

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

Magistritöö geoloogias (30 EAP)

**Valjala maalinna geoarheoloogiline analüüs: ehitismaterjalide päritolu ning piirkonna
maastike ja vetevõrgu areng Hilis-Holotseenis**

Kärt Luik

Juhendajad:
Alar Rosentau
Triinu Jairus

Tartu 2026

Valjala maalinna geoarheoloogiline analüüs: ehitusmaterjalide päritolu ning piirkonna maastike ja vetevõrgu areng Hilis-Holotseenis

Käesoleva magistritöö eesmärk on uurida Valjala maalinna ümbruse maastikke, setteid ja arengulugu geoarheoloogilisest vaatenurgast, et selgitada linnuse asukohavalikut, ehitusmaterjali päritolu ning võimalikke liikumisteid. Paleogeograafilised rekonstruktsioonid ja setteandmed näitavad rannajoone taandumist Valjala alalt ligikaudu 3500 aastat tagasi ning erinevusi veeoludes maalinna kasutusaja ja tänapäeva vahel. Reljeefianalüüsi põhjal rajati Valjala maalinn kõrgemale kirde–edela suunalisele moreenvormile, mis pakkus looduslikku kaitset ja head ülevaadet ümbritsevast alast. Kaitsevalli kivimilise koostise analüüs viitab sellele, et maalinna ehitamisel kasutati peamiselt kohalikke kivimeid.

Märksõnad: Saaremaa, Valjala, Läänemeri

CERCS kood: P460 Sedimentoloogia

Geoarchaeological analysis of Valjala hillfort: the origin of construction materials and the development of regional landscapes and hydrological networks in the Late Holocene

The aim of this master's thesis is to investigate the landscapes, sediments, and development history surrounding the Valjala stronghold from a geoarchaeological perspective in order to clarify the reasons behind the selection of the stronghold's location, the origin of construction materials, and possible movement routes. Paleogeographical reconstructions and sediment data indicate that the shoreline retreated from the Valjala area approximately 3,500 years ago and that water bodies differed between the period of hillfort use and the present day. Relief analysis shows that the Valjala hillfort was established on an elevated northeast–southwest-oriented moraine formation, which provided natural protection and a good overview of the surrounding area. Analysis of the stone composition of the defensive rampart suggests that mainly local rocks were used in the construction of the hillfort.

Keywords: Saaremaa, Valjala, Baltic Sea

CERCS code: P460 Sedimentology

Sisukord

1	Sissejuhatus.....	4
2	Uuringuala geoloogiline ja arheoloogiline kirjeldus.....	6
2.1.	Aluspõhja stratigraafiline liigestus.....	8
2.1	Pinnakatte setted ja geomorfoloogia	8
2.2	Pärastjääaegne maatõus ja merevee taseme muutused Hilis-Holotseenis	9
2.3	Valjala maalinna arheoloogia ja varasem uurimislugu.....	10
3	Materjal ja meetodid.....	12
3.1	Pinnavormide morfomeetriline analüüs	12
3.2	Välitööd ja pinnakatte setete proovid	12
3.3	Setete kuumutuskao analüüs ja lõimise määramine	15
3.4	Taimsete makrojäänuste määramine ja setete dateerimine.....	15
3.5	Paleogeograafilised rekonstruktsioonid	16
3.6	Tehisintellekti kasutamine	16
4	Tulemused	17
4.1	Valjala maalinna ümbruse pinnavormid ja nende morfomeetria	17
4.2	Valjala maalinna kaitsevalli kivimiline koostis ja võrdlus piirkonnas kättesaadava toormega	18
4.3	Lõve jõelammil esinevad setted	23
4.4	Setete taimejäänused ja nende radiosüsiniku vanused	26
4.5	Valjala ümbruse paleogeograafilised rekonstruktsioonid	29
5	Arutelu ja järeldused	31
6	Kokkuvõte.....	34
	Summary	35
	Tänuavaldused.....	37
	Kirjandusloend.....	38
	LISAD.....	41
	Lisa 1. Dateeritud materjal a) 38-40 (süsi, puit); b) 50-52 (puit).....	41
	Lisa 2. Valik makrofossiile	42
	Lisa 3. Proovide radiosüsinikdateeringu kalibreerimistulemused.....	43

1 Sissejuhatus

Valjala maalinn on üks Saaremaa olulisemaid muistseid keskuseid, mida kasutati peamiselt 11.–13. sajandil. Arheoloogilised uuringud näitavad, et tegemist ei olnud üksnes kindlustatud linnusega, vaid ulatusliku asustus- ja tegevuskeskusega (Mägi, 2025). Linnust ümbritsesid mitmed kaitserajatised ning selle ümbruses paiknes asustus, mis viitab piirkonna olulisele rollile muinasaja lõpuperioodil (Mägi, 2025).

Valjala maalinna on seni uuritud peamiselt arheoloogilisest vaatenurgast, keskendudes linnuse ehitusele, kaitstesüsteemidele ning asustuse kujunemisele ja ajastusele. Samuti on käsitletud linnuse tähtsust muinasaja lõpuperioodi sündmustes ja Saaremaa ajaloos (Mägi, 2025).

Linnust ümbritsevaid maastikke ja setteid on uuritud märksa vähem ning neid ei ole seni põhjalikult käsitletud geoloogilisest vaatenurgast. Seda arvesse võttes võib just geoarheoloogiline lähenemine anda parema arusaama maalinna asukohavalikust, võimalike liikumis- ja transporditeede kujunemisest ning kohalike loodusressursside kasutamisest.

Looduslike maastike areng on pikaajaliste geoloogiliste protsesside tulemus, milles põimuvad reljeefi kujunemine, settimine, erosioon ja hüdrooloogilised muutused (Benn, Evans, 2014). Kuigi maastike kujunemine on valdavalt looduslike protsesside tulemus, on inimtegevus eriti Hilis-Holotseenist alates neid protsesse üha enam mõjutanud. Muinasaja asustus paikneb sageli maastikuosades, kus looduslikud tingimused on olnud pikaajaliselt stabiilsed ja inimeste elutegevust toetavad (Brown, 2008; Weisler, Love, 2015). Seetõttu võimaldab arheoloogiliste objektide uurimine geoloogilisest vaatenurgast paremini selgitada muististe kujunemist, paiknemist ja säilimist (Selley et al., 2004).

Geoarheoloogia ühendab geoloogilisi ja arheoloogilisi meetodeid, võimaldades uurida inimtegevuse ja keskkonna vastastikmõjusid ning nende arengut (Brown, 2008; Weisler, Love, 2015). Jõesed ning nendega seotud settekeskkonnad talletavad olulist keskkonnateavet, kuna vanad jõesed sisaldavad infot keskkonnatingimuste ja voolurežiimi muutuste kohta. Nende analüüs aitab rekonstrueerida maastiku arengut ning hinnata, kuidas looduslikud tingimused võisid mõjutada asustuse paiknemist ja piirkondlike ühenduste kujunemist (Nanson et al., 2008).

Käesolevas töös uuritakse Valjala maalinna Saaremaal. Tegemist on ühe Eesti muinasaja silmapaistvaima kindlustatud asulaga, mille varaseimad arheoloogilised leiud pärinevad juba 11. sajandist (Mägi, 2025). On teada, et Valjala linnust kasutati kuni 13. sajandini (Mägi, 2025). Tegemist on kompleksse muistisega, mille rajamine ja areng toimusid perioodil, mil rannajoone asend, kogu piirkonna valgala veerežiim ning ümbritsev maastik erinesid oluliselt tänapäevasest (Mägi, 2025; Raukas, 2009).

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on analüüsida Valjala maalinna ümbruse maastikke ja setteid geoarheoloogilisest vaatenurgast, uurides võimalikke seoseid maalinna asukohavaliku ja looduskeskkonna ning ehitusmaterjalide saadavuse vahel. Magistritöö on seotud käimasolevate interdistsiplinaarsete uuringutega Valjala maalinna ümbruses projekti EKKD-

TA17 raames (vastutav täitja arheoloog Marika Mägi), milles osalevad Tallinna Ülikooli ja Tartu Ülikooli arheoloogid, geograafid ja geoloogid.

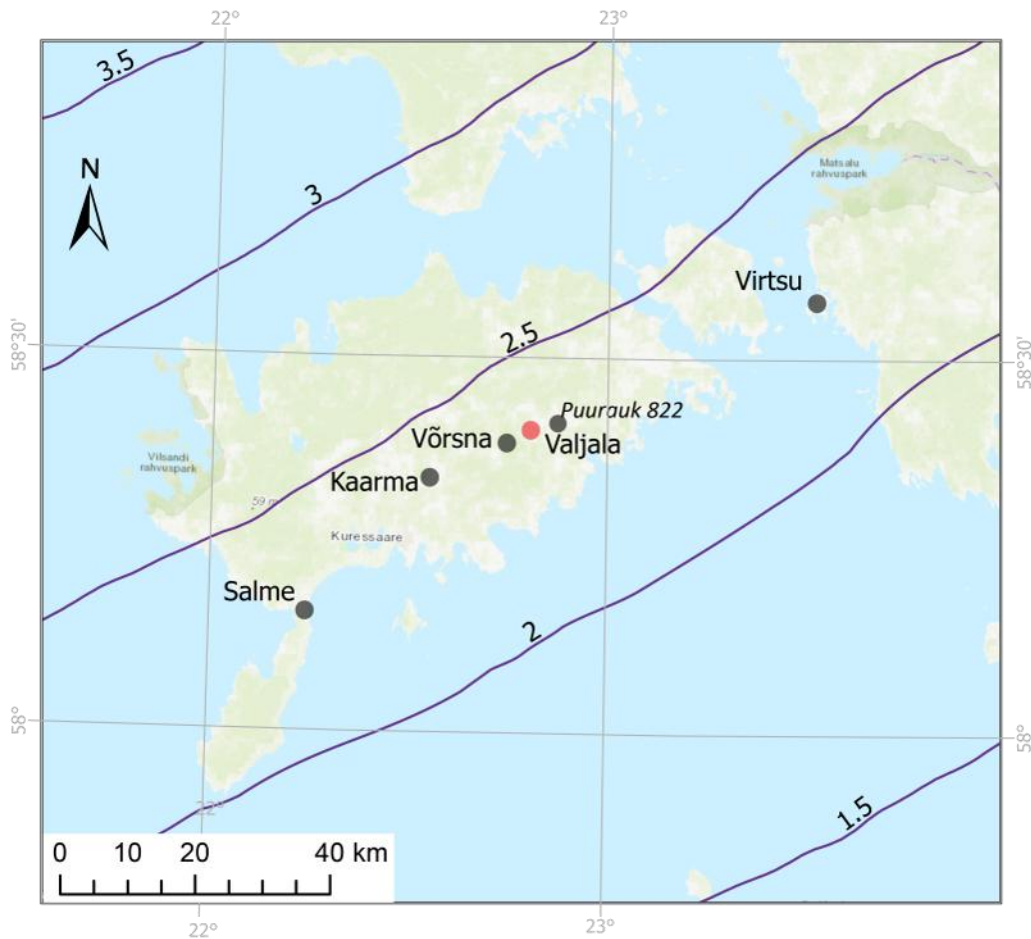
Magistritöö keskendub pinnavormide morfomeetrilisele analüüsile, setete koostise ja vanuse määramisele, ressursside saadavusele ning paleogeograafiliste rekonstruktsioonide koostamisele, et hinnata looduslike tingimuste rolli Valjala maalinna asukohavalikus ja toimimises muinasajal.

Käesoleva töö ülesandeks on vastata järgnevatele sh arheoloogiliste uuringute käigus esilekerkinud geoarheoloogilistele uurimisküsimustele:

