

TARTU JAAN POSKA GÜMNAASIUM
ANTS HENDRIK LIIVAK
11. KLASS

KÄKU SEPIKOJA ARHEOLOOGILISTE LEIDUDE KONSERVEERIMINE

JUHENDAJAD RAGNAR SAAGE, MA (TARTU ÜLIKOOL),
SIRJE ALLIK (JAAN POSKA GÜMNAASIUM)

SISSEJUHATUS

Käesolev uurimistöö käsitleb Käku sepikoja arheoloogiliste leidude konserveerimismeetodeid. Uurimistöö teema valik sai alguse autori seotusest Käku sepikoja arheoloogiliste väljakaevamistega 2012. aastal. Autor osales kuu aega kaevamistel ning 2013. aasta kevadel tegeles Käku sepikoja leidude puhastamisega. Autor valis antud teema, kuna soovis arendada enda teadmisi arheoloogiavaldkonnas.

Käku küla asub Saaremaal, Kaarma vallas, muistiserikkas piirkonnas. Käku sepikoja asukohas on dateeritud kolme erineva ajastu sepikojad.¹ Uurimistöö eesmärk on selgitada välja, missugune konserveerimismeetod on kõige efektiivsem Käku sepikoja leidude konserveerimiseks. Uurimistöö fookuses on sepikojast leitud erinevad rauast esemed ja Tartu Ülikooli laboris kasutusel olevad konserveerimisvahendid. Arheoloogialaboris uuritakse lähemalt leide ja kasutatakse aparatuure nende puhastamiseks ja uurimiseks. Töö tulemusena tehakse leidudest nimekiri, võrreldakse konserveerimistulemusi ning uuritakse välja, milline konserveerimismeetod on kõige tõhusam.

¹ Saage, R., 2013 magistritöö lk 4

Hea ülevaate konserveerimisteooriast saab Shyam Narain Kamal K. Jaini raamatust, „Iron Artifacts History of Metallurgy, Corrosion and Conservation” ja A. Bradley raamatust „Archelologist’s Manual for Conservation”. Eeskujuks töö tegemisel olid Aive Rummi magistritöö „Eesti vara-uusaegsete müntide konserveerimine. Metoodika ja Probleemid”² ja Triin Jänese bakalaureusetöö „Padise kloostri arheoloogilised leiud: raudesemete konserveerimine”³.

Tuginedes kogutud teadmistele ning kasutades arheoloogialabori konserveerimisaparatuuri, üritab käesolev uurimistöö vastata küsimusele, missugune uurimistöös kasutusel olevatest konserveerimismeetoditest on kõige efektiivsem.

Uurimistöö on jaotatud kaheks peatükiks, kus kirjeldatakse töö käiku ja seletatakse arheoloogialaboris toimuvat. 1. peatükk annab ülevaate konserveerimise ajaloost Eestis ja kirjelduse konserveerimisteooriast ning toob välja selle etapid. 2. peatükis antakse lühiülevaade Käku sepikojast ning käsitletakse konserveerimispraktikat, samuti tehakse järeldused.

1. KONSERVEERIMISE AJALOOST JA MEETODITEST

1.1. KONSERVEERIMINE EESTIS

Konserveerimisega on tegeletud Eestis juba alates aastast 1880 ning pigem võeti uurimise alla suurejoonelisemad leiud, mitte aga väikesed esemed, mis loobiti minema. Konserveerimistingimused ei olnud sel ajal head, kuna vajalikke laboreid selleks polnud. Süngem periood algas Eesti ajaloos 1944. aasta sügisel Eesti okupeerimisega, mille tagajärjeks olid leidude hävitustööd ja paljude ajalooteadlaste küüditamine või tapmine. Olukord hakkas paranema 1950. aastate teisel poolel, kui Tartu Ülikool lõi mitmeid restauraatorite töökohti. Tõeline läbimurre toimus 1960. aastatel Eesti Rahva Muuseumis, kus loodi restauraatorite tuumikrühm ja hakkasid tekkima konserveerimise laboratooriumid.⁴

Eesti esimesed konserveerimised toimusid teadaolevate andmete põhjal 1882. aastal, kui G. Dragendorff tutvustas toleaeagsetele harrastusarheoloogidele metallesemete füüsilisi puhastus- ning konserveerimismeetodeid. Aastal 1902 võttis R. Hausmann metallesemete puhastamiseks

2 Rumm, A., Eesti vara-uusaegsete müntide konserveerimine. Metoodika ja Probleemid, Magistritöö Tallinn 2008.

3 Jänes, T., Padise kloostri arheoloogilised leiud: raudesemete konserveerimine, Bakalaureusetöö Tallinn 2012

4 Rumm, A., 2008 magistritöö lk 41–44 järgi, Peets, J. Põhilised kultuuriväärtused kahjustuse ja restaureerimise ajaloost, käsikiri, lk 6–7 (asub AI arhiivis)

kasutusele nn Kreiftingi meetodi, mis on tänapäeval kasutatavate galvaaniliste (keemilise energia muundamine elektrienergiaks) konserveerimismeetodite eelkäija. Meetodi looja oli Kristiana, Oslo ajaloomuuseumi konservaator A. Krefting aastal 1892. 1925. aastal organiseeris tolleaegne Tartu Ülikooli arheoloogiaprofessor Birger Nerman esimesed arheoloogiliste esemete konserveerimise kursused Eestis, mida juhendas Rootsi riigimuuseumi konservaator E. Sörling. Võib väita, et alates 1925. aastast muutus Eesti muinasleidude konserveerimine järjepidevaks, ning kursuse käigus konserveeritud leiud on säilinud tänaseni heas seisus.⁵ Eesti teeb pidevat koostööd oma naabritega arheoloogia valdkonnas, mis aitab kaasa maailma ajaloo uurimisele ning selle säilitamisele.



