

Ülle Tamla, Urve Kallavus ja Ivar Leimus

HÕBEAARE LÕHAVERE LINNUSELT

On esitatud 12. sajandi lõpust või 13. sajandi esimestest aastakümnetest pärineva Lõhavere aarde interdistsiplinaarse uurimise tulemus, mis kätkeb nii traditsioonilise arheoloogia (Ü. Tamla) ja numismaatika (I. Leimus) ülevaadet kui ka nüüdisaegseid instrumentaal-analüüsi (U. Kallavus). Detailsemalt on käsitletud esemete kogumis sisalduva hõbedast rinnalehe ja kangide ning tinapronksist helmeste valmistamisel rakendatud töövõtteid ning materjali koostist. Eestist leitud vähestest muinasaegsetest hõbedakangidest on Lõhavere kangid esimesed, mida analüüsi materjali täpse koostise selgitamiseks skaneerivas elektronmikroskoobis energiadiispersiivse röntgenmikroanalüsaatoriga. Kangides oli 94–95% hõbedat, mis näib olevat selle ajastu puhas hõbe.

The paper presents the results of the interdisciplinary study of the small hoard found from the hillfort of Lõhavere and dating from the very end of the 12th century or from the first decades of the 13th century. The methods used in the production of the silver and of the tin-bronze artefacts are discussed in greater detail, using the research methods of traditional archaeology (Ü. Tamla), numismatic (I. Leimus) as well as modern instrumental methods (U. Kallavus). From few ingots found in Estonia silver bars from the Lõhavere hoard were investigated with a scanning electron microscope of energy dispersive X-ray microanalysis. The silver content of the alloy of the bars was 94–95%, which was evidently regarded as pure silver at the time.

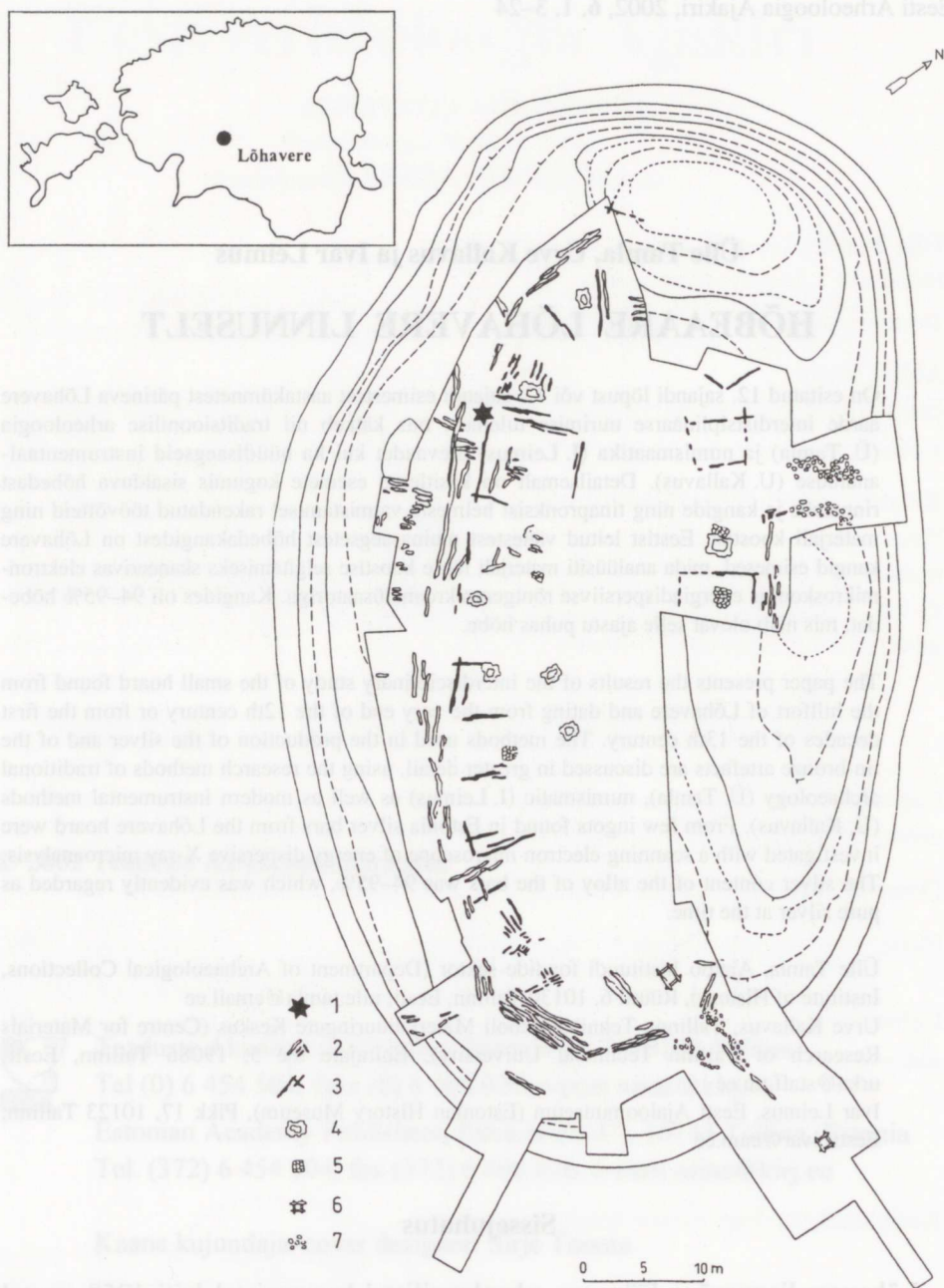
Ülle Tamla, Ajaloo Instituudi fondide sektor (Department of Archaeological Collections, Institute of History), Rüütli 6, 10130 Tallinn, Eesti; ulle.tamla@email.ee