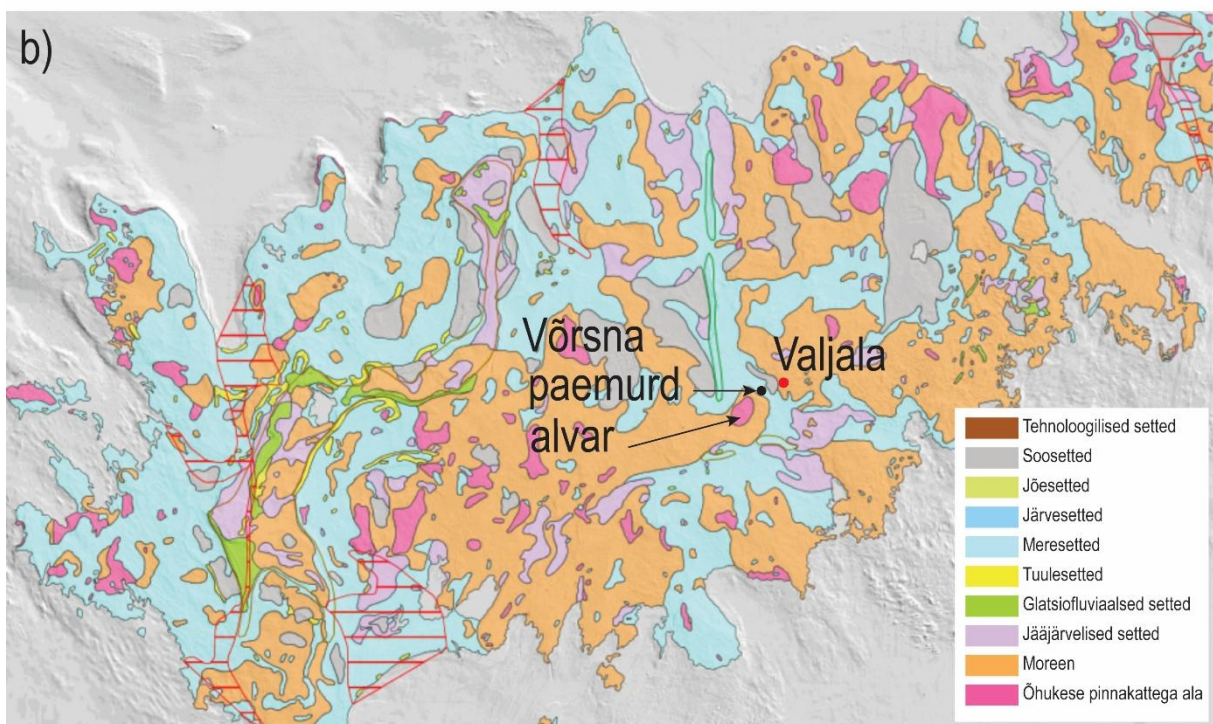
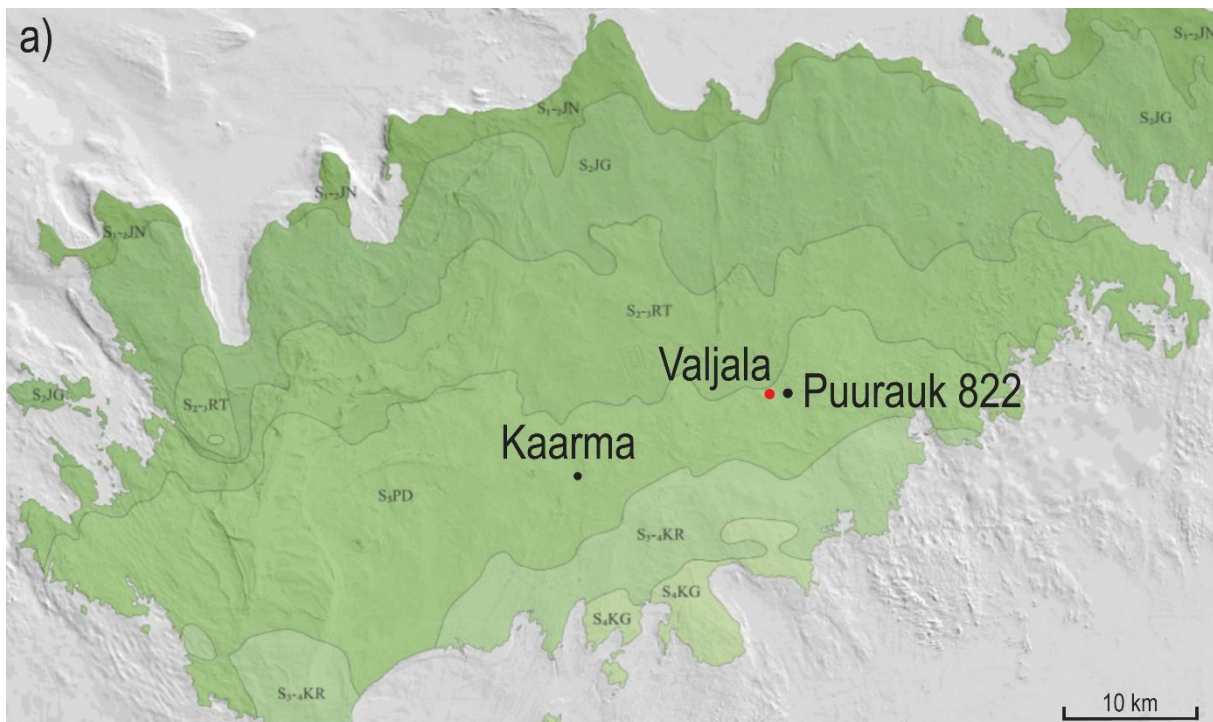
1. kuidas on ümbritsev maastik mõjutanud Valjala maalinna asukohavalikut;
2. kuidas on piirkonnas muutunud Läänemere rannajoone ja selle lähedal asuva Lõve jõe asend;
3. kust võidi hankida maalinna ehituseks vajalikke ehitusmaterjale;
4. kuidas võisid välja näha Valjala ümbruse maastikud maalinna intensiivse kasutamise perioodil 11.-13. sajandil ning sellele eelnenud perioodil.

2 Uuringuala geoloogiline ja arheoloogiline kirjeldus

Uuringuala asub Saaremaa keskosas, Valjala aleviku lähiümbruses, ning hõlmab Valjala maalinna ja seda ümbritsevat maastikku sh Lõve lammiala maalinnast edelas, kus pärastjääaegse maatõusu kiirus on tänapäeval ligi 2,3 mm/a (joonis 1). Lõve jõgi ja lamm paiknevad Valjala maalinnast vähem kui 500 m lääne pool. Tänapäeval on jõe süng osaliselt sirgendatud, kuid varasemalt oli see käänulisem.



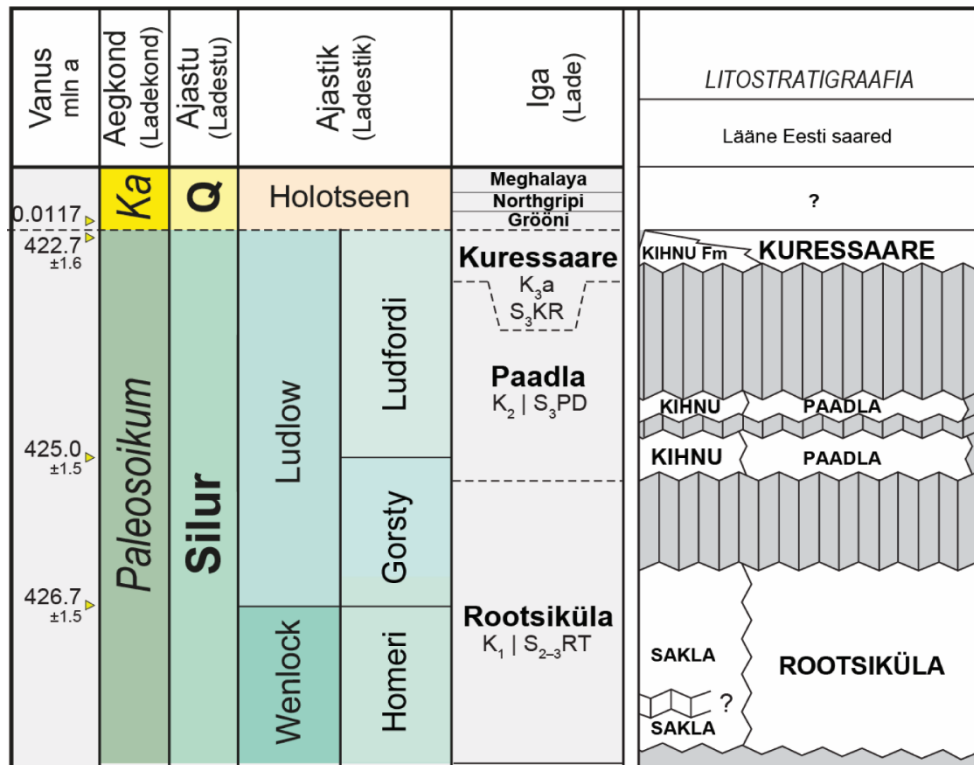
Joonis 1. Valjala maalinna ja teiste töös käsitletud uuringuobjektide paiknemine tänapäevase maakerke samakõrgusjoonte kaardi (mm/a; Vestol et al., 2019) taustal. Töös kasutatud Salme merevee taseme muutuste kõver ja Virtsu veemõõdujaam (Nirgi et al., 2021) ning Valjala uuringuala paiknevad sarnase maatõusu kiirusega (ligi 2,3 mm/a) aladel



Joonis 2. Saaremaa 1:400 000 geoloogilised kaardid: (a) aluspõhja avamused ja (b) pinnakatte setete levik koos uuringuala paiknemise ja olulisemate töös käsitletud objektidega. Kaardile on märgitud Valjala maalinn, Võrsna vana paemurd, Võrsna alvar, Kaarma karjäär ja Valjala 822 puursüdamiku asukoht.

2.1. Aluspõhja stratigraafiline liigestus

Uringuala paikneb Siluri ladestu Paadla ja Rootsiküla lademete piirilalal (joonis 2A), mida iseloomustavad peamiselt lubjakivid ja dolomiidid (Männik et al., 2015). Paadla lademe kivimid (joonis 3) koosnevad rohekashallidest peenkrustallistest, vähesel määral argillitsetest biomikriitsetest dolomiitidest (Perens et al., 1989). Lademe kogupaksus Valjala piirkonnas on keskmiselt 26 meetrit (Nestor et al., 1997).



Joonis 3. Lihtsustatud stratigraafiline skeem (Geoloogiline ajaskaala, 2024)

Paadla lademe all lamavad Rootsiküla lademe dolomiidid (joonis 3), mille kogupaksus jääb Saaremaal üldiselt 20-40 meetri vahele (Nestor et al., 1997). Selle lademe kivimid koosnevad mikriitsetest lubjakivist, mis vaheldub argillitse dolomiidi vahekihtidega. Lubjakivi võib olla ka dolomitiseerunud ning sõltuvalt läbilõikest võivad kivimid olla kas fossiilirikkad (Rootsiküla kihistu) või monotoonsema ehitusega bioturbeeritud püriidilisandiga dolomiidid (Sakla kihistu) (Nestor et al., 1997).

2.1 Pinnakatte setted ja geomorfoloogia

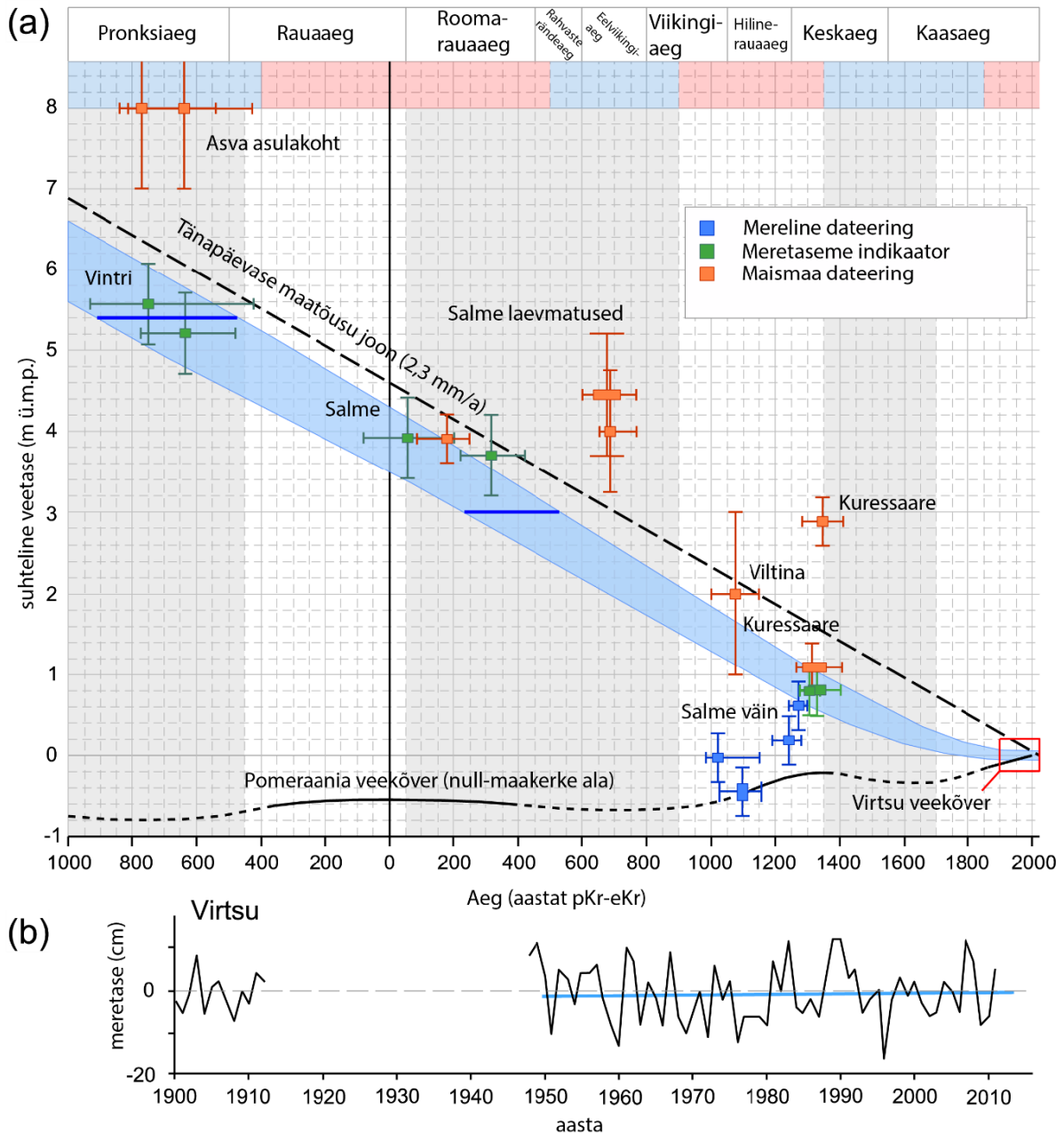
Uurimisala pinnakatte geoloogiline ehitus on seotud Kvaternaari jooksul toimunud liustikuliste ja hilisemate setete settimise protsessidega. Saaremaa pinnakattest moodustavad valdava osa moreen, jääjärvelised ja merelised setted, vähesel määral on ka soosetteid. turvast ning glatsiofluviaalseid setted, nagu veeristik, kruus ja liiv (Joonis 2B; Raukas et al., 2009; Maa- ja Ruumiamet 2026).

Settetüüpide ning maastikuelementide vahel esineb selge seos – kõrgematel aladel (künkad jms) levib valdavalt moreen, millele on rajatud ka Valjala maalinn, samas kui reljeefi madalamates osades (sh Lõve jõe lammil) esinevad Holotseeni merelised setted ja turvas (Joonis 2B). Pinnakatte setete kaardi alusel paiknev kõige lähem alvar Valjala maalinnast ligi 2,4 km kaugusel edelas, Võrsna piirkonnas (joonis 2B).

Uurimisalal esineb rohkelt glatsiaalseid pinnavorme, mis kujunesid Skandinaavia mandriliustiku taandumise käigus hilisjäajal (Raukas et al., 2009). Liustiku taandumine toimus etapiti ning oli seotud nii ajutiste seisakute kui ka lühiajaliste edasitungidega, kusjuures selle liikumise kiirust ja suunda mõjutas aluspõhja reljeef, mille tulemusena kujunesid kindla orientatsiooniga pinnavormid (Raukas et al., 2009). Moreenid ja moreenvallid tekkisid liustiku liikumise ja seisakute käigus, kui settematerjal kuhjus jää serva lähedal. Osa pinnavorme kujunes ka jää taandumise lõppfaasis, mille tulemusena tekkis ebakorrapärane ja künklik reljeef (Raukas et al., 2009).

