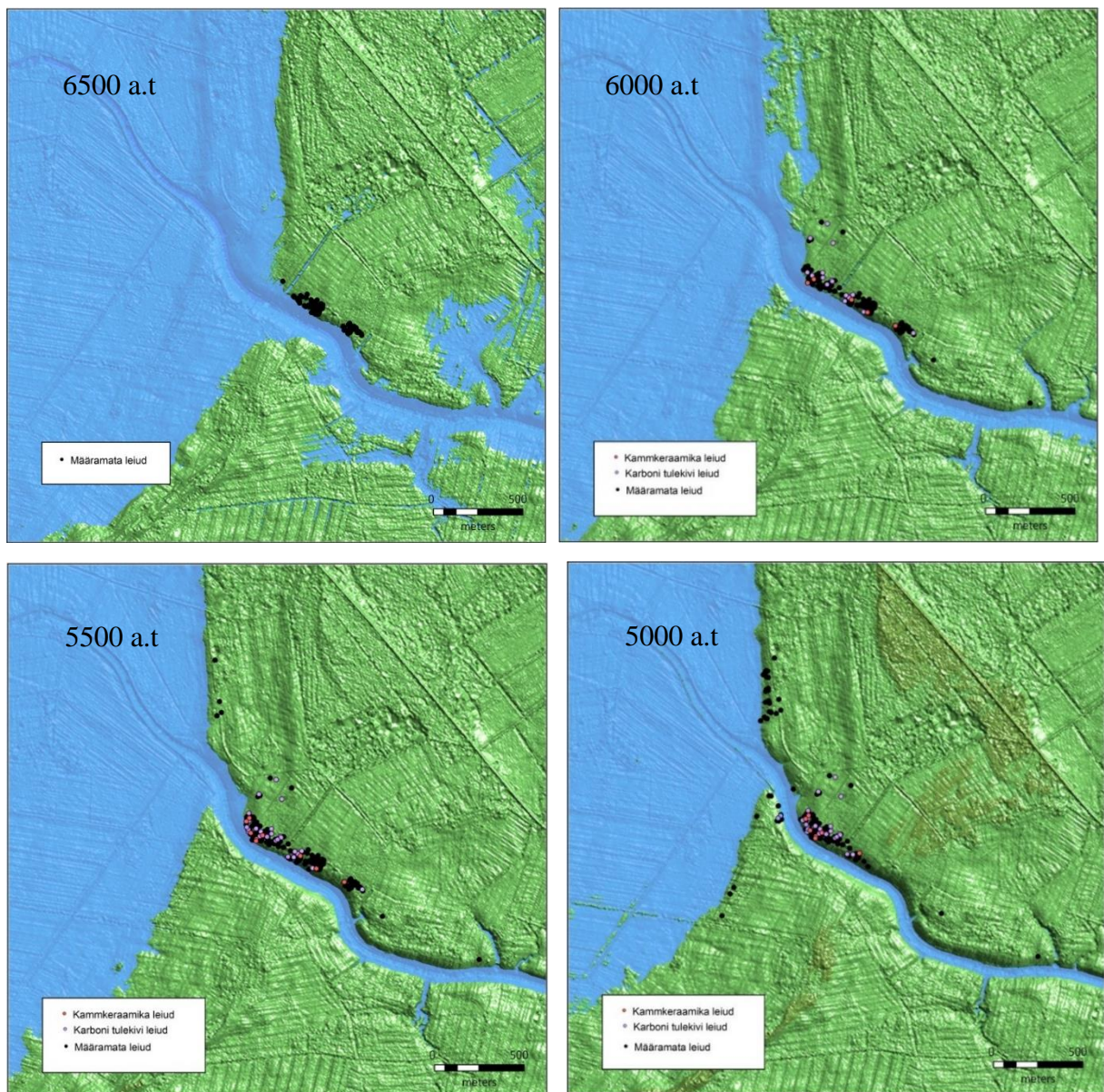
Joonis 16. Kammkeraamika kultuuri aegsed asulakohad 5500 a.t.