Urve Kallavus, Tallinna Tehnikaülikooli Materjaliuuringute Keskus (Centre for Materials Research of Tallinn Technical University), Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, Eesti; urka@staff.ttu.ee

Ivar Leimus, Eesti Ajaloomuseum (Estonian History Museum), Pikk 17, 10123 Tallinn, Eesti; ivar@eam.ee

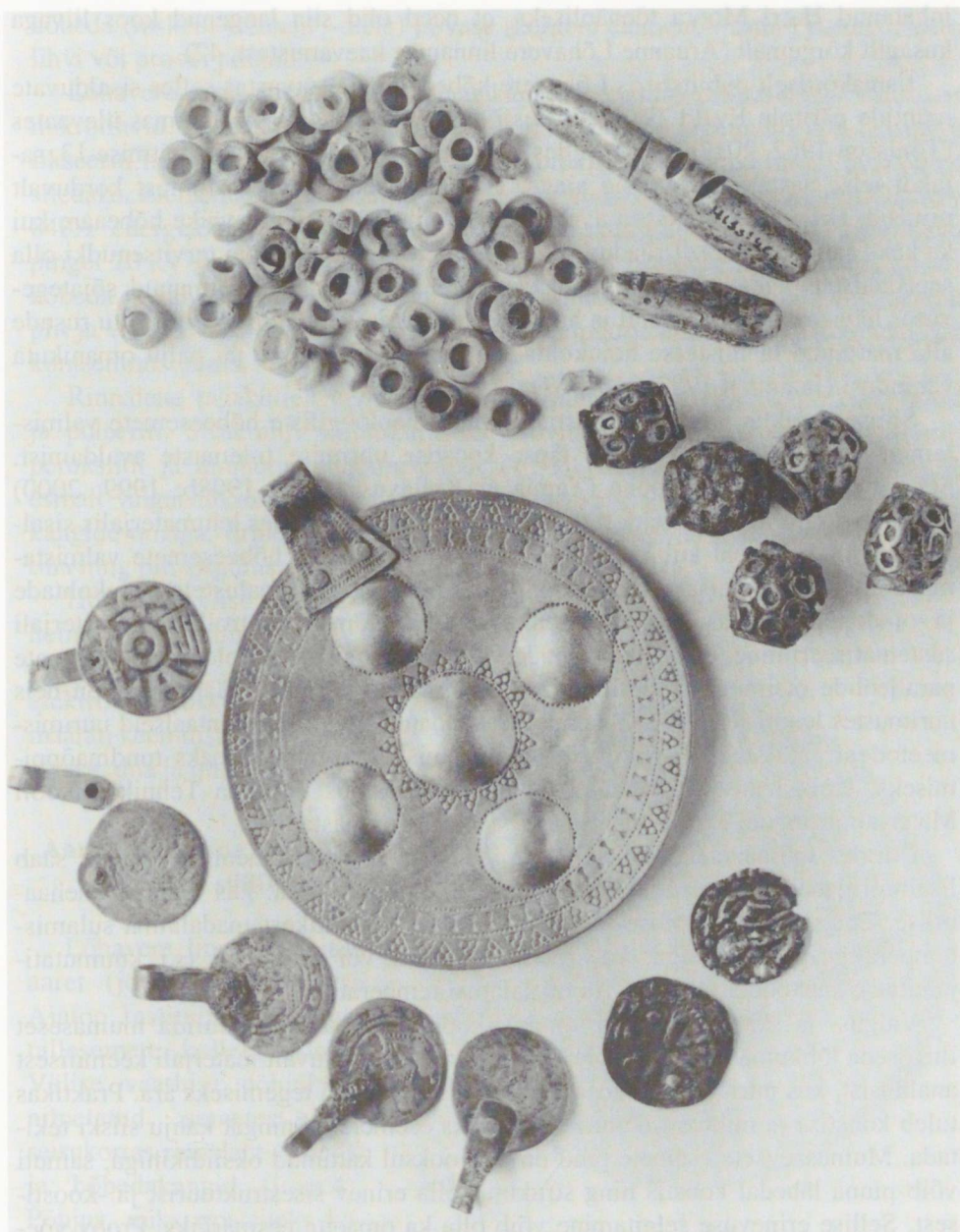
Sissejuhatus

Lõhavere linnuseõue lääneosa arheoloogilistel kaevamistel leiti 1958. aastal väike hõbeaare. Leiukogum, milles olid hõbedast rinnaleht, pronks- ja klaas-helmed, ripatsrahad, kaks hõbedakangi ja paar münti, tuli välja linnuse peavärava vastas asunud ja põlengus hävinud suurema palkhoone (hoone D) läänepoolse nurga rusude ning vallitaguse seina vahelt (joon 1, 2). Kuna esemed asetsevad puhtas, arvatavasti valli muldkehast varisenud liivas, pidas kaevamisi



Joon 1. Hõbearde leiukoht Lõhavere linnusel. 1 hõbearde leiukoht, 2 tukid kaitseehitisest, 3 tukid elamutest, 4 ahjuvare, 5 kivisillutus, 6 kaev, 7 väravakäike palistavad pækivid. Joonis Kersti Siitan.