Joonis 1. Raua välikonserveerimine Käku 2012. aastal. Ragnar Saage foto (Eestis toimus esimene põletusmeetodil välikonserveerimine alles 2012. aastal Käkus)

1.2. KONSERVEERIMINE

Arheoloogiliste leidude konserveerimise peamine ülesanne on leiu säilitamine. Raua säilitamiseks on vaja uurida välja, mida ese sisaldab, mis eseme funktsioonid olid ja mis ajast on see pärit.

Raua olemasolu on võimalik välja selgitada leiu kaalu järgi või uurida eseme magneetilisi omadusi. Peamiselt kasutati töös magneetiliste omaduste kindlaks tegemiseks magnetit. Kui magneti tõmme leiul on tugev, saab kasutada leiu korrosiooni eemaldamiseks tugevat mehaanilist puhastust, kui aga leiu magnetiline tõmme on nõrk, on leius raud peamiselt ära mineraliseerunud

⁵ Peets, J., Loodus, inimene ja tehnoloogia Tallinn 1998 lk 328–329

ning leid võib kergesti laguneda. Leiu kaalu järgi saab oletada, kui palju rauda üldse leius võib olla. Kõige paremini saab leiu rauasisaldust välja uurida röntgenpiltide abil. Röntgenpildil olev valge osa on ala, kus kiirte liikumine sensorplaadini on tugevamini tõkestatud. Mida valgem on pildil olev leid, seda suurema rauasisaldusega ese on ning selle põhjal saab teha järeldusi, milline osa esemest on kõige paremini säilinud. Kui leiu rauasisaldus on kindlaks tehtud, saab leiule sobivat konserveermismeetodit rakendada.



Joonis 2. Röntgenfoto Kaku sepikoja leidudest, 2013. Ragnar Saage foto

Konserveerimisel hinnatakse, milline konserveerimismeetod on hetke seisus olevale raudleiule kõige sobilikum. Kui leid on halvasti säilinud ning laguneb, on leiule kõige sobilikum rakendada leotusmeetodit, kui aga leid on hästi säilinud, võib kasutada mehaanilist meetodit.

1.3. KORROSIOON

Kõik leiud, mis on pinnasest välja kaevatud, korrodeeruvad edasi, kuid nende korrodeerumiskiirus sõltub hoiustamistingimustest. Leidude seisund sõltub enamasti keskkonnatingimustest (veest, hapnikust, PH-tasemest, temperatuurist jt) ja leidude enda materjalist. Enamasti on anorgaanilised leiud keskkonna toimele vastupidavamad kui orgaanilisest ainekst leiud, mis hävinevad sageli

biolagunemise tõttu.⁶ Peamine leidude hoiustamisviis, mida kasutati Käku leidude jaoks, olid minigrippidesse pakendamine, kuna enamik leide ei vajanud erilisi hoiustusmeetoteid.

Raud on stabiilne oksiidina ja väga ebastabiilne puhtal kujul, kuna see element tahab kohe raudoksiidi moodustama hakata.



Raua, vee ja hapniku reaktsioon põhjustab rooste teket. Alguses ei teatud põhjust, miks rauale merevees rooste kiiremini tekib. Alles 19. sajandil saadi aru, et soolad mõjutavad raua roostetamist nii merevees kui ka maismaal.⁷

Korrosioon on keemiline reaktsioon, kus korrodeeruv raud käitub sarnaselt väikestele elektrokeemilistele elementidele. Kui raud oksüdeerub pikemalt edasi samades tingimustes tekib järgenvalt Fe(OH)_3 ehk punakaspruun kiht, mida tuntakse kui roostet. See uus raud(III)hüdroksoid Fe(OH)_3 ei moodusta rauale kaitsvat kihti (vesi ja hapnik pääsevad läbi) ning korrodeerumine jätkub.⁸

Raua korrodeerumisel on kaht tüüpi elektrokeemilisi reaktsioone. Anioonireaktsioon: raua oksiidid võtavad osa anioonide poolel ehk $M \rightarrow M^+ + ne^-$. Katioonreaktsioon: hapniku või hüdrogeeni reduktsioon võtab osa evolutsiooniliselt katioonide poolel ehk $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ või $2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$. Anioonireaktsioonis rauaioonid lahkuvad tahke raua pinnast ning lähevad elektrolüüti, jättes elektroni(d) raua. Need elektronid voolavad läbi raua põhiosa katiooni poole, kus neid kasutatakse ära katiooni reaktsiooniks, millest tekib vooluring, samal ajal taastades laengu tasakaalu rauas.⁹

1.4. SOOLAD

Rauda mõjutavad paljud tegurid, neist kõige ohtlikumad on soolad. Aluste ja hapete kombinatsioonid moodustavad soolasid nagu kaltsiumkarbonaat või karbonaatkloriid. Kui neid lahustada, siis nad eralduvad eraldi ionideks, kaltsiumiks (Ca^{2+}), vesinikkarbonaadiks (HCO_3^-), naatriumiks (Na^+) ja kloriidiks (Cl^-). Need soolad pärinevad pinnasest, seega Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} ja HCO_3^- ja silikaadid on sealt saadud.¹⁰