2.2 Pärastjääaegne maatõus ja merevee taseme muutused Hilis-Holotseenis

Pärastjääaegse maatõusu kiirus on Valjala uuringualal tänapäeval ligi 2,3 millimeetrit aastas mm/a (joonised 1 ja 4). Valjalale lähim pika aegreaga veemõõdujaam paikneb Virtsus, kus veetasemeid on mõõdetud alates 1900 aastast (joonised 1 ja 4b). Hilis-Holotseenis toimunud meretaseme muutusi on Saaremaal kõige põhjalikumalt uuritud Salme piirkonnas (Nirgi et al., 2021; joonised 1 ja 4), mis jääb samuti 2,3 mm/aastase maatõusu joonele. Seetõttu saab nii Virtsu kui Salme meretaseme andmeid kasutada ka Valjale piirkonna iseloomustamisel (joonis 1). Salme meretaseme muutuste kõvera alusel oli suhteline merevee tase 3000 aastat tagasi ligi 8 meetrit üle merepinna (m ü.m.p.), alanedes eelkõige maatõusu tõttu suhteliselt lineaarselt peaaegu kuni tööstusrevolutsioonini (AD 1850), mil hakkas avalduma inimtekkelise kliimamuutuse mõju merevee tasemele (joonis 4a). Kliimasoojenemise tõttu on 20. saj meretaseme alanemise trend peaaegu täielikult peatunud. Seda näitavad ilmekalt ka Virtsu veemõõdujaama andmed (joonis 4b). Salme meretaseme muutuste kõvera alusel võib hinnata, et Valjala piirkonnas jäi meretase maalinna aktiivse asustuse perioodil AD 1200 kuni 1300 vahemikku 1,1 – 0,85 m ü.m.p. (joonis 4a).



Joonis 4. (a) Salme piirkonna meretaseme muutuste kõver koos algandmestikuga viimase 3000 aasta kohta (Nirgi et al., 2021 põhjal) ja võrdlus ligi null-maakerkega Pomeraania veekõveraga. (b) veetaseme muutused Virtsu veemõõdujaamas aastatel 1900-2012. Virtsu veemõõdujaam, Salme ja Valjala paiknevad sarnase maadõusuga aladel (ligi 2,3 mm/a) ja seetõttu on nende veetasemed omavahel võrreldavad. Joonisel on esitatud arheoloogilised ajaperioodid ning punase võõndiga on märgitud soojemad, sinisega jahedamad ning halli võõndiga suurema tormisusega periood Hilis-Holotseenis (Nirgi et al., 2021 põhjal).

2.3 Valjala maalinna arheoloogia ja varasem uurimislugu

Hendriku Liivimaa kroonika (1224–1227), viitab Valjala keskele rollile ümbruskonna inimeste keskuse ja kogunemiskohana (Henriku Liivimaa kroonika, 1982). Kroonikas kirjeldatakse seda

kui Saaremaa tugevaimat linnust, mille ümber paiknes asustatud ala. Linnus oli oma ajas silmapaistev rajatis, kus lisaks pinnavormile kasutati ka kivimaterjali ning ringvalli tüüpi kaitserajatist (Mägi, 2025). Valjala maalinna tähtsus ei seisnenud üksnes kaitsefunktsioonis, vaid see toimis ka piirkondliku keskuse ja kogunemiskohana.

Valjala maalinn on tähelepanu äratanud alates 18. sajandist. Ludwig August Mellin kirjeldas 18. sajandi lõpus linnuse kivimüüre ja nende osalist lammutamist ning 19. sajandil koostas Friedrich Kruse Valjala maalinna plaani (Mägi, 2025).

Ulatuslikumad arheoloogilised kaevamised toimusid 1960. aastatel Aita Kustini juhtimisel, mille käigus uuriti linnuse õueala, hoonete säilmeid ning vallikonstruktsioone. Kaevamised näitasid, et linnuses paiknesid mitmed hooned ja tuleasemed ning linnuse ehitus oli mitmeetapiline. Viimastel aastatel on Valjala maalinna uuritud SA Osiliana uuringute raames, kus lisaks arheoloogilistele kaevamistele on kasutatud georadari uuringuid ja LiDAR-kõrgusandmeid ning otsitud võimalikku sadamakohta vana talu lähistel (Mägi et al., 2023; Mägi, 2025). Need uuringud on toonud esile, et linnus ei olnud üksik kindlustatud rajatis, vaid osa ulatuslikumast asustus- ja kaitsekompleksist.



Joonis 5. Valjala maalinn 2023. aasta kaevamistöõde käigus, kus on näha kaevamiste käigus avatud maalinna idaosa paekivist laotud kindlustatud nõlv (Foto: Marika Mägi, 2024).

3 Materjal ja meetodid

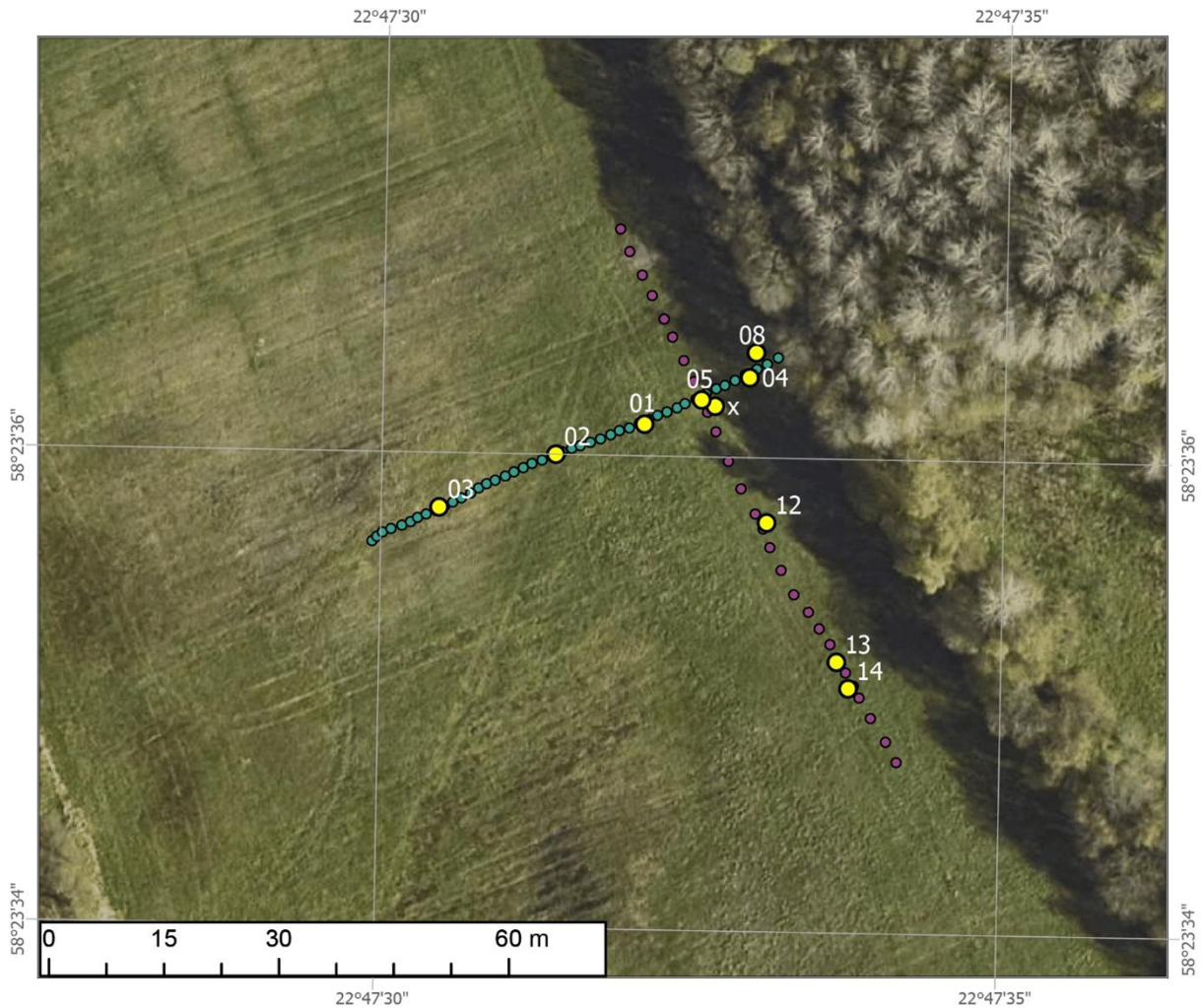
3.1 Pinnavormide morfomeetriline analüüs

Maa ja ruumiameti LiDAR kõrgusmudeli (1x1 m) põhjal kirjeldati Valjala maalinna ja selle ümbruse reljeef sh kaardistati kokku 186 moreeni levikualal esinevat positiivset pinnavormi, mis jaotati morfoloogiliste tunnuste alusel viide rühma: piklikud, väikesed, keskmised, ümmargused ja suured vormid .

Iga pinnavormi puhul mõõdeti pikkus, laius, orientatsioon ja suhteline kõrgus ümbritseva maapinna suhtes kasutades ArcGIS Pro tööriista „*Minimum Bounding Geometry*“, mis tekitab vormide ümber väikseima võimaliku ristküliku (ArcGIS Pro Documentation 2025b). Saadud ristkülikute mõõtmeid kasutati pikkuse ja laiuse parameetritena ja pikkuse ja laiuse suund arvutati programmi poolt automaatselt. Pikkuse ja laiuse suhe arvutati vastavate tulemuste jagatisena. Pinnavormi ja ümbermõõdu leidmiseks kasutati tööriista „*Calculate Geometry Attributes*“ . Saadud andmeid kasutati pinnavormide leviku, varieeruvuse ja võimalike kujunemisprotsesside hindamiseks

3.2 Välitööd ja pinnakatte setete proovid

Välitööde käigus sondeeriti Valjala lähistel Lõve jõe lammiala setteid kokku 8 asukohas, milles läbiti setted kuni hilisjääaegse viirsavini (joonis 6). Sondeerimisel kasutati käsitsi opereeritavat vibropuuri. Sondeerimiskohtade valikul lähtuti georadariuuringu tulemustest, mille viis läbi Hannes Tõnisson (Tallinna Ülikool). Sondeerimistulemused interpreteeriti koos georadari tulemustega kokku kahel ristuvaal profiilil (joonis 6.).



Joonis 6. Uurimisala asendi plaan lammil koos puuraukude paiknemisega (tähistatud kollasega) ja GPR profiilide paiknemisega (tähistatud sinise ja lillaga)

Sondeerimispunkti 05 (joonis 6) setteproovid koguti 4,5 cm diameetriga plasttorudesse ning hoiti külmruumis ligi 4 kraadi C juures kuni edasiste laboratorsete analüüsideni. Analüüsiks piisava koguse setete saamiseks võeti samast asukohast (sondeerimispunkt 05) kokku kaks paralleelset läbilõiget. Setteläbilõiked kirjeldati laboritingimustes keskendudes setete koostisele ja kihilisusele (vt joonis 7). Läbilõikes mõõdeti proovide suhteline magnetiline vastuvõtlikkus kasutades Bartington Instruments MS2 mõõtevahendit. Setete värvus määrati Munselli värviskaala järgi (Munsell Color, 2009). Järgnevatiks laboratorseteks analüüsiks võeti setteläbilõikest 1 cm intervalliga proove.



Joonis 7. Setteläbilõige sondeerimispunktist 05; dateerimiseks võetud proovide sügavusvahemikud (38–40 cm ja 50–52 cm) on märgitud roheliste kastikestega

3.3 Setete kuumutuskao analüüs ja lõimise määramine

Setete kuumutuskao analüüsid viidi läbi Tartu Ülikooli geoloogia osakonna laboris. Proovide niiskuse ja orgaanilise aine sisaldus määrati kuumutuskao meetodil (*loss-on-ignition* ehk LOI). Proovid kuivatati esmalt temperatuuril 105 °C ühe ööpäeva jooksul ning niiskusesisaldus arvutati kuivatamiseelse ja -järgse massi erinevuse põhjal.

Orgaanilise aine sisaldus määrati kuumutamisel temperatuuril 550 °C. Temperatuuri tõsteti järk-järgult, et vältida orgaanilise aine mittetäielikku põlemist. Proove hoiti soovitud temperatuuril neli tundi, seejärel jahutati toatemperatuurini ning kaaluti. Orgaanilise aine sisaldus arvutati massikao põhjal võrreldes 105 °C juures kuivatatud prooviga.

Pärast LOI analüüsi määrati proovide mineraalse osa terasuurus laserdifraktomeetriga *Mastersizer 3000 HydroEV*. Enne analüüsi sõeluti proovid 2 mm ja 1 mm sõeladega, kuna mõõdetava materjali terasuurus peab laserdifraktomeetris jääma alla 1 mm. Üle 2 mm suuruseid osakesi proovides ei esinenud, üle 1mm osa ja alla 1mm osa kaaluti.

Peenema kui 1mm fraktsioonide mõõtmiseks suspenseeriti proovid demineraliseeritud vees. Iga proovi mõõdeti kolm korda ning vajadusel korrati mõõtmisi tulemuste kontrollimiseks.

Lõimisandmed analüüsiti programmiga GRADISTAT (Blott, Pye, 2001), mille abil määrati proovide terasuuruste jaotus, keskmine terasuurus, sorteeritus ja terasuuruse jaotuse asümmeetria.

3.4 Taimsete makrojäänuste määramine ja setete dateerimine

Taimsete makrojäänuste määramiseks ja setete dateerimiseks võeti setteläbilõikest (joonis 7) 2 cm intervalliga 38 alamproovi sügavusvahemikust 0-74 cm. Proovid valmistati ette keeduklaasides kasutades 10% kaaliumhüdroksiidi (KOH) lahust, et taimejäänuste eraldamine settest oleks lihtsam. Edasi loputati ja sõeluti proovid ning vaadeldi leitud sobivaid makrojäänuseid mikroskoobi all ning otsiti süsinikdateerimiseks sobilikku materjali. Dateerimiseks valiti võimalikult hästi säilinud ja selgelt määratavad makrojäänused (peamiselt puidu- ja söeosakesed). Sobilik materjal pildistati ja dokumenteeriti ning hiljem puhastati, kuivatati kuivatuskapis 105 °C juures ning pakendati eraldi, vältimaks võimalikku saastumist. Makrojäänuste määramisel olid abiks Leeli Amon ja Eliise Poolma Tallinna Tehnikaülikoolist.