Fig. 1. Location of the silver hoard in Lõhavere hillfort. 1 location of the silver hoard, 2 firebrands from the rampart, 3 firebrands from dwelling-houses, 4 remains of a keris-stove, 5 pavement, 6 well, 7 limestones bordering the gateway. Figure by Kersti Siitan.



Joon 2. Aardeleid Lõhavere linnuselt (AI 4133: 2085A, 2248A). 1 : 1. Fotod joonistel 2–6 ja 8 Enno Väljal.

Fig. 2. Hoard from Lõhavere hillfort. Photos in Figs. 2–6 and 8 by Enno Väljal.

juhatanud Harri Moora tõenäoliseks, et need olid siia langenud koos liivaga kusagilt kõrgemalt (Aruanne Lõhavere linnamäe kaevamistest, 42).

Esmakordselt publitseeris Lõhavere hõbedaleiu ja tutvustas selles sisalduvate müntide päritolu Evald Tõnisson Eesti aardeid käsitlevas mahukamas ülevaates (Tõnisson 1962, 201, nr 105). Selles artiklis seostas ta väärisvara peitmise 13. sajandi teise aastakümnega, s.o ajaga, kui sakslased Lõhavere linnust korduvalt piirasid. Hiljem on Tõnisson avaldanud arvamust, et niihästi väike hõbeaare kui ka kaks samalt linnuselt saadud pronksesemetega ehtevakka ei tarvitsenudki olla spetsiaalselt peidetud: 13. sajandi esimestel aastakümnetel toimunud sõjategevuses hävis rohkesti elamuid ja hukkus tervete peredena inimesi, mistõttu rusude alla mattunud tavalistesse hoiukohtadesse ehk peidikutesse jäi palju omanikuta varandusi (Jaanits jt 1982, 366–367).

Siinses artiklis jätkatakse Eestist leitud arheoloogiliste hõbeesemete valmistamisvõtete ja nende materjali täpse koostise uurimise tulemuste avaldamist. Seni ilmunud publikatsioone (Tamla & Kallavus 1998a; 1998b; 1999; 2000) ühendab järgnevaga eesmärk tutvustada meie arheoloogilises leiumaterjalis sisalduvate, nii kohapeal kui ka võõrsil valminud muistsete hõbeesemete valmistamistehnoloogiaid. Lisaks traditsioonilise arheoloogia võimalustele (leiukohtade ja -olude täpne väljaselgitamine, seni avaldatud andmete kontrollimine, materjali süstematiseerimine, esemete ja nende valmistamisviiside kirjeldamine, lähimate paralleelide otsimine, dateerimine ning võimaliku päritolu määramine) on neis uurimustes leiumaterjali analüüsimisel rakendatud veel instrumentaalseid uurimismeetodeid väärismetallist toodete valmistamisvõtete detailsemaks tundmaõppimiseks. Kõik materjalianalüüsid on tehtud koostöös Tallinna Tehnikaülikooli Materjaliuuringute Keskusega Eesti Teadusfondi rahastamisel.

Uurides muinasmetallide mikrostruktuuri ja koostiselementide jaotust, saab lisainformatsiooni eseme valmistamise tehnoloogia kohta: kas tegu on mehaanilise seguga või eutektilise (s.t metallisegude võimalikest madalaima sulamistemperatuuriga) sulamiga; kas toodet sepistati või lõõmutati (s.t kuumutati- jahutati); kas töödeldi kõrgel või madalamal temperatuuril.

Valgus- ja skaneeriv elektronmikroskoopia võimaldavad uurida muinaseset ilma seda lõhkumata. Selle poolest erineb meetod tunduvalt materjali keemilisest analüüsist, kus uuritav prooviosa lahustatakse analüüsi tegemiseks ära. Praktikas tuleb koostise ja mikrostruktuuri uurimiseks esemele mõningat kahju siiski tekitada. Muinasaegsete esemete pind on aja jooksul kattunud oksiidikihiga, samuti võib pinna lähedal koostis ning struktuur olla erinev sisestruktuurist ja -koostisest. Sellise erinevuse selgitamine võib olla ka omaette eesmärgiks. Proov võetakse esemest võimaluse korral tükina, puuritakse välja laastud või eemaldatakse pinnalt oksiidikiht ja uuritakse pinda selle all.