⁶ Rumm, A. magistritöö, 2008, lk 16

⁷ Rodgers, A. B., *Archelologist's Manual for Conservation*, 2004, lk 74–76

⁸ Narain, S.; Jain, K.K., Jain, *Iron Artifacts, History, Metallurgy, Corrosion and Conservation*, 2009, lk 36–45

⁹ Narain, S.; Jain, K.K., Jain, *Iron Artifacts, History, Metallurgy, Corrosion and Conservation*, 2009, lk 36–45

¹⁰ Cronyn J. M., *The Elements of Archaeological Conservation*, 1990, lk 21–23

Erinevaid kloriide esineb mitmel korrodeerunud leidudel. Raudkloriidi $FeCl_2$ leidub korrodeerunud leiu korrosiooniühendi pinnases olevates poorides, mis on peamised leiu pragude põhjustajatest. See esineb kollakate täpikestena vedelas olekus raua pinnal. Veevaba raudkloriid $FeCl_3$ on kovalentne ühend, mis lahustub orgaanilistes lahustes, samuti ka vees. See moodustab helekollaseid kristalle nagu heksahüdraat. Raudkloriid moodustub oksüdatsiooni atmosfääris rauas pärast raua välja kaevamist. Raudoksükloriid $FeOCl$ on peamised kloriide, mis sisalduvad raua roostekihis.¹¹

1.5. DESTILLEERITUD VEES LEOTAMINE JA KEETMINE

Leotusmeetodi peamine ülesanne on kloriidide eemaldamine rauast. Selle meetodi põhimõte seisneb võrrandis $Fe(OH)_nCl + X \rightarrow Fe(OH)_nX + Cl^-$, kus X võib olla hüdroksiidid, vesinikbikarbonaadid või karbonaadid. Protsessi eesmärk on lasta leidudel liguneda destilleeritud vees senikaua, kuni soolad on eraldunud leidude mikropragudest. Destilleeritud vees keetmine kiirendab soolade eraldumist rauast, kuid seda on soovitatav kasutada tugevate leidude puhul, kuna kõrge temperatuur võib hapramaid leide lagundada. Keetmise temperatuur ei tohi ületada üle 90 °C, sest siis võib tekkida oht, et raudese laguneb keemise käigus. Enamasti tuleb leide keeta 2–3 nädalat ning keemist peab pidevalt jälgima ja vajadusel tuleb vett lisada, kuna vesi aurustub, aga leiud peavad olema vee all. Leide tuleb harjaga roostest puhastada iga paari päeva tagant.¹²

1.6. ELEKTROLÜÜTILINE MEETOD

Selle meetodi eesmärk on muuta $FeOOH$ hoopis $FeOH$ -ks leelise sulfiidi redutseerumisel. See redotseeriv muutus suurendab korrosiooni poorsust, seega suurendab kloriidioonide difusiooni kiirust lahuses: $3FeOOH + 4H^+e^- \rightarrow Fe(OH)_3 + 2H_2O$.

Tuleb rakendada väliseid pingeid elektronidele, et saavutada vajalik redutseerimisreaktsioon. Malmist korrodeerunud esemed ei näita pärast elektrolüüsi mingeid raua muutusi.¹³

Elektrolüüs on redoksreaktsioon, mis toimib elektrienergia arvelt. Elektrolüüsi eesmärk on lagundada korrosioon ning vabastada kloriidid. Elektrolüüsiseade koosneb elektrolüüdilahusega täidetud anumast ning sellesse paigutatud elektrodidest. Elektrodide ühendamisel peab üks klemmidest omama negatiivset laengut (mille külge on kinnitatud leid) ja teine positiivset

¹¹ Narain, S.; Jain, K.K., Jain, Iron Artifacts, History, Metallurgy, Corrosion and Conservation, 2009, lk 57-59

¹² Narain, S.; Jain, K.K., Jain, Iron Artifacts, History, Metallurgy, Corrosion and Conservation, 2009, lk 82-84