Dateerimiseks valiti setteläbilõikest kõige orgaanikarikkamad kihid sügavustel 38–40 cm ja 50–52 cm (joonis 7).

Vanus määrati Vilniuse radiosüsinikulaboris kiirendiga massispektromeetria meetodit (AMS ¹⁴C) kasutades. Tulemused kalibreeriti atmosfääri kalibreerimiskõvera suhtes (Reimer et al., 2020) programmiga OxCal online (Bronk Ramsey, 2009) ja esitatakse töös kalendriaastates enne ja pärast meie ajaarvamise algust (before common era (BCE)/common era (CE)). Setete aeg-sügavusmudeli koostamisel kasutati samuti programmi OxCal online.

3.5 Paleogeograafilised rekonstruktsioonid

Valjala ümbruse paleogeograafilised rekonstruktsioonid koostati digitaalse kõrgusmudeli (DEM), rannajoone muutuste ja maapinna kerke andmete (Vestøl et al 2019) põhjal ArcGIS Pro programmis. Kõrgusandmete analüüsiks kasutati programmi ArcGIS Pro. Analüüsi aluseks oli Maa-amet poolt koostatud uuringuala 1 × 1 m eraldusvõimega LiDAR-põhine maapinna rasterkõrgusmudel (Maa-amet, 2024).

Paleogeograafilised rekonstruktsioonid koostati kasutades Vestøl ja kolleegide(2019) modelleeritud maakerke kiiruste pinda ja tööriista *Raster calculator*, mille abil leiti mineviku kõrgusmudelid. Rekonstruktsioonid arvutati kolme erineva ajahetke kohta: 800, 3500 ja 3800 aastat CE. Suhtelise merepinna muutuste hindamisel kasutati võrdlusena Salme veekõverat (Nirgi jt 2021), kuna see paikneb Valjala piirkonnaga sarnase maakerke kiirusega alal (Vestøl jt 2019), rekonstruktsioonides arvestati lisaks ka maailmamere taseme tõusuga, mille väärtuseks võeti vastavalt Salme veekõverale (joonis 15) 80 cm.

Rekonstruktsioonides vaadeldi erinevaid ajaperioode (linnuse asustusaegsest perioodist 800 aastat tagasi, ¹⁴C dateeringute vahele 3500 ja ajast kui uuringuala kattis madalmeri 3800 aastat tagasi).

3.6 Tehisintellekti kasutamine

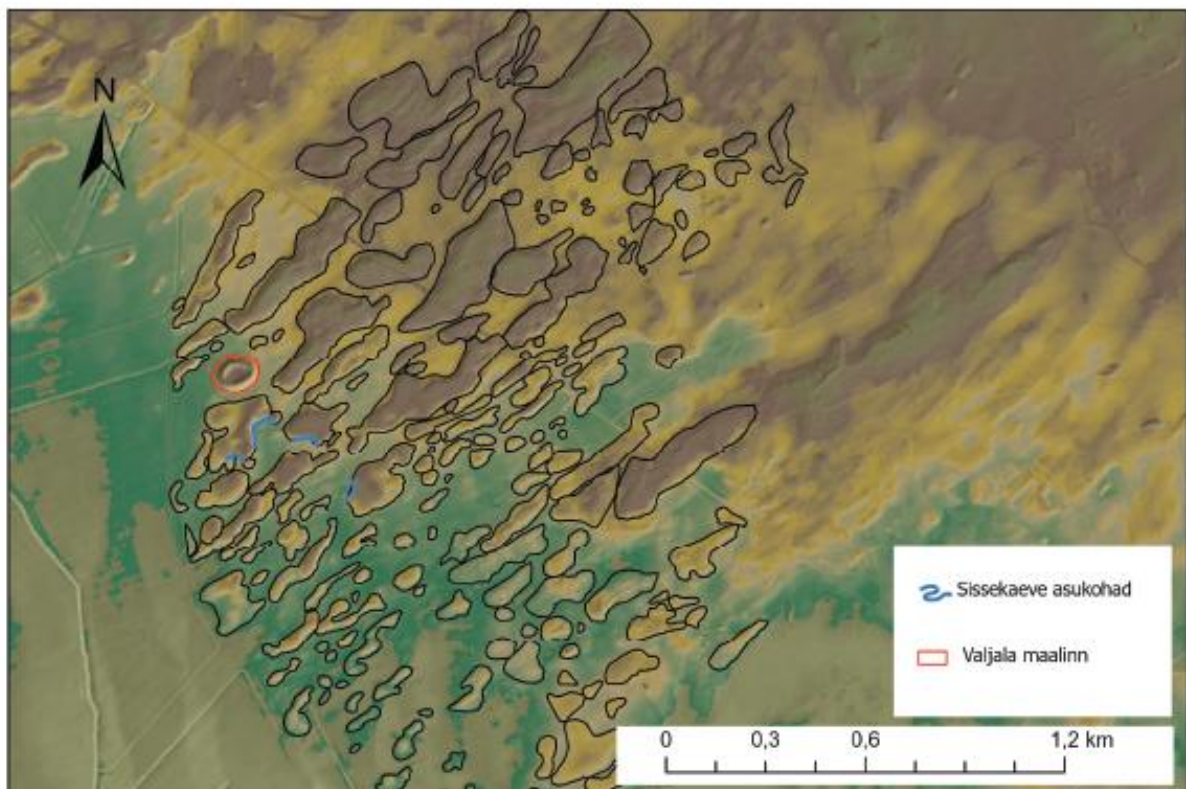
Käesoleva töö koostamisel kasutati tehisintellektil põhinevat rakendust ChatGPT (OpenAI, 2026) tööprotsessi toetava abivahendina. Rakendust kasutati teksti toimetamise, kirjanduse otsimise abistava vahendina ning tekstide tõlkimisel. Tehisintellekti ei rakendatud andmete analüüsimisel ega uurimistulemuste koostamisel. Kõik töö sisulised seisukohad, järeldused ja lõplik sisu pärinevad autorilt.

4 Tulemused

4.1 Valjala maalinna ümbruse pinnavormid ja nende morfomeetria

Valjala maalinn paikneb liigendatud moreenmaastikul, kus esinevad erineva suurusega valdavalt kirde-edela suunalised rähkest moreenist koosnevad voolujoonelised vallid, mille kuju varieerub selgelt piklikest vallidest kuni lühemate ja ebakorrapärasemate vormideni (joonis 8).

Analüüsitud pinnavormid jaotati viide rühma: piklikud, pisivormid, keskmised, ümmargused ja suured pinnavormid. Uurimisalal domineerivad piklikud pinnavormid (89), millele järgnevad pisivormid (50) ja keskmised pinnavormid (23). Ümmargusi pinnavorme esineb 16 ning suuri pinnavorme 8. Selline jaotus näitab, et alal domineerivad selgelt väljavenitatud kujuga pinnavormid, samas kui suuremad ja ümaramad vormid on vähem esindatud



Joonis 8. Uurimisala pinnavormid ja nende jaotus reljeefil. Punase ringiga on tähistatud Valjala maalinn, sinisega võimalikud ehitusmaterjali sissekäve kohad

Pinnavormide orientatsioon on valdavalt kirde–edela suunaline, jäädes vahemikku 60 – 80°, keskmise väärtusega umbes 63,5° (tabel 1). Samas on väiksematel ja ebakorrapärasema kujuga pinnavormidel orientatsioon mõnevõrra varieeruvam, mis viitab keerukamatele kujunemistingimustele.

Tabel 1. Valjala ümbruse pinnavormide morfomeetriselised andmed ja võrdlus maalinna aluse valliga

Pinnavormi tüüp	Arv	Keskmine laius (m)	Keskmine pikkus (m)	Keskmine kõrgus (m)	Orientatsioon (°)	Keskmine pikkuse ja laiuse suhe
Suur	8	200,18	574,65	4,85	49,44	2,91
Keskmine	23	116,03	215,49	3,39	62,41	1,89
Piklik	89	54,51	153	2,38	54,7	2,85
Ümmargune	16	45,49	62,56	2,17	73,86	1,38
Pisi	50	32,94	48,75	1,62	78,48	1,54
Kokku	186	61,81	143,06	2,39	63,47	2,25
Valjala maalinn		111	132	3,2	63,46	1,19

Pinnavormide mõõtmed erinevad rühmade lõikes märgatavalt. Piklikel pinnavormidel on keskmine pikkus umbes 153 m ja laius 54,5 m, samas kui pisivormidel on vastavad väärtused ligikaudu 48,8 m ja 32,9 m (tabel 1). Pikkuse ja laiuse suhe on suurim piklikel pinnavormidel (2,91), mis näitab nende selget väljavenitatud kuju, ning väiksem ümmargustel (1,38) ja pisivormidel (1,54).

Pinnavormide suhteline kõrgus jääb üldiselt vahemikku 0,69–5,72 m, keskmise väärtusega umbes 2,39 m. Suurte pinnavormide keskmine kõrgus on umbes 4,85 m, samas kui pisivormid on oluliselt madalamad (keskmiselt 1,62 m).

Pinnavormide pikkuse ja laiuse suhte varieeruvus (1,38-2,91)–näitab, et pinnavormid moodustavad morfoloogilise pidevuse ega kuulu ühte kindlasse vormitüüpi. Pinnavormide valdav kirde–edela suunaline orientatsioon peegeldab liustiku liikumissuunda ning viitab nende kujunemisele jää liikumisega seotud protsesside tulemusena.

Valjala maalinna alune moreenvall on samuti kirde-edela suunaline ning selle suhteline kõrgus maalinna ja selle lisavalli vahele jääva madalama ringikujulise ala põhjast linnuse keskosa tasapinnani ulatub ligikaudu 3,2 m (tabel 1). Valjala maalinna aluseks oleva moreenvalli mõõtmed sarnanevad piirkonna keskmiste pinnavormidega nii kõrguse kui ka pikkuse poolest.

4.2 Valjala maalinna kaitsevalli kivimiline koostis ja võrdlus piirkonnas kättesaadava toormega

Valjala maalinna kaitsevalli sein kivimiproovides domineerivad laguunidolomiidid, mida iseloomustavad peeneteralised ja laminaarsed tekstuudid. Esineb nii homogeenseid kui ka

mikrokihilisi dolomiite ning biogeenseid struktuure, sealhulgas ihnofossiilseid ussikäike (joonis 9)

Lähim alvar paikneb maalinnast ligikaudu 1,7 km läänes, Võrsna küla piirkonnas (joonis 2), kus leidub vanu madalaid (kuni 50 cm kõrguseid) paemurru kohti. Sealt kogutud kivimiproovid esindavad lubjakive ja dolomiite. Võrsna piirkonna dolomiidid on valdavalt heterogeensemamad ning kohati kavernoossed (joonis 9), lubjakivides esineb aga bioklastilisi ja purdseid tekstuure ning jämeteralisi kihte. Võrsna paemurru dolomiidid kujutavat tõenäoliselt dolomitiseerunud bioklastilise lubjakivi kihte, mis selgelt eristuvad Valjala maalinna kivimitest.

Isotoopanalüüsi tulemused näitavad, et Valjala maalinna kivimid erinevad ka geokeemiliselt Võrsna murru dolomiitidest (Tabel 2, joonis 10). Võrsna proovidele on iseloomulikud väga madalad $\delta^{13}\text{C}$ väärtused. Kaljo ja Martma (2006) ning Kaljo et al. (2022) andmetel esinevad sellised väärtused Ohesaare puursüdamikus ainult Siluri Rootsiküla lademe kõige ülemises osas. Eesti geoloogilise aluspõhja 1:400 000 kaardi järgi võivad Võrsnas paljanduvad kihid kuuluda samasse stratigraafilisse intervalli (Maa ja ruumiamet, 2026, joonis 2A).

Litoloogiliste tunnuste põhjal sarnanevad Valjala kivimid veidi nooremate Paadla lademe Kaarma laguunidolomiitidega. Nende kivimite isotoopkoostist on analüüsinud Ainsaar ja Martin (2024) Kaarma dolomiidikarjääri läbilõikes. Nende poolt saadud tulemuste põhjal võib öelda, et vaatamata litoloogilisele sarnasusele on $\delta^{13}\text{C}$ väärtused Valjala proovides madalamad kui Kaarma dolomiitidel, samas kui $\delta^{18}\text{O}$ väärtused kattuvad osaliselt (joonis 10).

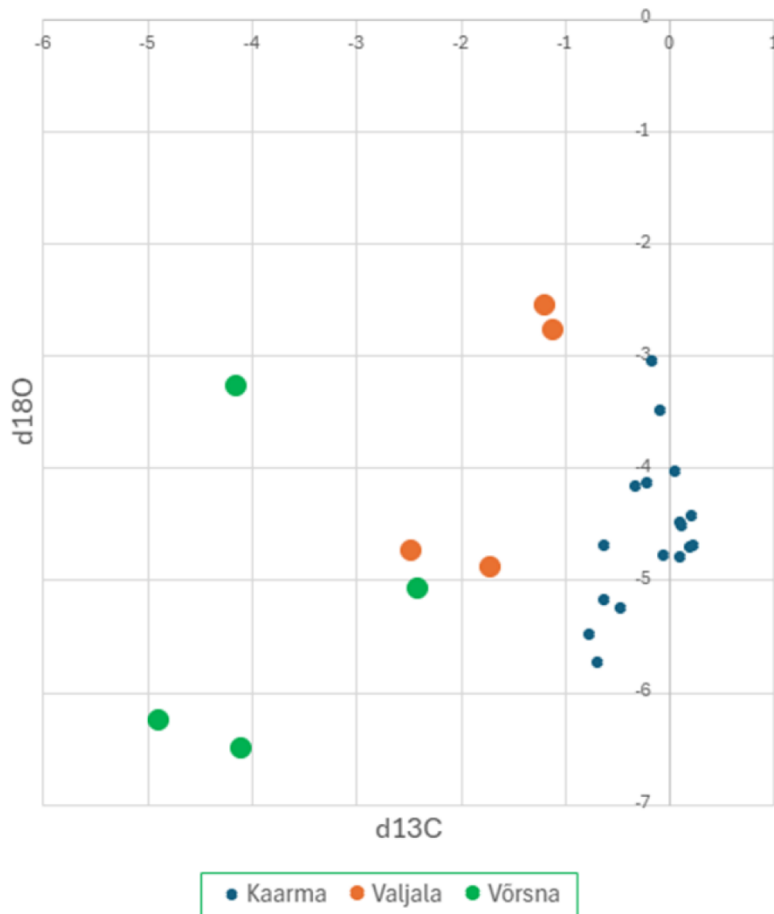
Valjala maalinna kaitsevalli kivimiline koostis viitab sellele, et ehitusmaterjal ei pärine ainult ühest kindlast allikast, vaid koguti tõenäoliselt ümbruskonnast, sealhulgas moreenist, kus dolomiit esineb koos teiste kivimitega. Maalinnast ligi 170-400 m kagu suunas esineb moreenmaastikul mitmeid sissekaeveid vallidesse (joonis 8), kus esineb nii rähkset moreeni kui ka suuremaid paelahmakaid, mida võidi ära kasutada linnuse müüride ehituseks ja täiteks.