Pinnastruktuuri pilt saadakse skaneerivas elektronmikroskoobis proovi pinna pommitamisel elektronidega. Selle tulemusel tekkinud sekundaarseid ja tagasihajunud elektrone kogutakse ja töödeldakse. Arvutiekraanil vaadeldava pildi iga punkti heledus sõltub proovist väljunud elektronide arvust ja aatominumbri- st. Seega kirjeldab pilt muinasmetalli peamiste koostiselementide, praegusel juhul

hõbeda (raskem element – hele) ja vase (kergem element – tume) jaotust mikrolihvi või proovi pinnal.

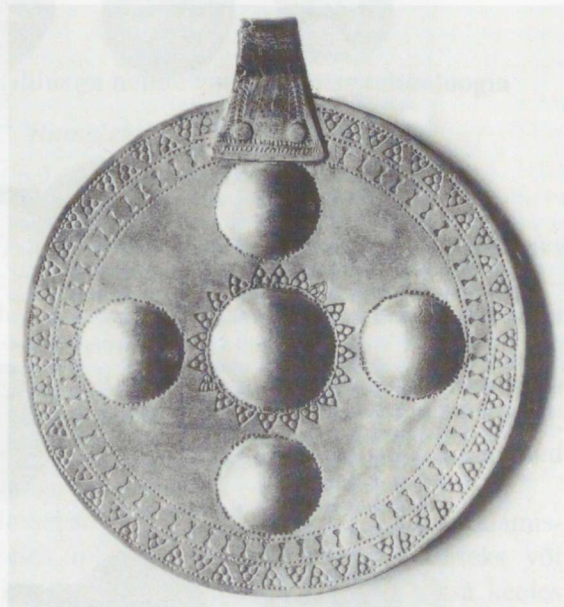
Lõhavere aardes sisalduvate hõbedakangide koostise määramiseks valmistati mikrolihvid. Selleks puuriti kangidest 1,5 mm läbimõõduga puuri abil laastud ja fikseeriti need kiiresti kõvenevas plastikus plokiks. Ploki pind lihviti ja poleeriti siledaks. Elementkoostist määrati skaneerivas elektronmikroskoobis JEOL JSM 840A energiadispersiivse röntgenmikroanalüsaatoriga AN 10000 kiirendaval pingel 20 kV ja sondi voolu juures 0,8 nA. Uuriti peamiste koostiselementide – hõbeda ja vase – sisaldust. Teised võimalikud komponendid (tina, tsink, arseen, plii ja vismut) olid energiadispersiivse röntgenmikroanalüüsi jaoks liiga väikeses kontsentratsioonis.

Rinnalehe tagaküljelt eemaldati 3 mm² suuruselt pinnalt oksiidikiht, lihviti ja poleeriti. Struktuuri väljatoomiseks söövitati puhastatud pinnaosa vesinikperoksiidi ja ammooniumhüdrosüüdi (1 : 3) seguga. Eseme struktuuri uuriti esmalt valgusmikroskoobis ja seejärel määrati selle koostis analoogselt hõbedakangide omaga. Erinevalt kangidest määrati siin peale hõbeda ja vase ka tsingi, tina ning plii sisaldus.

Hõbedaläikelist pronkshelmest uuriti ilma eelneva pinnatöötluseta skaneerivas elektronmikroskoobis ning määrati keemiliste elementide – vase, tina ja plii – sisaldus.

Aarde esemeline koosseis ja leidude säilivus

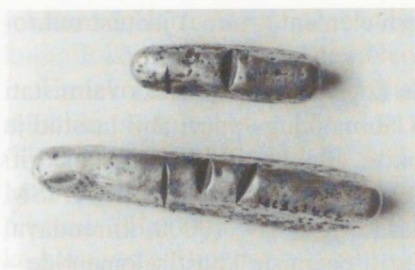
Lõhavere linnuselt leitud aaret (joon 2) säilitatakse Ajaloo Instituudi väärismetallesemete kollektsioonis.¹ Välise vaatluse põhjal on nimetatud esemetest heas seisukorras rinnaleht (joon 3) ja hõbedakangid (joon 4). Põhjus, miks ripatsiteks kohandatud tugevasti kulunud müntidest ühel, augu kohalt



Joon 3. Hõbedast rinnaleht. 1 : 1.

Fig. 3. Silver sheet pendant.

¹ Viidates 1958. aastal Lõhavere linnuselt päevavalgele tulnud hõbeaardele, ei nimeta E. Tõnisson selle leiu osana pronkshelmeid (vt Tõnisson 1962, 201). AI arheoloogiaarhiivi talletatud Lõhavere linnuse 1958.–1959. aasta kaevamisaruande, leidude kataloogi (AI 4133: 2248A) ja väärismetallesemete registreerimisraamatu sissekande (AI 4133: 2085A) põhjal võib kindlalt väita, et pealejoodetud rõngakestega viis metallhelmest leiti koos teiste samasse aardesse kuuluvate esemetega.



Joon 4. Hõbedakangid. 1 : 1.

Fig. 4. Silver bars.

rebenenud vermingul, kand puudub ja teisel, neediga eksemplaril, on see rahast eraldi (joon 5), võib olla kas neetlite oksüdeerumine või selle mehaaniline kahjustus. Välistada ei saa ka võimalust, et servast rebenenud mündil pole kanda olnudki – see võis olla lihtsalt läbi augu kaelakeesse lükitud.