Modelleerimise tulemused näitavad, et Üdruma Karboni tulekivi sisaldavad leiukohad sobituvad kõige paremini Litorinamere rekonstruktsiooniga 6000 a.t, paigutades asulakoha kammkeraamika varasemasse ajajärku (Joonis 17). Kammkeraamika lõpuperioodiks oli rannajoon Üdruma asulakoha juurest taandunud juba 1,5 km kaugusele ning ei olnud arvatavasti enam sobilik Üdruma küttidele-kaluritele-korilastele.



Joonis 17. Üdruma asulakoht 6000 a.t kammkeraamika kultuuri leviku alguses.

Kõige rohkemate kiviaja leidudega on esindatud Ojapere asulakoht. Asustus paiknes nii rannikul, vahetult jõesuudmes kui ka jõe alamjooksuosas kuni 800m ülesvoolu (Joonis 17). Asustuse nihked võivad siin olla seotud meretaseme languse ja sellest tuleneva rannajoone taandumisega. Ojapere asulakoha leiud on seega võimalik grupeerida vastavalt ajaetapile. 6000 a.t püsis asustus jõesuu juures, kuid hiljem 5500 a.t on asustus liikunud laiali juba rohkem rannikualale. 5000 a.t on selgelt näha levikut rannikul mõlemal pool jõesuud. Paleorekonstruktsioonid ei välista ka varasema e Narva kultuuri levikut jõe paremkaldal ligi 6500 a.t.



Joonis 17. Ojapere asulakoha sõltuvus rannajoone taandumisest. Arheoloogilised punktid on jaotatud ajavahemikele vastavalt mudeli sobivusele. Punasega märgitud kammkeraamika leiud, lillaga Karboni tulekivi leiud ja must värv viitab määramata ajastu arheoloogilisele leiule.

3.4 Limneameri 4200 aastat tagasi ja võimalikud nöörikeramika leiukohad

Umbes 4200 a.t, kui Litoriinamerest oli saanud tänapäevasele Läänemerele sarnane Limneameri, levis uuringualal nöörikeramika kultuur. Lihula poolsaar on oluliselt laiemaks muutunud ja maatõusu tõttu oli juurde tekkinud palju väiksemaid saari. Varasemad uurimistööd (nt Muru et al., 2018) näitavad, et neoliitikumiaegsed inimesed hakkasid eelistama seoses põllupidamise ja karjakasvatuse algusega mitte rannasidusaid elupaiku. Nöörikeramika leide on uuringualal avastatud nii Ojapere kui ka Üdruma asulakohtadest (Joonis 12). Modelleerimise tulemused näitavad, et Üdruma asulakoht asub rannikust ligi 2.5 km kaugusel. Ojapere üks leiukoht paikneb aga jõe suudmest ca 500 m kaugusel ning kaks ligi 1.5 km ülesvoolu.

3.5 Limneameri 3000 aastat tagasi ja pronksiaegsed leiukohad

Rannajoone taandumine jätkus ka pärast kiviaja lõppu (Joonis 13). Pronksiaja keskpaigaks, 3000 a.t on suur osa varasemalt eraldi olnud saari liitunud maismaaga. Paleogeograafiline situatsioon on juba palju sarnasem tänapäevase olukorraga. Suurimaks erinevuseks on tänapäevase Matsalu lahe suurem ala ja kõrgem rannajoon Virtsu kandis. Pronksiaegseid esemeid avastati leire käigus vaid Ojaperest, mis paiknes sel ajal jõe kaldal ligi 7 km kaugusel rannajoonest.

Kokkuvõte ja järeldused

Läänemere rannikul elanud mesoliitikumi-neoliitikumi inimesed pidid kohanema meretaseme muutustega ning leidma endale parimate keskkonnatingimustega elukohad. Käesolevas töös uuriti GIS-põhise meetodika ning arheoloogiliste andmete ühildamisel paleorannajoone ja muinasaegse asustuse paiknemist Velise-Teenuse piirkonnas. Kasutades Maa-ameti LiDAR-kõrgusandmeid ning soode turbapaksuste andmeid, koostati paleogeograafilised rekonstruktsioonid erinevate ajajärgude kohta: Litoriinamere maksimumveetase 7500 a.t, Narva kultuuri keskpaik 6500 a.t, kammkeraamika kultuuri algus 6000 a.t, kammkeraamika kultuuri keskpaik 5500 a.t, kammkeraamika kultuuri lõpp 5000 a.t, nöörikeramika kultuuri keskpaik 4200 a.t ja pronksiaja keskpaik 3000 a.t. Uurimistöö käigus omandati praktilised oskused töötamiseks rastermudelitega ning õpiti kasutama peamiseid MapInfo analüüsimeetodeid, sh rastermudeli interpoleerimine, rasterarvutuste tegemine ning filtrite kasutamine.