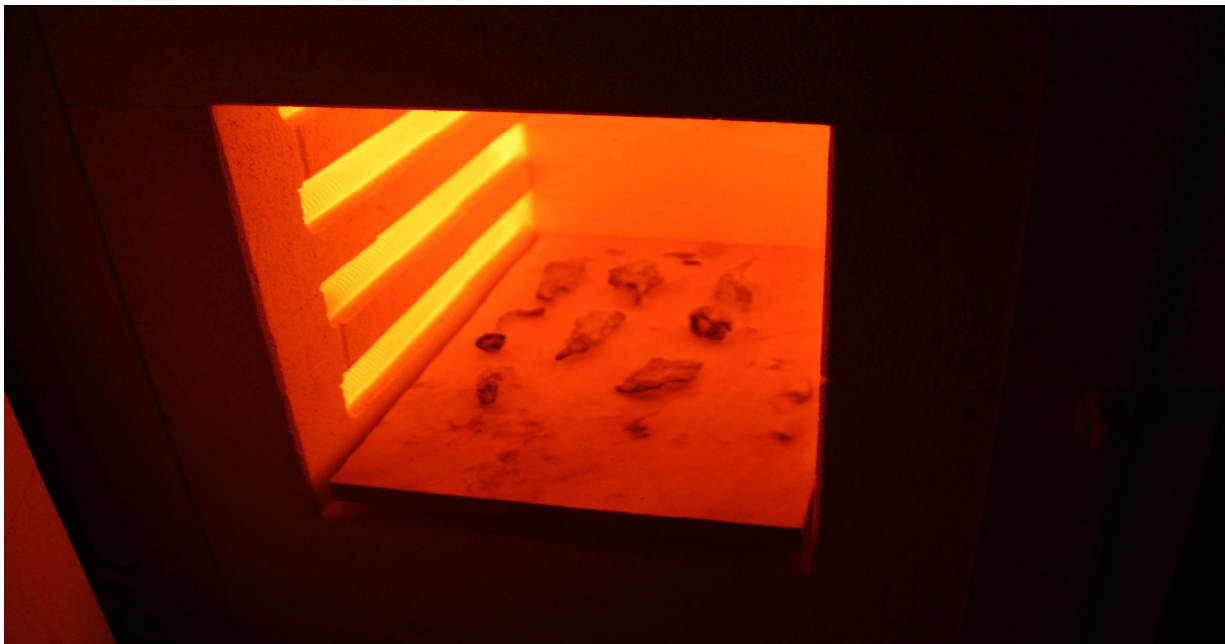
¹³ Samas, lk 97

laengut.¹⁴

Elektrolüüsiks kasutatakse anumad, mis ei ole plastikust ning talub hapet, kuna plastikust anum võib mõrnaneda. Suurema osa leidude jaoks kasutatakse vasest traati, kuna vask on hea elektrijuht. Üks traadi ots on ühendatud positiivse laenguga, teine negatiivse laenguga. Kui tegemist on suurema leiuga, tuleb sellele traate juurde siduda, kuna suuremal leiul on pind ulatuslikum, mis nõuab rohkem reageerivust. Traat peab puutuma kokku rauaga, et tekiks reaktsioon. Selle saavutamiseks tuleb korrosiooni kihi alt leida raua pind. Kui kõik eelnevad ettevalmistused on tehtud, võib lasta voolu klemmidesse.¹⁵

1.7. PÕLETUSMEETOD

Tavaliselt kasutatakse seda meetodit suuremate leidude puhastamiseks. Enne põletamist on vaja leidi saastest mehaaniliselt puhastada. Et kasutada põletusmeetodit, tuleb enne teha kindlaks, kas leidi talub kuumust. Järgnevalt asetatakse leidi 700–900 °C ahju vähemalt 8–10 tunniks, mille käigus leidi kahjustavad kloriidid sublimeeruvad. Eelistatud põletamise keskkond on neutraalne või redutseeriv. Pärast põletusprotsessi tuleb leidi aeglaselt jahutada, kuna kiire jahutamine võib leidule olla kahjulik. Kui leidi on jahtunud, tuleb rooste hõlpsasti maha.¹⁶



¹⁴ Samas, lk 97–100

¹⁵ Narain, S.; Jain, K.K., Jain, Iron Artifacts, History, Metallurgy, Corrosion and Conservation, 2009, lk 104–108

¹⁶ Peets J., Arheoloogilised välitööd Eestis, 2012, lk 275–278

Joonis 3. Kaku sepikoja leidude kuumutamine muhvelahjus. Autori foto (2014)

Raudleide peab aeglaselt jahutama, kuna rauda kiirelt jahutades tekib karastusefekt. Karastamiseks nimetatakse termotöötuse viisi, mille tulemusel saadakse ebastabiilne martensiitstruktuur.¹⁷ Pärast põletust on leiu peal kloriidikiht, mis tuleb eemaldada mehaaniliselt. Pärast kihi eemaldamist on raud väga ebastabiilne ning leid võib edasi korrodeeruda, puutudes kokku vee või niiskusega. Grafeeritud pind võib olla veel pehme ning sel võib olla kalduvus füüsilise kahjustamise korral puruneda.¹⁸ Väikeseid malmist leide on raskem katta kaitsekihiga kui sepiseid. Sepistele tekib õhuke oksiidikiht. Raudobjekti stabiliseerimiseks tuleb kasutada tanniinilahust. Tanniinilahus koosneb destilleeritud veest, tanniinist, etanoolist ja fosforhapest. Tanniinilahus tuleb kanda pinnale lühikarvalise pintsliga, mida tuleb tugevalt hõõruda vastu rauda, muidu võib korrosioon taas tekkida. Pärast seda tuleb objekt panna üheks nädalaks happevabale paberile kuivama.¹⁹

1.8. LEIDUDE KUIVATAMINE

Pärast puhastust käitub leiu pealispind kui kapillaartoru, säilitades vett. Ehk siis leiu täielik kuivatamine on oluline, et hoida ära edasine korrodeerumine pärast vahatamist. Kuivatamiseks kasutati töös kuumutamismeetodit. Kuumutusmeetodit ei ole sobilik kasutada mõranenud või pragunenud leidude puhul, sest kui ahju asetada ese, mille pragudes on vett, võib leid pingete tõttu puruneda, sest vesi paisub ja läheb keema.²⁰

Et ahjus kuivatada, peab ahju temperatuur olema kuskil 175 °C ning leid peab seal kuivama 24–48 tundi. Eseme kuivamise kiirus sõltub tema pinnastruktuurist ehk pinna tugevusest. Mida tugevam on eseme pind, seda kauem läheb aega selle kuivatamiseks. Sageli võivad pärast kuivatamist raua pinnale tekkida oranžikad oksiidilaigud, mida saab alkoholiga kergesti maha hõõruda.²¹

1.9. LEIDUDE VAHATAMINE

Mikrokristalliline vaha on parim katmismeetod materjalidele, mis on tehtud rauast. Pärast

¹⁷ Kulu P.; Kübarsepp J.; Valdma L., *Metalliõpetus ja metallurgia*, 1998, lk 168