Tugevasti oksüdeerunud on nii pronksist kui ka klaasmassist valmistatud helmed: klaaspärleid katab läbipaistmatu

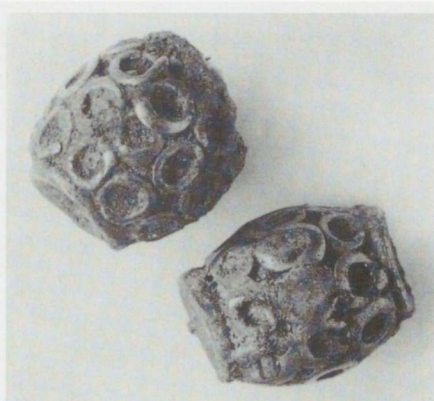


Joon 5. Lõhavere aarde ripatsmündid. Kaks ülemist rida aversid ja kaks alumist rida reversid. 1 : 1.

Fig. 5. Coin-pendants from the Lõhavere hoard. Two upper rows represent the averses and two lower rows the reverses.

Joon 6. Tinapronksist helmed. 2 : 1.

Fig. 6. Tin-bronze beads.



valkjashall kiht ning pronkshelmeste peal on rohelist värvi karedad laigud (joon 2 ja 6). Neljakümne kolmest klaashelmest on säilinud tervena kolmkümmend kaks, neli eksemplari on poolikud ning ülejäänud moodustavad väikesed killud.

Lõhavere aarde esemete analüüs ja nende valmistamise tehnoloogia

Rinnaleht

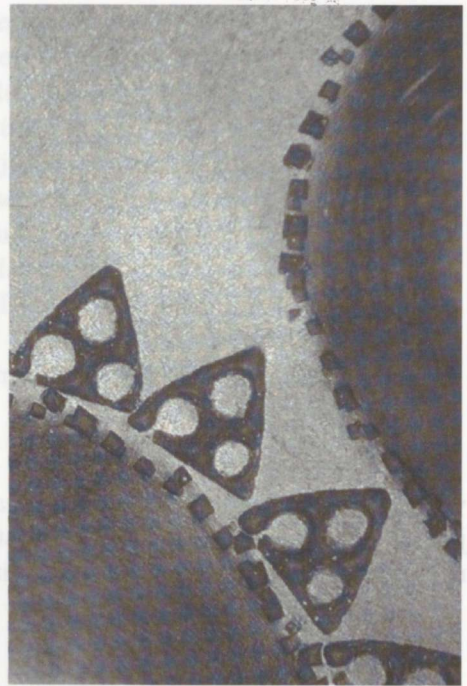
Mõõdud: läbimõõt 6,7 cm; kanna laius 0,7–1,4 cm

Ümmargune rinnaleht (joon 3) on välja lõigatud ühtlaselt 0,04 cm paksuseks taondatud hõbeplekist. Rinnalehe ornamentimisel on kasutatud kahte tehnikat – kohrutamist ja tembeldamist. Kohrutatud on ehte keskel asetsevad viis reljeefset muhku, muhkude ümbrus ning lehe serv on tembeldatud (joon 3, 7). Enamasti lihtsa paelja kanna ja ühe neediga kinnitatud vanemate ripatsite seas muudab Lõhavere ehte omanäoliseks pronksplekist aasaks painutatud kolmnurkne kand, mis on ilustatud servi mööda kulgeva tembeldatud täkkereaga ning kinnitatud rinnalehe külge kahe pronksist neediga (joon 8).

Hõbe- ja kuldrikkki on kullassepad valmistanud läbi aegade taondamis- tehnikas. **Taondamist** (eesti keeles nimetatakse seda ka sepistamiseks või haamerdamiseks, inglise keeles kasutatakse terminit *hammering*, saksa keeles *Hämmerarbeit*) peetakse väärismetallist esemete meisterdamisel üheks vanemaks töövõtteks, mis põhineb hõbeda ja kulla tehnilistel omadustel, s.o taotavusel, elastsusel ning venitatavusel. Tavaliselt rakendatakse seda tehnikat külmmenet- lusel suuremate pindade puhul nii materjali tihendamiseks kui ka eseme õhemaks muutmise ja venitamise eesmärgil. Olulisem põhjus, miks eriti kullast ja hõbe- dast ehte valmistamisel eelistati taondamist teistele tehnikatele, on seotud hin- nalise materjali kokkuhoiuga: üksnes taondades sai teha mõõtmelt suuri, kuid kaalult kergeid ehteid.