Tabel 2. Valjala (VL) ja Võrsna (VÕ) kiviproovide stabiilsete isotoopide analüüsi tulemused ja asukohad L-EST97 koordinaatsüsteemis

Proov	$\delta_{VPDB} (^{13}\text{C}/^{12}\text{C}) / \text{‰}$	$\delta_{VPDB} (^{18}\text{O}/^{16}\text{O}) / \text{‰}$	Kivim	Kõrgus (m)	x	y
VL-1	-1,70	-4,89	dolomiit	14,50	6473917	429513
VL-2	-2,46	-4,76	dolomiit	14,67	6473922	429512
VL-3	-1,18	-2,56	dolomiit	14,67	6473922	429512
VL-21	-1,10	-2,79	dolomiit	17,00	6473918	429514
VÕ-1	-4,15	-3,29	dolomiit		6473458	427325
VÕ-2	-2,40	-5,10	dolomiit		6473458	427325
VÕ-3	-4,88	-6,26	lubjakivi	15,77	6473402	427317
VÕ-11	-4,09	-6,52	lubjakivi	16,1	6473402	427317



Joonis 9. Isotoopkoostise määramisel kasutatud proovid Valjala maalinnast VL-3 (a) ja VL-21 (b) ning Võrsna paemurrust VÕ-2 (c) ja VÕ-3 (d)



Joonis 10. Valjala kivimiproovide isotoopkoostis võrreldes Võrsna vana paemurru ja Kaarma karjääri (Ainsaar ja Martin, 2024) proovide isotoopkoostisega

Joonisel on näha Valjala maalinna, Võrsna murru ja Kaarma karjääri (Ainsaar ja Martin 2024) proovide $\delta^{13}\text{C}$ ja $\delta^{18}\text{O}$ väärtused. Võrsna proovid eristuvad selgelt madalamate $\delta^{13}\text{C}$ väärtuste poolest, samas kui Valjala proovid paiknevad neist eraldi ning näitavad keskmiselt kõrgemaid $\delta^{13}\text{C}$ väärtusi.

Kaarma proovid moodustavad omaette rühma ning ei kattu Valjala proovidega. Valjala proovide hajuvus on mõnevõrra suurem, kuid need jäävad siiski teistest eristatavaks.

Selline jaotus kinnitab, et Valjala maalinna ehitamisel kasutatud kivim ei pärine Võrsna paemurrust ning erineb ka Kaarma piirkonna dolomiitidest, viidates muu kohaliku materjali kasutamisele.

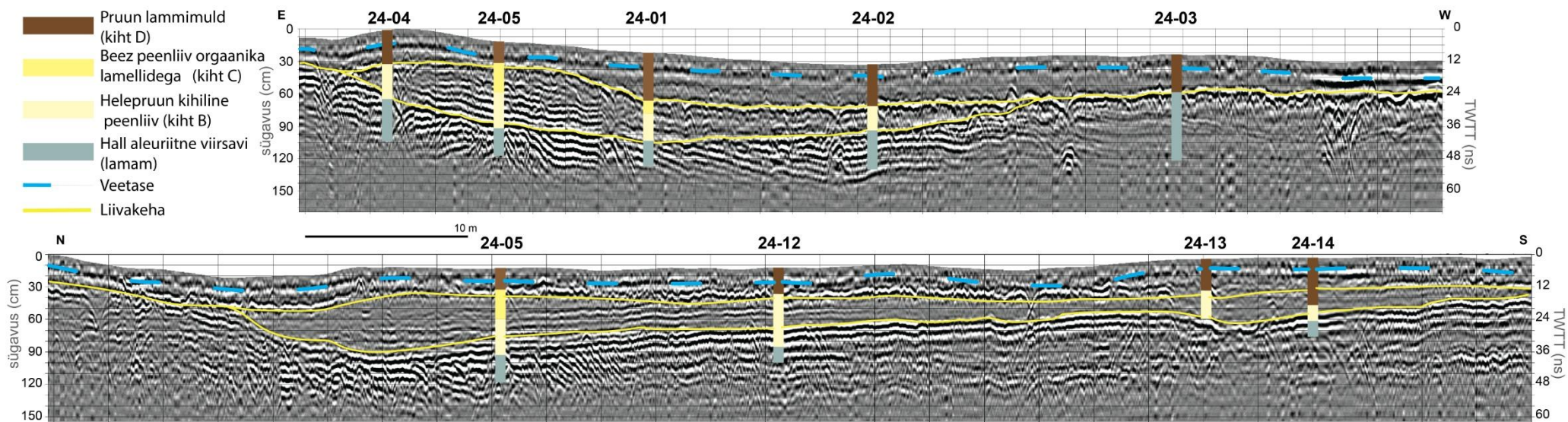


Joonis 11. Ülemisel pildil on näha Valjala maalinna säilinud müürikivid ja mõõdistamise töökäik, alumisel pildil on müüritäitena kasutatud munakad. Hinnanguliselt on 80 kuni 90% ulatuses valli pealmises osas tegemist karbonaatkivimite ning 20% kuni 10% ulatuses tard- ja moondekivimitega.

4.3 Lõve jõelammil esinevad setted

Lõve jõelammil, maalinnast edelas, esinevaid setteid uuriti georadariga ning sondeeriti kokku 8 punktis (joonis 6). Georadari ja sondeerimise tulemused on esitatud ida-lääne ja põhja-lõuna suunalistel läbilõigetel (joonis 12) .

Sondeerimise ja georadari tulemused näitavad, et uuringuala lõunaosas, kus LiDAR-reljeefimudelil eristub madalam ala, mis on tõlgendatav vana jõesängina, lasuvad hilisjäähäälsetel viirsavidel orgaanikarikkad liivad. Ülejäänud lammialal selliseid setteid ei esine, või on need küntud mullakihti ja ei ole enam eristatavad. Ida-lääne suunalisel läbilõikel levib liivakeha ligikaudu 34 meetrisel lõigus ning selle maksimaalne paksus on kuni 64 cm (joonis 12). Põhja-lõuna suunalisel läbilõikel suidub liivakeha profiilide ristumiskohast ligi 65 meetri kaugusel põhja suunas välja, samas jätkudes lõuna suunal (joonis 12).



Joonis 12. Georadari profiilid ida–lääne ja põhja–lõuna suunal koos interpretatsooni ja sondeerimispunktidega.

Setete lõimist, magnetilist vastuvõtlikkust ja orgaanilise aine sisaldust uuriti põhjalikumalt sondeerimispunktis 05, mis asub läbilõigete ristumispunktis (joonis 6; joonis 13). Setteläbilõike alumine osa (74–100 cm), mis moodustab uuritava läbilõike lamami, koosneb hallist aleuriitsest viirsavist (10YR 6/1 ja 10YR 7/1), milles vahelduvad õhukesed liivakad ja savikad kihid ja kus esinevad magnetilise vastuvõtlikkuse kõrgemad väärtused, kui ülemistes kihtides (joonis 13).

Viirsavil lasub 72–74 cm sügavusel, õhuke, umbes 2 cm paksune beežikashall peenliiva kiht (10YR 7/3), mis sisaldab kruusateri ja porsunud veeriseid (**kiht A**). Lõimiseanalüüsi põhjal on tegemist väga halvasti sorteeritud mudase liivaga, mille alla 2 mm osakeste keskmine terasuurus on 200 µm.

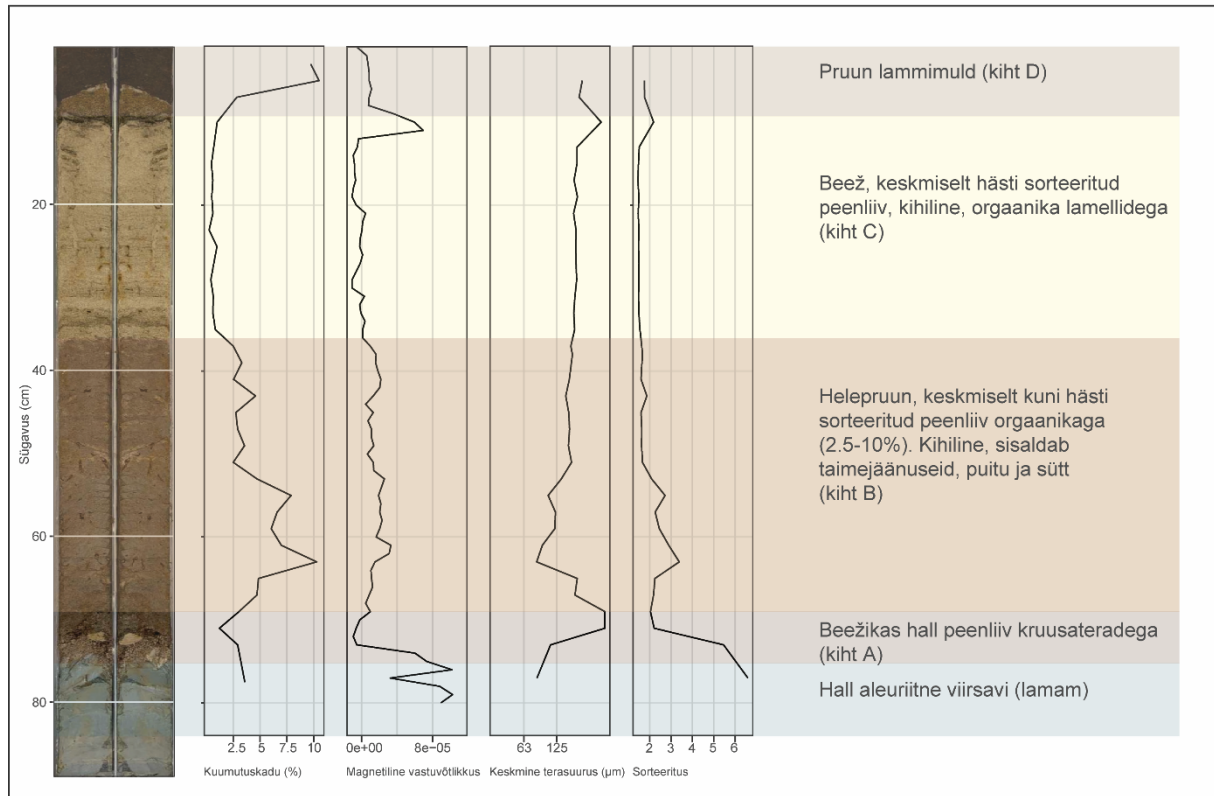
Sügavusvahemikus 36–72 cm esineb umbes 34 cm paksune helepruuni (10YR 4/2) peenliiva kiht, mis sisaldab taimejäänuseid, puitu ja sütt (**kiht B**). Liiva terasuurus varieerub vahemikus 87–217 µm ning sorteeritus jääb vahemikku 1,59–3,38, viidates keskmiselt kuni halvasti sorteeritud materjalile. Kihi alumises osas on sete peenem ja halvemini sorteeritud, samas kui ülemises osas sorteeritus paraneb ning keskmine terasuurus suureneb ligikaudu 150 µm-ni.

Orgaanilise aine sisaldus jääb selles kihis vahemikku 1–10%, kusjuures kõrgemad väärtused esinevad sügavustel 54–64 cm. Magnetilise vastuvõtlikkuse väärtused suurenevad võrreldes profiili ülemise osaga. Kihi alumine piir on üleminekuline.

Sügavusvahemikus 10–36 cm esineb beež kihitatatud peenliiv (10YR 8/3), mis on keskmiselt kuni hästi sorteeritud (1,44–1,65) ning mille keskmine terasuurus jääb vahemikku 152–209 µm (**kiht C**). Kihis esinevad orgaanikarikkamaid lamellid ja laine- või vooluvirede seeriad. Orgaanilise aine sisaldus on madal, jäädes ligikaudu 1% piiresse. Magnetilise vastuvõtlikkuse väärtused on madalad ja kohati negatiivsed. Kihi alumine piir on üleminekuline ja lainelise kihipinnaga.

Setteläbilõike ülemises osas (0–10 cm) esineb tumepruun lammimuld (10YR 3/3), mille alumises osas leidub porsunud veeriseid ja vilgurikast materjali (**kiht D**). Mullakihi orgaanilise aine sisaldused jäävad vahemikku 9,72–10,50%. Magnetilise vastuvõtlikkuse väärtused on madalad ja kõikuvad. Mullakihi alumine piir on järsk.

Kihi B ülemise osa (36-52cm) 53-63% ja alumise osa (52-72 cm) 33-48% peenliiva sisaldus on väiksem kui kihis C, kus peenliiva sisaldus on 70-75% seega on liivakihtidel selge erinevus. Kihi C terasuurus on ühtlasem ja sisaldab rohkem peenliiva, mis viitab stabiilsematele keskkonnale. Kihis B on vähem peenliiva ja suurem terasuurse erinevus, mis tähendab muutlikumat settekeskkonda.



Joonis 13. Lõve jõe lammil paikneva setteläbilõike litoloogia ning magnetilise vastuvõtlikkuse, orgaanilise aine sisalduse, keskmise terasuuruse ja sorteerituse muutused sügavuse lõikes. Profiilis eristuvad ülemine orgaanikarikas mullakiht, selle all peenliivased kihid ning alumises osas aleuriitne viirsavi.