¹⁸ Narain, S.; Jain, K.K., Jain, *Iron Artifacts, History, Metallurgy, Corrosion and Conservation*, 2009, lk 150–151

¹⁹ Narain, S.; Jain, K.K., Jain, *Iron Artifacts, History, Metallurgy, Corrosion and Conservation*, 2009, lk 137–139

²⁰ Rodgers, A. B., *Arheologist's Manual for Conservation*, 2004, lk 94–95

²¹ Samas, lk 94–95

raudesemete kuivatamist kaetakse need tavaliselt vahaga. Vaha, mida kasutatakse raua katmiseks, peaks hakkama sulama 70–90 °C juures, et püsida raua peal, selle värvus peaks olema kahvatu ja vaha peaks oleme bioloogiliselt inertne. See peab olema piisavalt kõva, et seista vastu deformatsiooni pidevale survele, kuid mitte nii kõva, et muutuda rabedaks.²²

Väike kogus vaha on juba piisav, et katta väiksemaid rauast leide. Vaha peab panema kindlasse anumasse ning seejärel peab selle asetama ahju, umbes 110–130°C juures. Siis saab sulatatud vaha kasutada katmiseks. Raudese tuleks panna traatvõrgu sisse niimodi, et võrgu ots ulatuks vahast välja, kui see asetatakse anumasse.²³

Seejärel kastetakse leid vahasse, kuni mullitamine lõpeb. See võtab umbes 1–2 tundi aega. Pärast leiu vahasse asteamist jäetakse see sinna kaheks tunniks, et tagada lõplik immutamine, enne kui vaha jahtub. Kui vaha hakkab jahtumise käigus tahkuma, võetakse ese välja ning asetatakse kuumuskindlale pinnale. Täielik jahtumine võib võtta aega kuni 24 tundi. Pärast jahtumist eemaldatakse vaha skapelli või noaga ning leiu pind puhastatakse ettevaatlikult harjaga, kasutades lakkbensiini. Leid tuleb seejärel asetada tolmuvahtkeskkonda ning soovitatavalt hoida siseruumides.²⁴

2. KÄKU SEPIKOJA LEIDUDE KONSERVEERIMINE

2.1. KÄKU SEPIKODA

Käku sepikoda on dateeritud perioodi 14. sajandi II veerandist kuni 16. sajandi alguseni. Sepikoda on aegade jooksul korduvalt taasehitatud. Sepikoda oli tahumata palkidest ristpalkehitis. Põrand oli tehtud paekivisillutistest, mis ulatub sepikojast välja. Sepikoja edelaseinas asus uks.²⁵

Sepikojas töödeldi rauda, luud ja pronksi, kuigi luust leidude vähesusest lähtudes võib eeldada, et luutöödega tegeldi vähem. Peamine sissetulekuallikas oli rauatöö, tehti igapäevaseid tarberiistu: nuge, vikateid, sirpe, hobuste kabjanaelu ja muid praktilisi esemeid. Sepikojas tegeleti ka terase taaskasutusega ning pronkssepise ja pronksi valamisega.²⁶

²² Narain, S.; Jain, K.K., Iron Artifacts History, Metallurgy, Corrosion and Conservation, 2009, lk 52

²³ Samas, lk 152

²⁴ Samas, lk 152

²⁵ Saage, R., 2013 magistritöö lk 15–18

²⁶ https://www.academia.edu/attachments/32653143/download_file

Käku sepikojast avastati peamiselt rauast, aga ka pronksist ja messingust leide. Kõige tavalisemaks leiuks olid rauast tootmisjäägid, mida oli kokku tuhandeid. Peamised leiud, mida autor uurib, on rauast. Kõige suurejoonelisemaks raudleiuks olid taba- ja püstolilukud. Arvuliselt kõige rohkem oli kabjanaelu. Enamik leide on veel korrosioonikihi all ning vajavad hooldamist ja töötlemist.²⁷

2.2. ESEMETE VALIK KONSERVEERIMISEKS

Autor osales esimest korda Käku sepikoja väljakaevamistel 2012. aasta suvel. Kaevamised toimusid ka 2013. aasta suvel (juulist augusti lõpuni) ja kevadel hakati tegelema ka leidude puhastamisega. Puhastamine käis harja ja veega ning leiud tehti nende peal olevast saastest puhtaks. Pärast seda pandi leiud ootele lattu, kus temperatuur oli stabiilne.

Uurimise alla valiti erineva korrasoluga leide, et proovida erinevaid korrosiooni eemalduse meetodeid. Alguses hinnati leidude seisut, et saada teada, milline konserveerimismeetod on antud leiule kõige sobilikum. Leiu rauasisaldus tehti kindlaks magneti abil. Kui see meetod ei toimunud või rauasisaldus oli kaheldav, tehti röntgenanalüüs.

Tartu Ülikoolis on kahte sorti röntgeniaparate, esimene neist on meditsiiniline. Teist aparati, mida kasutatakse peamiselt tööstuses, rakendati uurimise all olevatele leidudele. Röntgenpiltide põhjal sai lõplikult teada leiu korrosiooni kihi all oleva kuju ja vaadelda, kus asub leiu suurem raua sisaldus ning kas leid on mõranenud. Röntgenfotod aitavad tuvastada leidudel olevaid mustreid ja graveeringuid. Pärast röntgenülevõtteid saab lõplikult kinnitada, missugune korrosiooneemaldusmeetod on kõige efektiivsem antud leidudele.