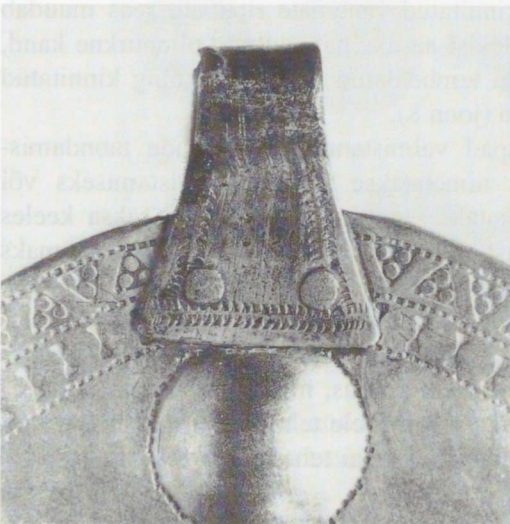
1



2

Joon 7. Detailfotod hõbedast rinnalehe ornamentimiseks kasutatud templite jäljenditest. 1 ehte serva kaunistamisel kasutatud kolmnurkse, hambulise ja kivilipsukujulise templi jäljendid; 2 keskse kummitud muhu ümbruse ornamentimiseks kasutatud kolmnurkse ja hambulise templi jäljendid. 6 : 1. Foto Mart Viljus.

Fig. 7. Details of the decoration of a silver sheet pendant stamped with different punches. 1 decorations made using triangular, dentate and butterfly-shaped punches; 2 decorations around the central embossed part, made using triangular and dentate punches. Photo by Mart Viljus.



Joon 8. Detailfoto hõbedast rinnalehe kannast. 2 : 1.

Fig. 8. Detail of the loop of a silver sheet pendant.

Taondatakse tavaliselt kõval alusel, kasutades mitmesugusest materjalist (näit sarvest, puust, rauast ja kivist) erineva kuju ja suurusega vasaraid. Hõbepleki laiemaks ja õhemaks venitamist alustatakse alati suure (enamasti puust või sarvest) tõmbiotsalise vasaraga; väiksemate pindade puhul vajatakse väiksemat (sagedamini metallist) tööriista. Olenevalt löögi tugevusest ning vasara suuruselt ja selle otsa kujust jäävad sepistamisel eseme pinnale vasarajäljed, mida tööviimistlemisel püütakse maha lihvida. Vasarajälgede vältimiseks on vahel kasutatud moodust, kus eset taondatakse kahe pehme nahatüki või pärgamendi vahel (Ogden 1994, 34 jj).

Muinasaeelses sepatöös pruugitud vasaraid on Eestis leitud vähe. Seejuures pole ka täpselt teada, milliseid neist võidi kasutada juveliiritöös. Otsustades kuju ja mõõtmete järgi, võiksid hõbedast ja pronksist ehte taondmiseks olla kõige sobivamad kolm vasarat, millest kaks on valmistatud rauast ja üks sarvest. Ovaalse otsaga väikesed (läbimõõt 10 × 8 mm) raudvasarad on leitud Rõuge linnuselt (Jaanits jt 1982, joon 168: 5) ja Tallinnast Roosikrantsi tänav 9/11 krundi kaevamistelt (Sokolovski 1997, tahv 64: 14). Sealtsamast, Roosikrantsi tänava kaevandist pärineb ka tõmbiotsaline põdrasarvest vasar, millega koos leiti teinegi kullassepatöök sobiv sarvest naasklit meenutav riist (Sokolovski 1997, tahv 49: 6, 7). Novgorodi 11.–12. sajandi kihtidest saadud analoogse kuju ja lähedaste mõõtmetega rauast vasara järgi dateeris Mare Aun Rõuge leiu II aastatuhande algusse (Аун 1992, 56). Tallinna vasarad pärinevad stratigraafiliste kihtide järgi kõige tõenäolisemalt 13. sajandi lõpust või 14. sajandi esimesest poolest.

Taondamine kui tehniline oskus ei nõua sepalt erilist meisterlikkust siis, kui tehakse siledat ja enam-vähem ühesuguse paksusega, mitte väga õhukest plekki.² Sellisel puhul jälgib meister esijoones seda, et vasaralöögid, millega ta venitab metalli soovitud paksuse saamiseni, oleksid võimalikult ühtlased ja tihedad. Silmas tuleb pidada veel tõsiasja, et taondamine tekitab materjalile sisepinget, mille tulemusel võib ese muutuda praguliseks või koguni auklikuks. Selle vältimiseks peab seda aeg-ajalt lõõmutama. Ühtlasi on lõõmutamine ettevalmistav protsess järgnevateks töövõteteks.

Lõõmutamiseks (inglise *annealing*; saksa *Ausglühen*) nimetatakse termotöötlemise viisi, kus metall kuumutatakse peaaegu sulamiseni ja seejärel jahutatakse aeglaselt. Sellisel moel muutub materjal pehmeks, suureneb selle plastsus ja vastupidavus ning kaovad sisepinged. Lõõmutamine, nii nagu iga teinegi metalliga ette võetud mehaaniline protseduur, muudab materjali struktuuri, kuid palja silmaga pole võimalik seda muutust hinnata (Scott 1991, 137).

² Imeõhukesi, koguni 0,03 mm paksuseks taondatud kuld- ja hõbelehest valmistatud ehteplaate esineb etruskide ehte hulgas. Kui taondatud kuld-, harvemini hõbeleht kinnitati puu, metalli või kivi külge, võis selle paksus olla isegi 0,01 mm. Tänapäeva kullassepatöös peetakse 0,15 mm paksuseks taondatud metall-lehte enamasti ebaharilikuks ja 0,1 mm paksust peaaegu võimatuks (Oldeberg 1966; Capelle 1968; Lund Hansen 1975; Ogden 1994).