4.4 Setete taimejäänused ja nende radiosüsiniku vanused

Setteläbilõikest määratud taimejäänused on esitatud tabelis 3. Makroskoopilised taimejäänused pärinevad peamiselt kihtidest B ja C ning jagunevad settekihtide vahel ebaühtlaselt (vt ka lisa 1)

Veetaimedest esinevad *Chara/Nitella* (määndvetikas), *Potamogeton* (penikeel) ja *Najas* (näkiroht), mida leidub sügavusvahemikus 36–72 cm (kiht B). Tegemist on mage- ja riimveelisele keskkonnale iseloomulike taimedega, mille erinevad liigid kasvavad järvede ja riimveeliste lahesoppide kaldavööndis (Suursaar et al., 2024). Samas vahemikus leidub ka kõrreliste (*Poaceae*) jäänuseid.

Sammaltaimedest määrati *Bryophyta* spoorid, mida esineb peamiselt sügavusvahemikus 36–72 cm (kiht B), ning turbasambla (*Sphagnum*) fragmendid, mida leidub nii kihis B (36–72 cm), kui ka kihis A (10–36 cm).

Puidu- ja söeosakesi esineb mitmes profiili keskmises (36–72 cm) kui ka ülemises osas (10–36 cm). Sügavusvahemikus 10–36 cm määrati ka kase (*Betula*) seemned.

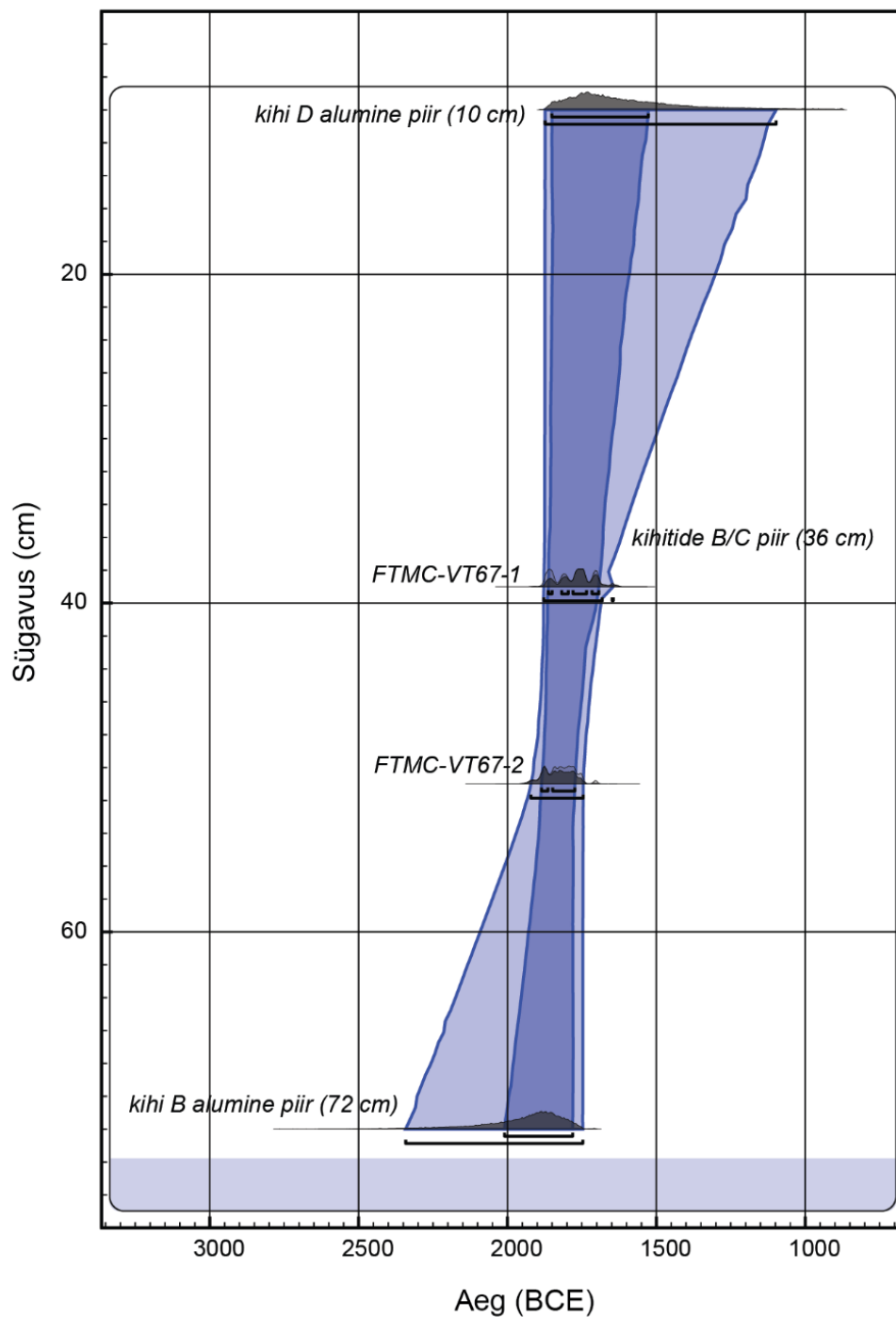
Tabel 3. Setteläbilõikes määratud taimejäänused ja nende jaotus sügavusvahemike lõikes

	A	B	C
Sügavus (cm)	72-74	38-72	10-38
	peenliiv		
	kruusateradega	peenliiv	peenliiv
Veetaimed (mageveetaimed)			
<i>Chara / Nitella (Charophyta)</i> (mändvetikas)		X	
<i>Potamogeton</i> (penikeel)		X	
<i>Najas</i> (näkirohi)		X	
Kõrrelised			
<i>Poaceae</i>		X	
Sammaltaimed			
<i>Bryophyta (sporae)</i> (samblaeesed)		X	
<i>Sphagnum</i> (turbasammal)		X	X
Puit/Süsi	X	X	X
<i>Betula</i> (kask)			X

Setteläbilõikest võetud puidu- ja söeproovide vanused määrati radiosüsinikmeetodil (¹⁴C), mis võimaldab hinnata orgaanilise materjali vanust ja seeläbi setete settimise aega. Sügavuselt 38–40 cm võetud proovi radiosüsinikvanus on 3455 ± 33 14C aastat (FTMC-VT67-1) ning sügavuselt 50–52 cm võetud proovi vanus 3504 ± 33 14C aastat (FTMC-VT679).

Kalibreeritud vanused jäävad mõlemal proovil varasesse pronksiaega. Sügavuselt 38–40 cm võetud proov jääb vahemikku 1884–1683 kal BCE ja sügavuselt 50–52 cm võetud proov jääb vahemikku 1926–1742 kal BCE.

Koostatud aeg-sügavusmudeli põhjal (Joonis 14) on orgaanikarikka liiva (kiht B) settimise alguse mediaanvanuseks 1920 kal BCE. Kihtide B ja C piiri mediaanvanus on umbes 1750 kal BCE ja kihi C ülemise piiri vanuse 1650 kal BCE (joonis 14). 95,4% tõenäosusvahemiku järgi jääb orgaanikarikka liiva (kiht B) settimise algus ajavahemikku 1880-1658 kal BCE ning kihi C ülemise piiri vanus vahemikku 1880-1090 kal BCE (joonis 14).

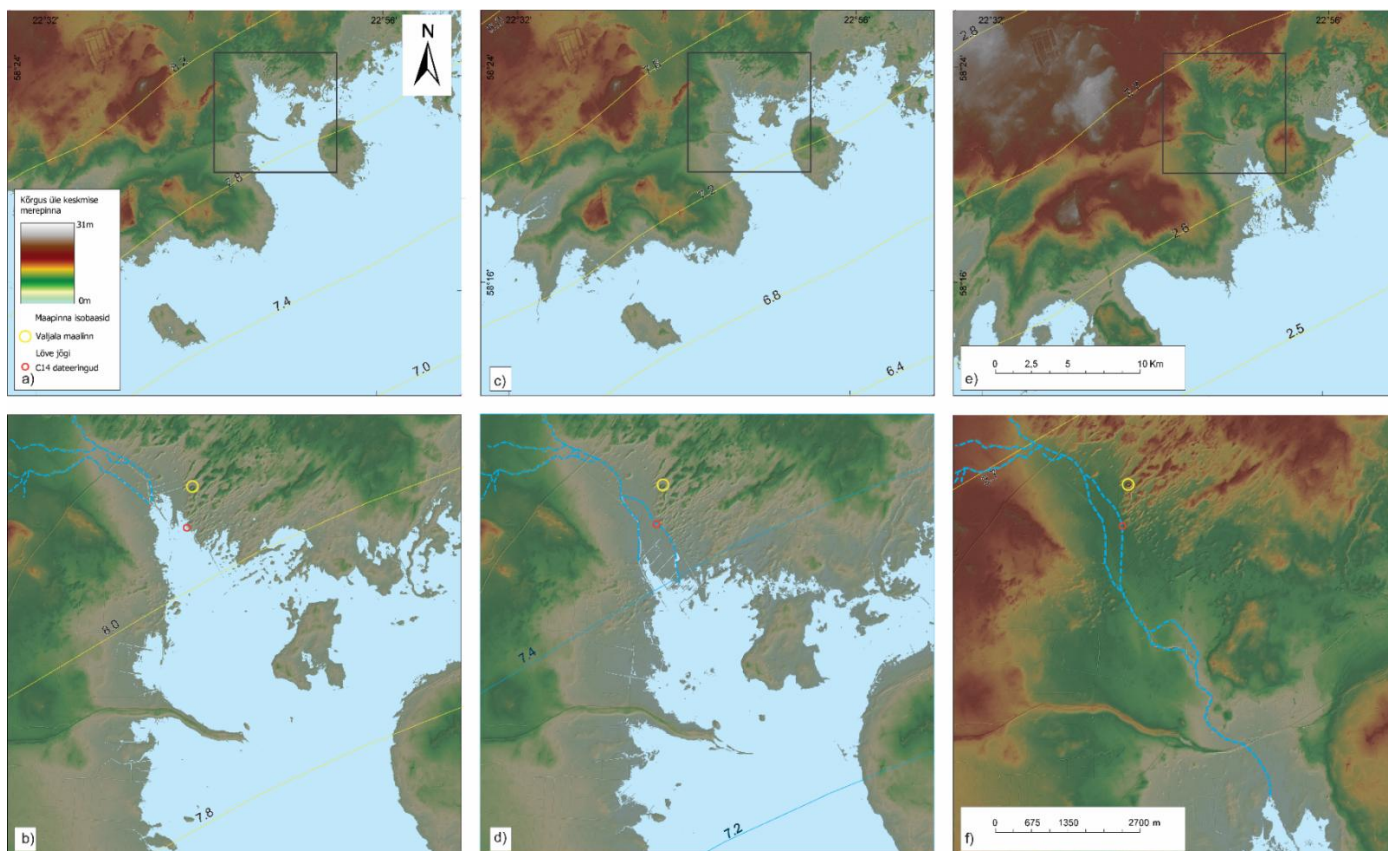


Joonis 14. Setteläbilõikest võetud ^{14}C proovide modelleeritud vanused (BCE) sügavuse lõikes. Joonisel on kujutatud setteläbilõikest võetud proovide modelleeritud vanused ning nende sügavuseline paiknemine. Mõlemad proovid jäävad ajaliselt lähestikku. Aeg-sügavus mudeli tõenäosusvahemikud on 68,3 % (tumesinine) ja 95,4 % (helesinine).

4.5 Valjala ümbruse paleogeograafilised rekonstruktsioonid

Valjala piirkonna rannajoone ja maastiku muutumine viimase ligi 3800 aasta jooksul on esitatud joonisel 15. Selle järgi ulatus Läänemere rannajoon ligikaudu 3800 aastat tagasi Valjalani välja, ujutades üle Lõve madalama lammiala. Merevee tase oli Valjala ümbruses ligi 8,2 m ü.m.p ja ja sondeerimispunktis 05 alal kujunes sellel ajal madalaveeline lahesopp, kuhu suubus tollane Lõve jõgi ning kus settisid orgaanikarikkad peenliivad (kiht B). Maakerke tulemusena taandus rannajoon järk-järgult kagu suunas ning ligi 3500 aastat tagasi asendusid merelised tingimused Valjala all arvatavasti jõelistega ning hakkasid settima kihitatud viremärkidega peenliivad (kiht C). Sellele viitavad ka tänapäevases reljeefis nähtavad jõe voolusängi jäljed Lõve uuringuprofiilide ja sellest lõunapoolsemal alal (joonis 15). Veetase oli 3500 aastat tagasi 7,2-7,6 m ü.m.p. Valjala maalinna aktiivse kasutuse ajal oli rannajoon taandunud juba mööda lammiala liikudes 6,7 km kaugusele maalinnast ja tollane veetase oli 2,6-2,7 m ü.m.p (joonis 15 e ja f).

Ligikaudu 3800 aastat tagasi suubus jõgi tõenäoliselt Valjala piirkonda ulatunud madalasse merelahte, kus settisid orgaanikarikkad peenliivad (kiht B). Hiljem hakkasid piirkonnas domineerima jõelised tingimused, millele viitavad viredega peenliivad (kiht C) ning reljeefis säilinud vana voolusängi jäljed.



Joonis 15. Valjala piirkonna paleogeograafilised rekonstruktsioonid: a;b) Lõve jõe lammil settinud orgaanikarikka liiva (kiht B) kujunemise ajal ligi 3800 aastat tagasi (1800 BCE), c;d)) Lõve jõe lammil settinud kihitatud liiva (kiht C) kujunemise ajal ligi 3500 aastat tagasi (1500 BCE), e;f)) linnuse aktiivse kasutamise etapis 13. sajandi alguses (800 aastat tagasi). Lõve jõe asukoht kaardil on näidatud sinise katkendjoonega, kollane ring märgistab Valjala maalinna, punane ring tähistab lammiala, kust võeti setteproovidkihitatud peenliivad (kiht C) ; e-f) Valjala maalinna paiknemine tollasel Lõve jõe lammialal linnuse aktiivse kasutuse ajal 13. sajandi alguses (u 800 aastat tagasi). Lõve jõe asukoht kaardil on näidatud sinise katkendjoonega.