2.3. SOOLSUSE KATSED

Järgmine oluline etapp oli välja uurida leidude kloorisustase. Selleks kasutati hõbenitraatlahusega testimise meetodit. Selleks tuli leid asetada destilleeritud vette vähemalt üheks ööpäevaks. Järgmisel päeval täideti katseklaas veeprooviga. Katseklaasi tilgutati 1 kuni 3 tilka lämmastikhappe ja hõbenitraadilahust. Kui esemes oli väiksem kogus kloriide, muutus vesi veidi häguseks, kui aga kloriide oli palju, muutus vesi piimjaks. Teste tehti seni, kuni tulemused olid rahuldavad.

²⁷ Saage, R., 2013 magistr töö lk 25–38



Joonis 4. Hõbenitraadi katse: vasakus klaasis on elektrolüüsitud leiu leotusvedelik, keskmises põletusmeetodi leiu leotusvedelik ja parempoolses on kraanivesi. Hõbenitraat reageerib sooladega, selle käigus tuleb piimjas hägu. Autori foto (2014)

Hõbenitraadi ülesanne soolsuse katses on näidata, kui palju on vedelikus sooli. Hõbenitraat reageerib sooladega, tekitades selle käigus valge pilve sadestuse. Sellise meetodi nõrkus on, et see ei anna konkreetset tulemust, kuna leid muutub häguseks ainult hetkeks, mille põhjal ei saa täpset soolade kogust välja uurida.

Soolsuse katseid tehti uurimistöö käigus neli. Esimene neist toimus 3. veebruaril, kui uuriti 20. detsembrist ligunema pandud leide ning võeti võrdluseks destilleeritud vesi ja kraanivesi. Test näitas, et soolad ei ole pooridest täielikult eraldunud ning leiud tuleks jätta veel ligunema. Järgmiseks soolsuse testimiseks valiti põletusmeetodi läbinud leid, elektrolüüsi läbinud leid ja leid, mis oli ligunenud juba 20. detsembrist. Katse eesmärk oli näha, kas kõikides neis leidudes olid soolad eraldunud pooridest, peale leiu, mis oli läbinud põletusmeetodi. Katse näitas, et leiud on valmis edasiseks töötamiseks. Viimane test tehti neile leidudele, mis olid ahjus paralleeltestina. Selleks testiks valitud kaks eset pandi ligunema 24 tunniks. Test näitas, et pärast uut põletust on leiud valmis lõppviiimistluseks.

2.4. LEIDUDE LEOTAMINE JA KEETMINE DESTILLEERITUD VEES

Kõige tähtsam etapp raua konserveerimisel on destilleeritud vees keetmine. Leidudele oli eelnevalt

antud identiteet ja need asetati nummerdatud restile, et esemeid oleks hiljem võimalik üksteisest eristada, kuna igal leiul on erinev leiukontekst. Rest asetati vanni, mis oli täidetud destilleeritud veega, nii et leiud oleks korralikult kaetud. Leide kuumutati 60–70 °C juures. Enamasti keesid leiud 14 või rohkem päeva, see olenes olukorrast, kuna keetmise kestvus oleneb leiust (kas leiul on kõik kloriidid mikropragudest eraldunud).

Sellise meetodi puhul on vaja leide pärast iga keetmist mehaaniliselt puhastada. Esemeid küüriti harjaga ning asetati pärast küürimist uude destilleeritud veega anumasse, kus lasti neil paar tundi niisama liguneda, hiljem kuumutati vesi vajaliku temperatuurini. Nädala pärast tehti leidudele kloriiditest hõbenitraadiga. Kui kloriiditest oli positiivne, pandi leiud veel mõneks päevaks keema, kui aga tulemus oli negatiivne, sai leide edasi konserveerida.



Joonis 5. Leidude leotamine ja keetmine destilleeritud vees. Ragnar Saage foto (2013)

Destilleeritud vee keetmise alternatiiviks oli vees leotamise meetod. Sellist meetodit kasutati peamiselt mineraliseerunud leidude puhul. Esimese nädala jooksul tekkis leidudele oranžikas õlitaoline kiht. Leiud ligunesid kaks nädalat destilleeritud vees. Kord nädalas mõõdeti vee soolsuse taset hõbenitraatmeetodiga. Selle aja jooksul vahetati vett kolm korda. Pärast vees ligunemist

puhastati leide harjaga, küürides maha oranžikaid oksiiditükke. Pärast harjaga puhastamist töödeldi leide mehaaniliselt skalpelliga, kraapides maha lahtiseid korrosioonitükke. Pärast leidude puhastamist need fotografeeriti ning asetati ahju kuivama.

2.5. LEIDUDE ELEKTROLÜÜTILINE PUHASTUS

Elektrolüütilise puhastuse puhul on esmalt vaja korrosioonikihi alt raud üles leida. Selleks kasutati puuri, mille abil lõigati esemesse väike vagu. See toiming on oluline, kuna muidu ei hakka raud reageerima. Seejärel asetati leiud spetsiaalsesse anumasse, kus on elektrolüütiline lahus, mis kattis leiu. Leiule oli ümber seotud vasktraat neisse kohtadesse, kuhu oli tehtud lõige. Iga 100 milliliitri kohta pidi elektrolüüdilahuses olema 0,25–0,5 grammi soodat. Kui kõik eelnev sai täidetud, võis klemmidest lasta voolu. Voolu pinge oli 12 volti. Elektrolüüsi sai korraga panna mitu eset, aga need pidid olema üksteisest eemal. Leiud asetati elektrolüüsi ööpäevaks. Elektrolüüsimise ajal eralduvad leiu küljest vesinikumullid.