Lõhavere rinnalehe mikrostruktuuri uurimisel skaneerivas elektronmikroskoobis selgus, et töötlemiseks on kasutatud üsna madalat temperatuuri ning lõõmutamine pole olnud piisav dendriitse stuktuuri³ kaotamiseks (joon 9). Struktuuris on väga suured (kuni 30 μm) vase α -faasi kristalliidid (joon 9: 3). Kirjanduse andmetel (Scott 1991) moodustavad hõbe ja vask tüüpilise eutektilise sulami, kus tahkes faasis vase lahustumine hõbedas ja hõbeda lahustumine vases väheneb koos temperatuuri langusega. Ühel kindlal temperatuuril ja sulami koostisel (71,9% hõbedat) muutub see tahkeks kahekomponentseks lahuseks, mis koosneb vaserikka α -faasi ja hõbedarikka β -faasi segust. Kuna muinasmetallid ei ole täpselt tasakaalulised süsteemid, siis ei vasta ka faaside koostised üksüheselt olekudiagrammile. Peale selle võis metallisegu täielikuks ülessulatamiseks kasutatav temperatuur olla liiga madal.

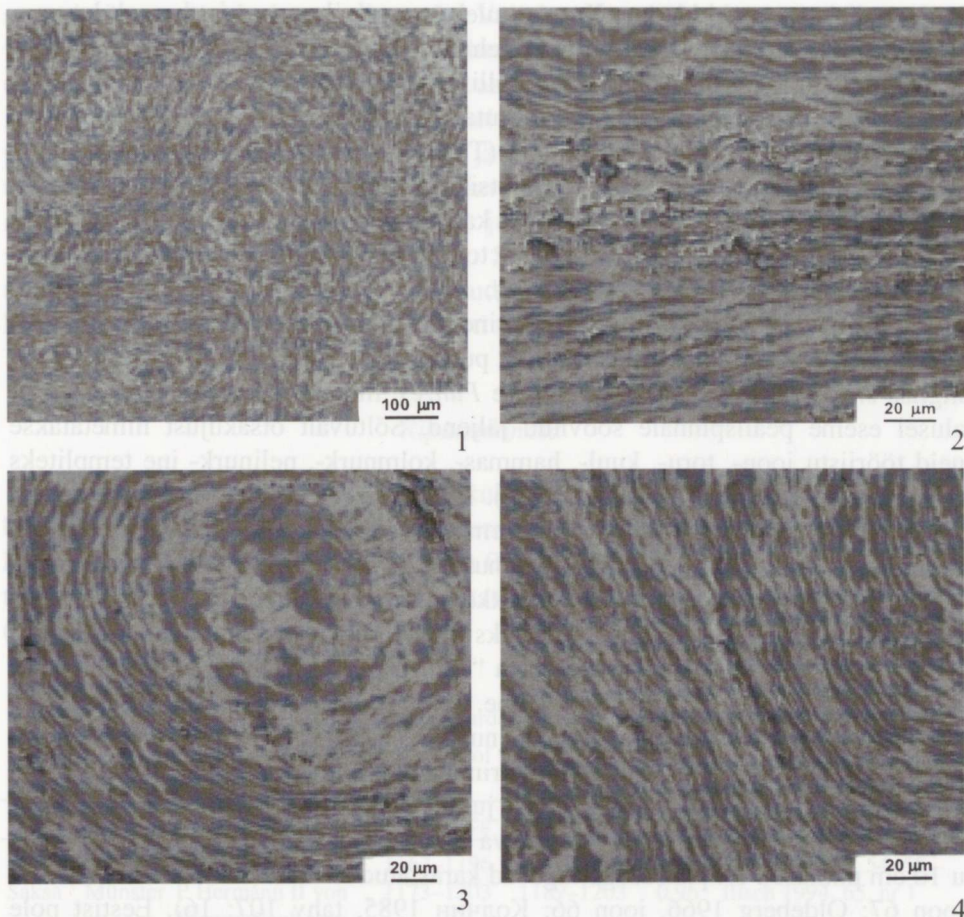
Kui sulami koostis on täpselt eutektiline (71,9% hõbedat, 28,1% vaske), siis peaks ideaalsel juhul tahke sulam koosnema ühtlasest peeneteralisest α - ja β -faasi segust. Tavaliselt näeb hõbeda ja vase sulami mikrostruktuur välja dendriitsete α -faasi kristallidena, mida ümbritseb α - ja β -faasi segu (alaeutektiline sulam). Sulami jahtumiskiirus määrab ära, kas primaarne α -faas esineb dendriitidena või heksagonaalsete teradena. Tüüpiline arheoloogiline materjal sisaldab dendriitset primaarset α -faasi.

Primaarsete dendriitide kuju muutub sulami taondamisel. Selle käigus venitatakse dendriidid metalli voolamise (deformeerimise) suunas välja ning moodustuvad kiud (joon 9: 2). Teoreetiliselt peaks vahelduv lõõmutamine ja taondamine kaotama täielikult esialgse dendriitse struktuuri ja muutma selle rekristalliseerunud eutektilisteks heksagonaalse kujuga kristalliitideks. Praktikas on primaarset dendriitset struktuuri väga raske kaotada. Selle asemel tekivad mikrostruktuuris ühe faasi piklikud ribad, mille vahel asetseb eutektiline segu (joon 9: 2–4).