Paleogeograafiliste rekonstruktsioonide koostamisel osutus väga vajalikuks uuringuala suuremate soode turbalasundite lahutamine kõrgusmudelist, kuna see võimaldas ära hoida kiviaja paleomaastiku moonutusi. Töös eemaldati uuringualalt 12 erineva soo turbalasundid, mille mudelid loodi interpoleerides puuraukude andmetest turbakihtide paksuste isojooned.

Uuringuala rannavööndi muutuste modelleerimise tulemusel saadi teada, et Litoriinamere maksimumi ajal ligi 7500 a.t eksisteeris Velise-Teenuse piirkonnas muinaslaht veetaseme kõrgusega 12 – 18 m üle tänapäevase meretaseme. Litoriinamere maksimumi ajal oli maatõusu gradient uuringualal 13 cm/km vähenedes kiviaja lõpuks 7 cm/km. Meretase alanes sellel perioodil kokku ligi 9m. Kuigi üheselt Narva kultuurile viitavaid leide ei ole uuringualalt teada, näitavad rannavööndi modelleerimise tulemused, et Litoriinamere maksimumile järgneva 1500 aasta jooksul võis üks osa kvartsikilde sisaldavast leiumaterjalist Velise ja Vigala muinasjõgede suudmetes ning Üdrumal olla seotud rannasidusa Narva kultuuri asulakohtadega.

Karboni tulekivi ja kammkeraamika savinõukildude leidude ning paleorekonstruktsioonide põhjal võib järeldada, et kammkeraamika perioodil paiknesid Velise-Teenuse muinaslahe rannikualadel erinevad asulakohad. Velise jõe suudmega oli seotud Ojapere, Vigala jõe suudmega Vana-Vigala ning jõe alamjooksuga Tiduvere asulakoht. Kasari jõe alamjooksuga olid seotud Tolli, Teenuse ja Luiste ning rannavööndiga Üdruma asulakohad. Ojapere asustus võis seoses Litoriinamere regressiooni ja taanduva rannajoonega kaasa liikuda. Asulakoha leide on sellisel juhul võimalik grupeerida etapiliselt vastavalt rannajoone taandumisele. Kammkeraamika algusajal, 6000 a.t püsis asustus jõesuu juures, kuid hiljem 5500 a.t liikus

asustus juba laiali rohkem rannikualale kuni 5000 a.t on juba selgelt näha asustuse levikut rannikul mõlemal pool jõesuud. Paleorekonstruktsioonid ei välista ka varasema e Narva kultuuri levikut Ojapere asulakohas jõe paremkaldal ligi 6500 a.t.

Nöörkeraamika perioodil paiknesid Velise-Teenuse piirkonnas Üdruma ja Ojapere asulakohad. Kuigi sellel ajajärgul liiguti elupaikadega sisemaale, et tegeleda põlluharimise ja karjakasvatusega, paikneb üks Ojapere asulakohtadest ka jõe suudme lähedal.

Kasutatud meetoodika abil õnnestus täpsustada uuringuala kammkeraamika ja nöörkeraamika asulakohtade paleogeograafiat ning hinnata vanusemääranguteta võimalike rannasidusate asulakohtade ligikaudset vanust. Loodud paleogeograafilised rekonstruktsioonid aitavad kaasa Läänemere idaosa kiviaegse asustumustri kirjeldamisele seoses rannajoone muutumisega.