Leide kontrolliti protsessi käigus korduvalt. Esemed pandi hommikul elektrolüüsi ning õhtuks oli korrosioonikiht kergesti eemaldatav. 25. veebruaril asetati leiud destilleeritud vette ning lasti neil liguneda kuni 18. märtsini. Pärast seda pandi leiud kuivama.

2.6. LEIDUDE PÕLETAMINE

Põletuseks kasutati muhvelahju. Muhvelahju temperatuuri maksimumsoojuseks valiti 850 °C, mida hoiti ühtlaselt 2 tundi ja 30 minutit. Kuna tegemist oli väiksete esemetega, siis ei olnud vaja leide kauem ahjus hoida. Leiud asetati muhvelahju ning ahi pandi sooja. Ahi jõudis 53 minutiga nõutud temperatuurini. Pärast 2 tundi ja 30 minutit soojendamist jahtus ahi aeglaselt. 9 päeva pärast võeti leiud ahjust välja ning neid hakati mehaaniliselt skapelliga puhastama.



Joonis 6. Muhvelahi. Ragnar Saage foto (2013)

Pärast mehaanilist puhastust tehti leidudest pilti. Leiudelt ei saadud veel kõiki korrosiooni kihte maha kraapida ja soolsuse katse näitas, et leidudes on veel sooli. Seepärast tehti leidudele paralleelkatse ning pandi veel 1 tunniks ahju. Pärast seda ei olnud leidudes enam sooli ning leiud olid valmis edasiseks töötlemiseks.

2.7. LEIDUDE KUIVATAMINE

Leidude kuivatamiseks oli Tartu Ülikoolis spetsiaalne kuivatusahi. Ahju temperatuur oli 20 °C. Ahju paigutati leiud üksteisest võimalikult kaugele. Leiud, mis otse ahjust tulid, ei vajanud kuivatamist, kuna need ei puutunud veega kokku. Leiud, mis olid väiksed ega olnud augulised, said juba ühe tunniga kuivaks. Osad leiud olid suuremad ja vajasisid pikemat kuivamisaega..

2.8. LEIDUDE VAHATAMINE JA TANNIINHAPPEGA KATMINE

Pärast leidude kuivatamist võis neid edasi töödelda. Leiud, mis tundusid vajavat kaitset edasise korrodeerumise eest, vajasisid stabiliseerimist ja need kaeti tanniinhappega. Tanniinhapet hõõruti leidudele tõmbekapis, kuna tanniinhape on inimesele kantserogeense toimega. Kui tanniinhape

hõõruti leidudele, pidid nad jääma nädalaks kuivama. Tanniinhape kaitseb edasise korrodeerumise eest ning seda tuli hõõruda tugevalt leiule, kuna korrodeerumist tekitavaid aineid võib olla leiu sügavamas pinnas. Pärast nädalat võis leidudele kattekihi peale kanda.

Leidude lõppviimistluseks on nende vahatamine. Laboris võeti anum vahaga, mis sulatati vedelaks. Kui vaha oli sulanud, asetati viis leidu vahasse. Leiud hakkasid mullitama ning jäadi ootama, kuni mullitamine lõppeb. Poole tunni möödudes võeti välja esimesed kolm eset, kuna need lõpetasid mullitamise. Esemed kuivatati kohe ära paberitega ja asetati kuumuskindlale pinnale, kus neil lasti jahtuda. Seest õõnsad esemed mullitasid kauem. Kahe tunni pärast lõpetasid ka ülejäänud leiud mullitamise ning neid võis seejärel kuivatada.

2.9. JÄRELDUSED

Konserveerimismeetodeid pidi kasutama vastavalt leiule ja selle olukorrale. Näiteks ühe leiu puhul tuli see pärast elektrolüüsimist panna destilleeritud vette ligunema. Leidude conserveerimise ajal võib leid muutuda ning kui see ohustab leiu seisundit, tuleb sellega ka vastavalt ümber käia. Eesmärk oli objekti seisundi parandamine ning leiu vananemise aeglustamine, stabiliseerides selle füüsilist ja keemilist seisundit. Iga üksikut eset vaadeldi eraldi.

Proovides ja katsetades erinevaid conserveerimismeetodeid, tundus Käku sepikoja leidudele kõige efektiivsemaks meetodiks elektrolüüsimine. Elektrolüüsimise käigus säilitas leid hästi oma kuju ning sai väga puhtaks. Samas võtab elektrolüüsimine palju aega ja vajab pidevat kontrollimist. Elektrolüüsimine näitas ka soolsuse katsetes pidevalt häid tulemusi.

Ka põletusmeetod oli Käku leidude puhul efektiivne. Leiud pidi ainult kõrge kuumuse kätte ahju panema ning pärast mehaaniliselt puhastama, leiud ei vajanud kuivatamist. Samas ei saanud leiud eriti puhtaks, osa korrosiooni ei olnud võimalik eemaldada. Aga kuumutamisperioodi pikendamisel saadi soovitud tulemus (vabaneti sooladest).

Leotusmeetod oli kõige efektiivsem soolade eraldamise meetod. See meetod oli kulukas, kuna destilleeritud vett pidi aeg-ajalt suurtes kogustes vahetama. Destilleeritud vees leotamine oli ka kõige aeganõudvam ning korrosioon tuli leidudelt vaevaliselt maha. Samas ei nõudnud leotusmeetod pidevat kontrollimist.

KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö ülesanne oli välja uurida erinevate raudesemete conserveerimismeetodid. Töö

näitab peamiselt Käku sepikoja leidudele sobivaid konserveermismeetodeid ja neid mõjutavaid tegureid. Leiu konserveerimismeetod sõltub leiu olukorrast ja materjalist. Töö annab lühiülevaate Käku sepikojast ja Eesti konserveerimise ajaloost.

Töö praktiline osa käsitles Käku sepikoja arheoloogiliste raudesemete konserveermist. Eesmärk oli aeglustada objekti vananemist ning parandada leiu olukorda, mis nõudis praktilist tegevust. Võeti erinevas säilivusastmes leide, et proovida läbi erinevaid konserveermismeetodeid. Iga leidu konserveeriti vastavalt eseme seisundile, et kindlustada objekti säilimine. Tööprotsess sisaldas järgmisi tegevusi: leiu rauasisalduse ja seisukorra väljauurimine, kloriidide olemasolu testimine, objekti konserveerimine, vajadusel konserveeritud leiu kuivatamine ja selle kaitsekihiga katmine.

Praktiline töö näitas, et Käku sepikoja leidudele konserveerimiseks kõige efektiivsemaks meetodiks oli elektrolüüsimine, kuna selle käigus eraldusid hästi soolad ning korrosiooniproduktid tulid leiult kergesti maha. Elektrolüüsimisele heaks alternatiiviks oli põletusmeetod, mis nõudis vähem aega. Leotusmeetod on samuti oluline, kuna enamike leidude seisukord ei võimalda elektrolüüsimist ega kuumutamist. Küll aga on tegemist aja- ja ressursikuluka meetodiga. Kokkuvõtteks tuleb konserveerimismeetodeid rakendada vastavalt leiu seisukorrale ning meetodeid võib omavahel kombineerida, et saavutada parim tulemus.

KASUTATUD KIRJANDUS

Cronyn, J.M., The Elements of Archaeological Conservation. London 1990.

Kulu P., Kübarsepp J., Valdman L., Metalliõpetus ja metallurgia. Tallinn 1998.

Lavi, A.; Heinoja, K.; Peets, J., (1998). Viikingiaegne raudkatel Raatvere sepamatusest ja selle konserveerimine. Loodus, inimene ja tehnoloogia : interdistsiplinaarseid uurimusi arheoloogias = Nature, man and technology : interdisciplinary studies in archaeology (321–332). Tallinn: Ajaloo Instituut.

Narain, S.; Jain K.K., Iron Artifact History of Metallurgy, Corrosion and Conservatin Delhi 2009.

Peets, J., Põhilised kultuuriväärtused kahjustused ja restaureerimise ajaloost. Käsikiri, lk 6–7

(asub ajaloo instituudi arhiivis).

Peets, J.; Saage, R.; Maldre, L., (2013). The medieval and early modern smithy site of Käku. Arheoloogilised välitööd Eestis = Archeological fieldwork in Estonia, 2012, 93–108.

Peets, J., (2013). Cannons of the late 18th – early 19th centuries from the fortress of Kuressaare and their conservation. Arheoloogilised välitööd Eestis = Archeological fieldwork in Estonia, 2012, 271–280.

Rumm, A., Eesti vara-uusaegsete müntide konserveerimine. Metoodika ja Probleemid, Magistritöö Tallinn 2008.

Rodgers, B.A., Archaeologist's Manual for Conservation: a guide to non-toxic, minimal intervention artifact stabilization. London: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2004.

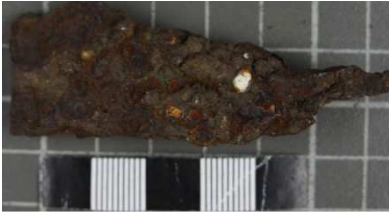
Saage, R., Käku sepikoda Arheoloogia väljas ja sees. Magistritöö. Tartu 2013.

Jänes, T., Padise kloostri arheoloogilised leiud: raudesemete konserveerimine. Bakalaureusetöö. Tallinn 2012.

3. LISAD

KONSERVEERIMISTÖÖDE KAART 1

Digitaalkujutis enne tööd	Märkused
	AI:6845 112
	AI:6845 112
	AI:6845 126

	AI:6845 198
	AI:6845 326
	AI:6845 416
	AI:6845 417

	AI:6845 418
	AI:6845 419
	AI:6845 420
	AI:6845 421

KONSERVEERMISTÖÖDE KAART 2

Digitaalkujutis käigus	töötlemise Märkused
	AI:6845 112 Pärast elektrolüüsi
	AI:6845 112 Pärast elektrolüüsi
	AI:6845 126 Pärast destilleeritud vees leotamist
	AI:6845 198 Pärast destilleeritud vees leotamist



AI:6854
326
Pärast elektrolüüsi



AI:6845
416
Pärast põletust



AI:6845
417
Pärast põletust



AI:6845
418
Pärast põletust



AI:6845
420
Pärast põletust



AI:6845
421
Pärast põletust

KONSERVEERMISTÖÖDE KAART 3

Digitaalkujutis töötlemist	pärast	Märkused
	AI:6845 112 Tanniinhappega kaetud	
	AI:6845 112 Tanniinhappega kaetud	
	AI:6845 126 Tanniinhappega kaetud	
	AI:6845 198	
	AI:6845 326	



AI:6845
416
Tanniinhappega kaetud



AI:6845
417
Tanniinhappega kaetud



AI:6845
418
Tanniinhappega kaetud



AI:6845
420
Tanniinhappega kaetud



AI:6845
419
Tanniinhappega kaetud



AI:6845
421
Tanniinhappega kaetud