5 Arutelu ja järeldused

Käesoleva töö tulemused näitavad, et Valjala maalinna asukohavalikul on arvestatud piirkonna reljeefi iseärasustega. Maalinn on rajatud Lõve jõe lammipoolsemale kirde–edela suunalisele moreenkõrgendikule, mille orientatsioon langeb kokku uurimisalal valdavate voolujooneliste pinnavormide suunaga ning millest on tinginud ka maalinna kaitsevalli samas suunas väljavenitatud kuju. Pinnavormide morfomeetiline analüüs näitas, et maalinna aluseks olev moreenkõrgendik sarnaneb mõõtmelt piirkonna keskmiste pinnavormidega, kuid on neist vähem väljavenitatud. Moreenkõrgendik pakkus kõrgemat ala, mida oli võimalik kasutada linnuse rajamisel ning mis võimaldas paremat nähtavust ümbritsevatele maastikule. Maalinna paiknemine kõrgemal moreenvormil Lõve jõe lammiala vahetus läheduses viitab sellele, et asukohavalikul võis olla oluline mitte ainult kaitseroll, mida pakkus moreenkõrgendik vaid ka võimalus jälgida lammialaga seotud liikumisteid. Arheoloogiliste uuringute põhjal kujunes Valjala muinasaja lõpul üheks Saaremaa olulisemaks piirkondlikuks keskuseks, mille ümber paiknes ulatuslik asustus- ja tegevusala ning mitmest vallist koosnev kaitstesüsteem (Mägi et al., 2023; Mägi, 2024). Sellise keskuse kujunemisel võis oluline olla ka maalinna paiknemine, kus kõrgem reljeef ja lammiala moodustasid hästi jälgitava terviku.

Lõve jõe paiknemine maalinna vahetus läheduses ja võimaliku sadamakoha küsimus on oluline arheoloogiliste tõlgenduste seisukohalt. Valjala ümbruse arheoloogiliste leidude põhjal on oletatud, et võimalik sadamakoht võis paikneda maalinnast lääne pool praeguse lammiala piirkonnas vana talukoha lähedal, kust on leitud arheoloogilist materjali (Mägi, 2024). Käesoleva töö tulemused toetavad seda tõlgendust maastikulises mõttes. Georadari tulemused, orgaanikarikaste liivade levik ning vooluvee mõjule viitavad setted näitavad, et lammialal on minevikus esinenud aktiivne veega seotud keskkond. Orgaanikarikas kihi B vanus ulatub ligikaudu 3800 aasta tagusesse aega ning kujunes perioodil, mil sondeerimispunkt paiknes paleogeograafiliste rekonstruktsioonide järgi madalaveelises lahesopis veesügavusega kuni 1m, kuhu suubus tollane Lõve jõgi. Tulemused on kooskõlas Saaremaa Holotseeniaegse rannajoone arengut käsitlevate varasemate töödega (Raukas, 2009).

Kihi B alaosas viirsavidel lasuv õhuke halvasti sorteeritud peenliivakiht tähistab lühikest muutlikut settimisaega. Oluliseks keskkonnamuutuse näitajaks on orgaanikarikas peenliivakiht, milles esineb taimejäänuseid, puitu ja sütt. Kihi B terasuuruse varieeruvus ja suhteliselt halb sorteeritus viitavad muutlikele madalaveelistele settetingimustele ning peegeldavad dünaamilist ranniku- ja jõesüsteemi, mille areng mõjutas piirkonna maastiku kujunemist juba enne maalinna rajamist.

Taimejäänuste radiosüsinikdateeringute põhjal koostatus aeg-sügavus mudeli alusel hakkas orgaanikarikas peenliivakiht B kujunema ligikaudu 3800 aastat tagasi. Maakerke tulemusena taandus rannajoon järk-järgult ning umbes 3500 aastat tagasi asendusid merelised tingimused Valjala ümbruses tõenäoliselt jõeliste tingimustega. Seda toetab paleogeograafiline rekonstruktsioon (joonis 15), mille alusel oli rannajoon nihkunud Valjalast 1.1-1.3 km kaugusele ja kihis C kirjeldatud setteläbilõige.

Kihis C, mis esineb sügavusvahemikus 10–36 cm, leiduvad orgaanikarikkamad lamellid ja laine- või vooluvired viitavad vooluvee mõjule ning võimaliku vana voolusängi olemasolule. Georadari ja sondeerimise tulemused näitavad orgaanikarikaste liivade levikut lammialal 34 m laiuse läätsena, kus liivakeha paksuseks on kuni 64 cm. Need andmed viitavad sellele, et Lõve jõe asend ja veerežiim on aja jooksul muutunud ning minevikus võis jõgi olla suurem ja paikneda maalinnale lähemal kui tänapäeval.

Kihis C esinevad kihitatud peenliivad ja vooluvired on nooremad kui 3500 aastat vanad, kuid ei ole proovides sisalduva sobiva orgaanilise materjali vähesuse tõttu dateeritud. Seetõttu ei ole võimalik praeguste andmete põhjal kindlalt öelda, kas tegemist on maalinna aktiivse kasutamise aegse jõesängi või varasema jõelise arenguetapiga ega siduda seda kihti maalinna aktiivse kasutamise perioodiga, kuid selle paiknemine lammiala madalamas osas sobitub arheoloogiliste oletustega piirkonna võimaliku sadamakoha ja liikumistee kohta.

Paleogeograafilise rekonstruktsiooni (joonis 15), alusel oli maalinna aktiivse kasutamise ajaks 11.–13. sajandil rannajoon taandunud ligikaudu 6,7 km kaugusele maalinnast. Seega ei olnud Valjala maalinn sellel perioodil enam otseselt rannalähedane paik. Kuigi otsene ühendus merega oli selleks ajaks kadunud, erinesid rekonstruktsioonide ja setteandmete põhjal Lõve jõe veeolud tänapäevasest. Lammiala laiuseks oli umbes 800m ning paleogeograafilisel rekonstruktsioonil on jälgitavad erinevad võimalikud voolusängid linnusest 300 kuni 700m kaugusel. Lammiala koos niiskemate madalikega võis jätkuvalt mõjutada piirkondlikke ühendusteid ja maastiku läbitavust ning liikumisvõimalusi. Arheoloogiliste uuringute põhjal kujunes Valjalast ulatuslik piirkondlik keskus (Mägi, 2024), mistõttu võis maalinna paiknemine kohas kus nii sisemaal, kui ka mööda veeteid oli võimalus liikuda, olla oluline ka linnuse aktiivsel kasutusajal. See täpsustab varasemaid käsitlusi Valjala seotusest ranniku ja mereliste ühendustega (Mägi, 2025), näidates, et Valjala tähtsus ei sõltunud otsesest rannalähedusest ka linnuse aktiivsel kasutusajal.

Teine oluline arheoloogiline küsimus oli linnuses kasutatud kivimaterjali päritolu. Kaitsevalli kivimilise koostise analüüs näitas, et maalinna kaitsevalli müüride ehitamisel on kasutatud dolomiitset kivimaterjali, millele lisanduvad täitematerjalina kasutatud ümardunud munakad, mis koosnevad valdavalt karbonaatkivimitest, kuid sisaldavad hinnanguliselt 10-20% ka tard- ja moondekivimeid. Isotoopanalüüside põhjal erinevad Valjala maalinna müürikivid nii lähima Võrsna vana paemurru kui ka Kaarma karjääri dolomiitidest. Maalinnast ligi 170-400 m kagu suunas esineb moreenmaastikul mitmeid sissekaeveid vallidesse (joonis 8), kus esineb nii rähkset moreeni kui ka suuremaid paelahmakaid, mida võidi ära kasutada linnuse müüride ehituseks ja täiteks. See viitab kohaliku materjali sihipärasele kasutamisele linnuse rajamisel.

Kokkuvõttes näitavad töö tulemused, et Valjala maalinna kujunemist mõjutasid koos piirkonna pinnamood, Lõve jõe areng ning kohalike ehitusmaterjalide olemasolu ja kättesaadavus. Tulemused viitavad, et Valjala maalinna tähtsus ei põhinenud üksnes otsesel rannalähedusel, vaid pigem piirkonna sisemaisel maastikulisel sobivusel, kohalike ressursside kättesaadavusel

ning ümbritseva liikumiskeskonna kontrollimise võimalusel. Kõrgem moreenvorm pakkus looduslikult hästi kaitstud ja ümbritsevat maastikku jälgida võimaldavat asukohta, samas kui lammiala ja muutuvad veeolud võisid mõjutada piirkondlikke ühendusteid ning maastiku kasutusvõimalusi. Arheoloogiliste leidude põhjal oletatud võimaliku sadamakoha paiknemine vana talukoha piirkonnas sobitub käesoleva töö maastikuliste ja setteliste tulemustega, kuid olemasolevad geoarheoloogilised andmed ei võimalda sadamakoha olemasolu otseselt kinnitada ega hinnata Lõve jõe laevatatavust maalinna aktiivse kasutamise perioodil. Geoarheoloogiline lähenemine võimaldas siduda piirkonna maastiku arengu arheoloogiliste tõlgendustega ning täpsustada Valjala maalinna looduslikku tausta ja selle võimalikku mõju linnuse toimimisele muinasajal.

Käesoleva uuringu tulemusena võib välja tuua alljärgnevad järeldused:

1) Valjala maalinna asukoht oli tihedalt seotud piirkonna pinnamoega, mida kasutati linnuse rajamisel oskuslikult ära. Moreenvall, mille peale maalinn rajati, on ligikaudu 3,2 m kõrge ning väljavenitatud ovaalse kujuga. Kõrgem moreenvorm pakkus looduslikult hästi kaitstud asukohta ning võimaldas jälgida ümbritsevat maastikku. Kuigi rannajoon oli maalinna aktiivse kasutamise ajaks taandunud ligikaudu 6,7 km kaugusele, paiknes Lõve jõe lammiala vahetult maalinna läheduses. See viitab sellele, et maalinna asukohavalikul võis lisaks reljeefile oluline olla ka lähedus lammialale ja sellega seotud liikumissuundadele.

2) Maalinna ehitamiseks kasutatud materjal koguti suure tõenäosusega ümbruskonnast, näiteks on maalinna lähedal, umbes 170-400 meetri kaugusel lõunas näha mitmeid sissekaeveid, kus rähkse moreeni sees leidub nii müüri ladumiseks sobilikke paelahmakaid kui ka täiteks sobivaid valdavalt karbonaatseid munakaid. Linnuse ehitamisel ei kasutatud müürikivina tõenäoliselt Võrsna paemurru ja veel kaugemal asuva Kaarma karjääri karbonaatkivimeid.

3)Uuringu tulemuste põhjal võib järeldada, et ligi 3800 aastat tagasi paiknes tänase Lõve jõe lammil, Valjala lähistel madalaveeline laheseopp, kuhus suubus tollane Lõve jõgi. Setete analüüsi tulemused ja paleogeograafilised rekonstruktsioonid näitavad, et ligi 3500 tagasi olid merelised tingimused Valjala alal asendunud jõelistega ning rannajoon taandunud ligi 1,1-1,3 km kaugusele. Kihis C esinevad kihitatud peenliivad ja vooluvired viitavad vooluvee mõjule ning võimaliku jõesängi olemasolule lammialal, kuid selle kihi otsese dateeringu puudumise tõttu ei ole võimalik kindlalt siduda seda maalinna aktiivse kasutamise perioodiga.

4)Maalinna aktiivse kasutamise perioodil 11-13 saj. oli rannajoon maatoosu tõttu taandunud Valjalast juba ligi 6,7 km kaugusele. Tollase Lõve jõesängi asukoht ei ole teada, kuid see paiknes lammiala piires arvatavasti 300 kuni 700 m kaugusel maalinnast.

6 Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärk oli uurida Valjala maalinna ümbruse maastikke, setteid ja nende arengulugu geoarheoloogilisest vaatenurgast. Töös analüüsiti pinnavormide morfomeetriat, Lõve jõe lammiala setteid, koostati paleogeograafilised rekonstruktsioonid ning uuriti maalinna kaitsevalli kivimilist koostist.

Tulemused näitasid, et Valjala maalinn paikneb kõrgemal kirde–edela suunalisel moreenvormil, mis eristub ümbritsevast reljeefist nii kõrguse kui ka kuju poolest. Pinnavormide morfomeetriline analüüs näitas, et maalinna orientatsioon järgib piirkonnas domineerivate moreenvormide üldist suunda. See viitab sellele, et maalinna rajamisel kasutati teadlikult ära olemasolevat reljeefi ja looduslikku kõrgendikku. Kõrgem moreenvorm pakkus hästi kaitstud asukohta ning võimaldas jälgida ümbritsevat maastikku ja selle kaudu kulgevaid liikumissuundi.

Lõve jõe lammialal tuvastati orgaanikarikkaid peenliivaseid setteid, mis lasuvad hilisjääaegsel viirsavil. Setetest määratud taimejäänused ja radiosüsinikdateeringud näitasid, et orgaanikarikas liivakiht pärineb varasest pronksiajast. Paleogeograafiliste rekonstruktsioonide järgi paiknes uuringuala ligikaudu 3800–3500 aastat tagasi madalaveelises keskkonnas, kuhu suubus tollane Lõve jõgi. Georadari ja sondeerimise tulemused viitasid vana voolusängi olemasolule ning näitasid, et piirkonna veeolud ja Lõve jõe asend on aja jooksul muutunud.

Paleogeograafilised rekonstruktsioonid näitasid, et Holotseeni jooksul on Valjala ümbruse rannajoon maakerke tõttu järk-järgult taandunud. Pronksiajal ulatus meri uuringualale märksa lähemale, kuid maalinna aktiivse kasutamise ajaks 11.–13. sajandil paiknes rannajoon juba ligikaudu 6,7 km kaugusel. Seega ei olnud Valjala maalinn sellel perioodil enam otseselt rannalähedane paik. Samas viitavad lammiala setted ja paleogeograafilised rekonstruktsioonid sellele, et piirkonna veeolud erinesid tänapäevasest ning Lõve jõe lammiala võis mõjutada maastiku läbitavust ja kohalike liikumisteede kujunemist.

Valjala maalinna kaitsevalli kivimilise koostise analüüs näitas, et ehitamisel kasutati peamiselt dolomiitset kivimaterjali koos ümardunud pinnakattekividega. Isotoopanalüüside põhjal erinevad Valjala kivimid nii Võrsna vana paemurru kui ka Kaarma karjääri dolomiitidest. See viitab sellele, et ehitusmaterjal pärines tõenäoliselt maalinna lähiümbrusest ning linnuse rajamisel kasutati kohapeal kättesaadavat kivimaterjali.