Coastal changes during the Litorina Sea in Velise-Teenuse area and connections with Stone Age settlement

Prehistoric human populations in the Baltic Sea region had to adapt to water level changes and find settlements with best environmental conditions. In this thesis, GIS-based modelling was connected with Stone Age archeological finds to describe Stone Age settlement in Velise-Teenuse area. Using LiDAR and peat thickness data, several palaeogeographic reconstructions were made: Litorina Sea maximum shoreline 7500 BP, Narva-type Pottery period 6500 BP, Combed Ware Pottery period 6000 BP, 5500 BP and 5000 BP, Corded Ware Pottery period 4200 BP and Bronze Age 3000 BP. During research work, practical skills about working with basic MapInfo analytical methods (e.g. interpolating raster models, doing raster calculation and using filters) were acquired.

An important part of doing palaeogeographic reconstructions was eliminating peatlands from the elevation models to avoid deformations in Stone Age palaeolandscape. 12 different peatlands were removed from the current relief model. Models showing peat thickness were created by interpolating borehole data from the peat research database.

Results show that during the Litorina maximum a large bay was formed in Velise-Teenuse area with water-level at about 12-18 m a.s.l. During the Litorina maximum, the shoreline tilting gradient was 13 cm/km and it decreased to 7 cm/km at the end of the Stone Age. Sea level lowered about 9 meters during this period. Modeling results show possible sites associated with coastal areas in Velise and Vigala river mouths and in Üdruma during the period of 1500 years following the Litorina Sea maximum shoreline.

Based to the findings of Carbon firestone and Combed Ware potsherds it can be concluded that during the Combed Ware different settlements were located on the shores of Velise-Teenuse palaeo-bay. Ojapere settlement was associated with the mouth of Velise river, Vana-Vigala with the mouth and Tiduverve with the lower course of Vigala river. Tolli, Teenuse and Luiste were associated with the lower course of Kasari river and Üdruma with the coastal zone of the palaeo-bay.

The settlement in Ojapere could have moved together with the regressive shoreline of the Litorina Sea. Ojapere settlements can be grouped according to the receding of the shoreline. In the beginning of the Combed Ware culture period, settlement remained close to the river mouths. Later, 5500 BP it had spread more to the coastal areas until 5000 BP it can be seen that the settlement existed on both sides of the river mouths. Furthermore, the palaeogeographic

reconstructions do not deny earlier settlement (Narva culture) in Ojapere, on the right side of the river mouth approximately 6500 BP.

During the Corded Ware, Üdruma and Ojapere settlements existed in Velise-Teenuse area. Although many settlements in Estonia were moved inland due to the introduction of agriculture and animal husbandry, results show that one of the Ojapere settlement sites was still close to the Velise river mouth.

The methodology used in this thesis made it possible to reconstruct palaeolandscapes during the Stone Age and settlement pattern during the Combed Ware and Corded Ware Pottery periods. It was also possible to specify the ages of settlements with undetermined age. The palaeogeographic reconstructions in this thesis contribute to the better understanding of Stone Age settlement pattern in Estonia.

Tänuavaldused

Täna oma juhendajat Alar Rosetaud suure toetuse ja heade nõuannete eest. Samuti soovin väga tänada ka oma teist juhendajat, Merle Muru, tänu kellele on geoinfosüsteemidest aru saamine olnud hulga kergem.

Veel soovin tänada Mall Orrut, kes lahkelt jagas minuga alles valmimisel olevat turbaalade andmebaasi.