Kokkuvõttes näitavad töö tulemused, et Valjala maalinna kujunemist ja toimimist mõjutasid koos piirkonna reljeef, rannajoone taandumine, Lõve jõe asendi ja hüdrooloogiliste tingimuste muutumine ning kohalike loodusressursside kättesaadavus. Tulemused viitavad sellele, et Valjala maalinna asukohalik oli tihedalt seotud ümbritseva maastiku ja piirkonna looduslike tingimustega. Kõrgem moreenvorm pakkus looduslikult hästi kaitstud asukohta, samas kui lammiala ja muutuvad veeolud võisid mõjutada piirkondlike liikumisvõimalusi ning maastiku kasutust. Geoarheoloogiline lähenemine võimaldas siduda piirkonna maastiku arengu arheoloogiliste tõlgendustega ning täpsustada Valjala maalinna kujunemist mõjutanud looduslike tingimusi.

Geoarchaeological analysis of Valjala hillfort: the origin of construction materials and the development of regional landscapes and hydrological networks in the Late Holocene

Kärt Luik

Summary

The aim of this master's thesis was to investigate the landscapes, sediments, and development history surrounding the Valjala stronghold from a geoarchaeological perspective. The study focused on morphometric analysis of landforms, sediments of the Lõve River floodplain, reconstruction of paleogeographical conditions, and the lithological composition of the stronghold's defensive rampart.

The results showed that the Valjala stronghold is situated on an elevated northeast–southwest-oriented moraine landform that differs from the surrounding relief in both height and shape. Morphometric analysis demonstrated that the orientation of the stronghold follows the general orientation of the dominant moraine landforms in the area. This suggests that the existing relief and natural elevation were deliberately utilised when establishing the stronghold.

Organic-rich fine-grained sandy sediments overlying Late Glacial varved clay were identified in the floodplain of the Lõve River. Plant remains and radiocarbon dates obtained from these sediments indicated that the organic-rich sand layer dates back to the Early Bronze Age. The results suggest that approximately 3800–3500 years ago, the study area was located in a shallow-water environment.

Paleogeographical reconstructions showed that during the Holocene, the shoreline in the Valjala area gradually retreated due to postglacial land uplift. During the Bronze Age, the sea extended considerably closer to the study area, whereas by the main occupation period of the stronghold in the 11th–13th centuries, the shoreline had retreated to approximately 6.7 km from the site. At the same time, the hydrological conditions of the area likely differed from those of the present day, and lower wetland areas together with former channels of the Lõve River may have influenced the development of local movement routes.

Analysis of the lithological composition of the defensive rampart showed that the construction material consisted mainly of dolomitic rocks together with rounded glacial erratics. Stable isotope analyses demonstrated that the Valjala rocks differ from both the dolomites of the old Võrsna quarry and those of the Kaarma quarry. This suggests that the building material most likely originated from the immediate surroundings of the stronghold and that locally available stone material was used in the construction of the rampart.

In conclusion, the results of this study indicate that the development and functioning of the Valjala stronghold were influenced by the regional relief, shoreline displacement, changes in the position and hydrological conditions of the Lõve River, and the availability of local natural resources. The results suggest that the location of the Valjala stronghold was closely connected to the surrounding landscape and local environmental conditions. The elevated moraine

landform provided a naturally well-protected location, while changing hydrological conditions and the availability of local building materials influenced both the use of the surrounding landscape and the construction of the stronghold.

Tänuavaldused

Alar Rosentau ja Triinu Jairus, suur tänu juhendamise, toetuse ja väärtuslike nõuannete eest magistritöö valmimisel.

Suur tänu, Marika Mägi, Leho Ainsaar, Holar Sepp, Hannes Tõnisson, Merle Muru, Leeli Amon, Eliise Poolma ja Kairi Põldsaar, abi, nõuannete ja koostöö eest töö erinevates etappides.

Autor tänab kõiki, kes olid abiks välitöödel ning panustasid töö valmimisse.

Tänan oma lapsi Saskia ja Roald Luike – olete mulle suureks innustuseks ja motivatsiooniks.

Kirjandusloend

- Ainsaar, L. & Martin, I. A. 2024. Stop 14: Kaarma quarry. In: Hints, O., Männik, P. & Toom, U. (eds). *XI Baltic Stratigraphical Conference. Abstracts and Field Guide*. Geological Society of Estonia, Tallinn, 126–128.
- Benn, D. & Evans, D. J. A. 2014. *Glaciers and Glaciation*. 2nd edition. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203785010>
- Bennett, M. R. 2001. The morphology, structural evolution and significance of push moraines. *Earth-Science Reviews*, 53(3–4), 197–236. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00039-8)
- Bronk Ramsey, C. 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337–360. <https://doi.org/10.1017/S0033822200033865>
- Brown, A. G. 2008. Geoarchaeology, the four dimensional (4D) fluvial matrix and climatic causality. *Geomorphology*, 101(1–2), 278–297. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.021>
- Ehlers, J., Gibbard, P. L. & Hughes, P. D. 2018. Quaternary Glaciations and Chronology. In: *Past Glacial Environments*, 77–101. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100524-8.00003-8>
- Ely, J., Clark, C. D., Spagnolo, M., Stokes, C. R., Greenwood, S. L., Hughes, A. L. C., Dunlop, P. & Hess, D. 2016. Do subglacial bedforms comprise a size and shape continuum? *Geomorphology*, 257, 108–119. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.01.001>
- Evans, D. J. A. 2007. Glacial landforms | Moraine forms and genesis. In: *Encyclopedia of Quaternary Science*, 772–784. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-44-452747-8/00086-7>
- Geoloogiline ajaskaala 2024. Eesti Stratigraafia Komisjon. <https://doi.org/10.23679/1031>
- Henriku Liivimaa kroonika: *Heinrici chronicon Livoniae*. 1982. Tarvel, E. (toim.), Kleis, R. (tlk). Tallinn, Eesti Raamat.
- Hänsel, P., Oehrl, S., Idestrom, L., Widerstrom, P., Reddin, C. J. & Munnecke, A. 2022. Stable carbon and oxygen isotope geochemistry as provenance indicator for the picture stones on Gotland (Sweden). *GFF*, 144(3–4), 220–239. <https://doi.org/10.1080/11035897.2023.2233575>
- Hänsel, P., Wendt, A., Oehrl, S. & Munnecke, A. 2024. Raw material origin and preference of the Lärbro Group, Tjängvide Group and D-type picture stones at Statens Historiska Museet in Stockholm, Sweden. *GFF*, 146(1–2), 3–14. <https://doi.org/10.1080/11035897.2025.2468228>
- Kaljo, D. & Martma, T. 2006. Application of carbon isotope stratigraphy to dating the Baltic Silurian rocks. *GFF*, 128(2), 123–129. <https://doi.org/10.1080/11035890601282123>

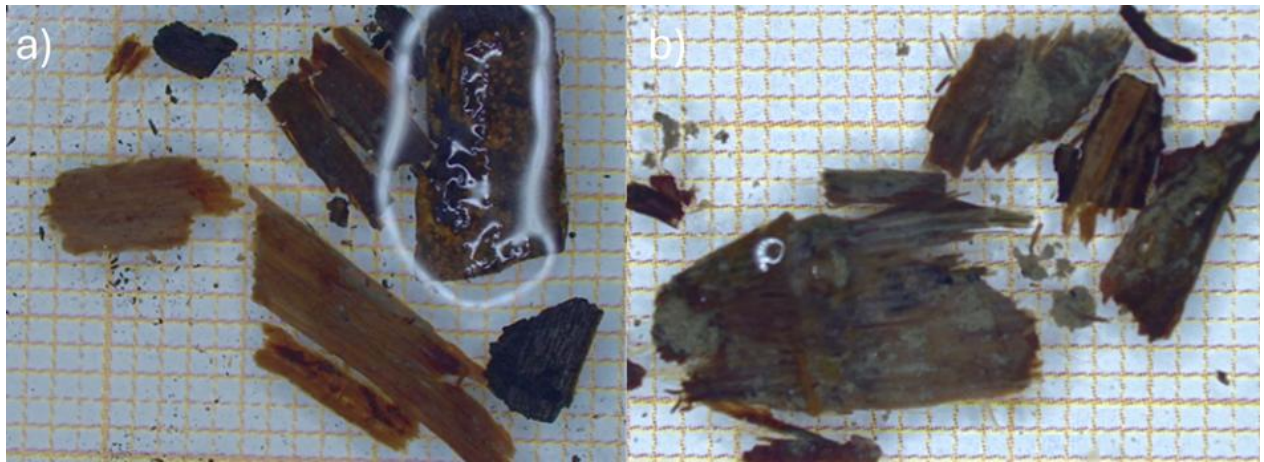
- Kaljo, D., Martma, T., Märss, T., Nestor, V. & Viira, V. 2022. A bio- and chemostratigraphic search for the Mid-Ludfordian Carbon Isotope Excursion interval in the Ludlow of the Ohesaare core, Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 71, 44–60.
- Lowe, J. J. & Walker, M. J. C. 2015. *Reconstructing Quaternary Environments*. Third edition. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315797496>
- Maa-amet. 2025. Maa-ameti geoportaal: kaardirakendus. <https://geoportaal.maaamet.ee>. Vaadatud 11.04.2026.
- Munsell Color. 2009. *Munsell Soil Color Charts*. Grand Rapids, MI: Munsell Color.
- Mägi, M. 2025. Valjala – tugevaim linn Saaremaa muude linnade seas. In: Pesti, O. (toim.). *Saaremaa Muuseumi kaheaastaraamat 2023–2024*, 3–33. Kuressaare, SA Saaremaa Muuseum.
- Nanson, G. C., Price, D. M., Jones, B. G., Maroulis, J. C., Coleman, M., Bowman, H., Cohen, T. J., Pietsch, T. J. & Larsen, J. R. 2008. Alluvial evidence for major climate and flow regime changes during the middle and late Quaternary in eastern central Australia. *Geomorphology*, 101(1–2), 109–129. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.032>
- Nestor, H. 1997. Silurian. In: Raukas, A. & Teedumäe, A. (eds). *Geology and Mineral Resources*. Tallinn, Estonian Academy Publishers, 101–104.
- Perens, R., Einmann, A. & Kukptsov, A. 1989. *Kompleksne geoloogilis-hüdrogeoloogiline melioratiivne kaardistamine M 1 : 50 000 Saaremaal (idaosa)*. Eesti Geoloogiafondi aruanne 4334. <https://fond.egt.ee/fond/egf/4334> [venekeeles]
- Raukas, A. 2009. When and how did the continental ice retreat from Estonia? *Quaternary International*, 207(1–2), 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.11.010>
- Raukas, A. & Eltermann, G. 2002. Pinnamoe kujunemine enne jääaega. In: *Saaremaa. Loodus, aeg, inimene*. Eesti Entsüklopeediakirjastus.
- Raukas, A., Bauert, H., Willman, S., Puurmann, E. & Ratas, U. 2009. *Geotourism highlights of the Saaremaa and Hiiumaa islands*. Tallinn, Geological Survey of Estonia.
- Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Ramsey, C. B., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M. jt. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62(4), 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Saarse, L., Vassiljev, J. & Rosentau, A. 2009. Ancyclus Lake and Litorina Sea transition on the Island of Saaremaa, Estonia: A pilot study. *Baltica*, 22, 51–62.
- Selley, R. C., Cocks, L. R. M. & Plimer, I. R. 2004. *Encyclopedia of Geology*. Elsevier Academic.
- Vérité, J., Ravier, É., Bourgeois, O., Bessin, P., Livingstone, S. J., Clark, C. D., Pochat, S. & Mourgues, R. 2022. Formation of murtoos by repeated flooding of ribbed bedforms

along subglacial meltwater corridors. *Geomorphology*, 408, 108248.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108248>

Weisler, M. I. & Love, S. 2015. Geoarchaeology. In: *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 53–57. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.13049-1>

LISAD

Lisa 1. Dateeritud materjal a) 38-40 (süsi, puit); b) 50-52 (puit)



Lisa 2. Valik makrofossiile



Lisa 3. Proovide radiosüsinikdateeringu kalibreerimistulemused

Proov (38–40 cm)

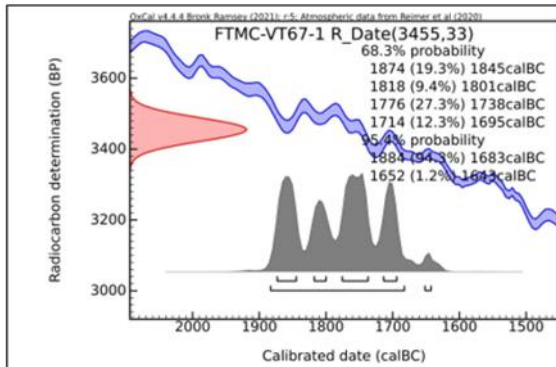


Fig. 1. Radiocarbon date 3455±33BP (red), part of the calibration curve (blue) and the calibrated probability density function (grey) calculated in OxCal.

Proov (50–52 cm)

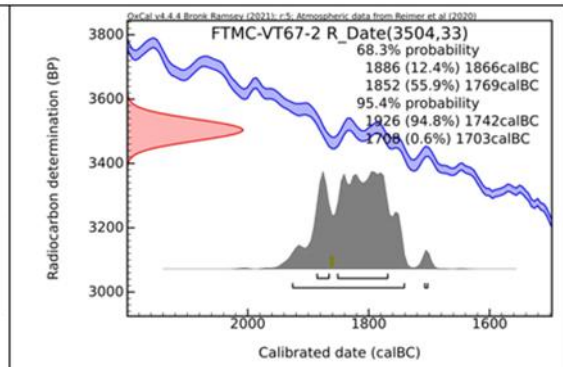


Fig. 2. Radiocarbon date 3504±33BP (red), part of the calibration curve (blue) and the calibrated probability density function (grey) calculated in OxCal.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Kärt Luik,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

Valjala maalinna geoarheoloogiline analüüs: ehitusmaterjalide päritolu ning piirkonna maastike ja vetevõrgu areng Hilis-Holotseenis,

mille juhendajad on Alar Rosentau ja Triinu Jairus,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Kärt Luik

25.05.2026