Kirjandusloend

- 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. rmt: J. Harff, S. Björck, & P. Hoth, *The Baltic Sea Basin, Central and Eastern European Development Studies* (lk 74-97). Berlin: Springer-Verlag.
- Björck, S. (1995). A review of the history of the Baltic Sea, 13.0 - 8.0 ka BP. *Quaternary International* 27, 19 - 40.
- Ekman, M. (1996). A consistent map of the postglacial uplift of Fennoscandia. *Terra Nova* 8, 158 - 165.
- Eronen, M., Glückert, G., Hatakka, L., van de Plassche, O., van der Plicht, J., & Rantala, P. (2001). Rates of Holocene isostatic uplift and relative sea-level lowering of the Baltic in SW Finland based on studies of isolation contacts. *Boreas* 30, 17 - 30.
- Grudzinska, I. (2015). Diatom Stratigraphy and Relative Sea Level Changes of the Eastern Baltic Sea over the Holocene. Doktoritöö. Tallinna tehnikaülikool.
- Habicht, H.-L., Rosentau, A., Jõelet, A., Heinsalu, A., Kriiska, A., Kohv, M., . . . Aunap, R. (2017). GIS-based multiproxy coastline reconstruction of the eastern Gulf of Riga, Baltic Sea, during the Stone Age. *Boreas* 46, 83 - 99.
- Keskkonnaamet. (2016). Lihula maastikukaitseala ja Lihula hoiuala kaitsekorralduskava 2016 - 2025.
- Kriiska, A. (2001). Stone Age settlement and economic processes in Estonian coastal areas and islands. Doktoritöö. Helsingi Ülikool.
- Kriiska, A., & Lõugas, L. (2009). Stone Age settlement sites on an environmentally sensitive coastal area along the lower reaches of the River Pärnu (south-western Estonia), as indicators of changing settlement patterns, technologies and economies. rmt: S. McCartan, R. Schulting, G. Warres, & P. Woodman, *Mesolithic Horizons: Papers presented at the Seventh International Conference on the Mesolithic in Europe*. (lk 167 - 175). Oxford: Oxbow Books.
- Muru, M. (2017). GIS-based palaeogeographical reconstructions of the Baltic Sea shores in Estonia and adjoining areas during the Stone Age. Doktoritöö. Tartu Ülikool.
- Muru, M., Rosentau, A., Kriiska, A., Lõugas, L., Kadakas, U., Vassiljev, J., . . . Kihno, K. (2017). Sea level changes and Neolithic hunter-fisher-gatherers in the centre of Tallinn, southern coast of the Gulf of Finland, Baltic Sea. *The Holocene* 27(7), 917 - 928.

- Muru, M., Rosentau, A., Preusser, F., Plado, J., Sibul, I., Jõelet, A., . . . Kriiska, A. (2018). Reconstructing Holocene shore displacement and Stone Age palaeogeography from a foredune sequence on Ruhnu Island, Gulf of Riga, Baltic SEa. *Geomorphology* 303, 434 - 445.
- Nirgi, T. (2015) Pärnumaa turbaalade puurimisandmed. *Käsikiri*.
- Orru, M. (2016 - 2018). Turbaalaste uurimistulemuste digitaliseerimine ja andmebaasi koostamine I etapp. "KIK keskkonnaprogramm" projekt KIK16067. *Käsikiri*.
- Rosentau, A., Muru, M., Kriiska, A., Subetto, D., Vassiljev, J., Hang, T., . . . Letyka, N. (2013). Stone Age settlement and Holocene shore displacement in the Narva-Luga Klint Bay area, eastern Gulf of Finland. *Boreas* 42, 912 - 931.
- Rosentau, A., Veski, S., Kriiska, A., Aunap, R., Vassiljev, J., Saarse, L., . . . Oja, T. (2011). Palaeogeographic model for the SW Estonian coastal zone of the Baltic Sea. rmt: J. Harff, S. Björck, & P. Hoth, *The Baltic Sea Basin. Central and Eastern European Development Studies* (lk 165 - 188). Berlin: Springer-Verlag.
- Saarse, L., Vassiljev, J., & Miidel, A. (2003). Simulation of the Baltic Sea Shorelines in Estonia and Neighbouring Areas. *Journal of Coastal Research* 19, 261 - 168.
- Sander, K. (2014). Kunda Lammasmäe kiviaja asulakoht. Magistritöö, Tartu Ülikool.
- Sander, K., & Kriiska, A. Leire Lääne-Eesti madalikul 2015-2017. *Käsikiri*.
- Veski, S., Heinsalu, A., Klassen, V., Kriiska, A., Lõugas, L., Poska, A., & Saluäär, U. (2005). Early Holocene coastal settlement and palaeoenvironment on the shore of the Baltic Sea at Pärnu, southwestern Estonia. *Quaternary International* 130, 75 - 85.
- Zvelebil, M. (2008). Innovating hunter-gatherers: The Mesolithic in the Baltic. rmt: G. Bailey, & P. Spikins, *Mesolithic Europe* (lk 18 - 59). Cambridge: Cambridge University Press.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Magdaleena Männik

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Litoriinamere rannavööndi muutused Velise-Teenuse piirkonnas ja seosed kiviaja asustusega,
mille juhendajad on Alar Rosentau ja Merle Muru
 - 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **29.05.2018**