Lõhavere rinnalehe sulami peamiste koostiselementide keskmine hulk (hõbedat 52% ja vaske 38,4%) näitab, et tegu on alaeutektilise sulamiga, mille tõttu ongi struktuuri piltidel näha suured tumedad vaserikkad alad. Eutektikumi on näha peenkristalse struktuurina (joon 9: 3) keskosa ümber olevas heledamas alas.

Struktuuri lähemal uurimisel selgus, et rinnalehe lõõmutamise temperatuur oli liiga madal ka materjali sisepingete eemaldamiseks. Selle tõttu on struktuuri tekkinud erinevas suunas deformeeritud alade vahele praod (joon 9: 4), mis aja jooksul viivad selle rinnalehe paratamatule lagunemisele.

³ Kristalliseerumiseks nimetatakse vedela metalli üleminekut tahkesse (kristallilisse) olekusse. Kristalliseerumisprotsess algab kristalliseerumiskeskmete tekkimisega ja jätkub nende arvu ja mõõtmete kasvuga. Tekkivad kristallid kasvavad esialgu vabalt ja neil on korrapärane geomeetiline kuju, kuid kasvavate kristallide kokkupuutel nende korrapärasus rikutakse. Kasv jätkub ainult nendes suundades, kus esineb veel sulametalli. Eelnevalt tulenevalt on kristallidel korrapärane kuju, mistõttu neid nimetatakse kristalliitideks või teradeks. Kristalliseerumisel tekkivate terade kuju sõltub nende kasvutingimustest, peamiselt sooja äravoolu kiirusest ja suunast. Terade üheks kujuvormiks on dendriidid, millel on iseloomulik puuvõralaadset hargnev peatelg, s.o suund, kus kristall on kasvanud suurema kiirusega kui kõrvaltalged. Tavaliselt on terade mõõtmed mõni sajandik millimeetrit (Kulu 1995).



Joon 9. Elektonmikrofotod hõbedast rinnalehe mikrostruktuurist. 1 rinnalehe mikrostruktuuri ülevaade keskmise kummitud muhu ääre piirkonnas, 2 sulami taondamisel tekkinud kiud, 3 vase α -faasi kuni 30 μm läbimõõduga dendriidid (tume ala), 4 praod erinevas suunas deformeeritud alade vahel. Fotod joonistel 9 ja 10 Urve Kallavus.

Fig. 9. Microstructures of a silver sheet pendant. Backscattered electron mode, SEM. 1 microstructure of the pendant in the region of the stamp, 2 lamellae of the hammered alloy, 3 dendrites (up to 30 μm in diameter) of the large copper-rich α -phase (dark areas), 4 cracks on the border of adjacent areas deformed in different directions. Photos in Figs. 9 and 10 by Urve Kallavus.

Kohrutamine e kummimine (inglise *chasing*, *embossing* e *repoussage*; saksa *Treibarbeit*) kui omaette töövõtte on kullassepakunstis laialdaselt tuntud tänapäevalgi õhukesest vask-, hõbe- või kuldplekist esemete ilustamisel ja/või vormimisel. Et sepis kummimisel ei praguneks, asetatakse see pehmele alusele, milleks on läbi aegade tarvitatud pigi-, harvemini vaha- või liivapatja (Рыбаков 1948, 291; Oldeberg 1966, 168 jj). Enne tooriku pigile asetamist kuumutatakse pigi pealispind pehmeks. Seejuures tuleb jälgida, et pigi kõrbema ei läheks, kuna

kõrbenud osa enam ei kleepu. Ka eset tuleb enne pigile panemist kergelt kuumutada. Kui pigi pealispind on piisavalt pehme ja toorik kuumutatud, peab meister silmas pidama järgmisi võtteid: kontrollima vasaraga koputades, et töödeldava pinna alla ei jääks õhku ning enne kohrutamisele asumist asetama esemele kerge vajutise seniks, kuni pigi on jahtunud (Tamm 1996, 21). Enamasti kasutatakse kummimisel ümara- e kuulotsalist puntsi. Just sellist tööriista, mille otsa läbimõõt pidi olema u 1 cm, on pruugitud ka käsitletava rinnalehe kaunistamiseks, kusjuures kõikide muhkude kummimine toimus ehte tagumiselt küljelt.

Tembeldamiseks (inglise *stamping*; saksa *Punzarbeit*) vajatakse tavaliselt rauast, harvemini sarvest valmistatud erineva otsakujuga templeid e puntse (eesti keeles on mõnikord kasutatud templi ja puntsi sünonüümina veel terminit *täpits*; inglise *stamp* e *punch*; saksa *Stempel* e *Punze*), millega lüüakse üldjuhul kõval alusel eseme pealispinnale soovitud jäljend. Sõltuvalt otsakujust nimetatakse neid tööriistu joon-, toru-, kuul-, hammas-, kolmnurk-, nelinurk- jne templiteks (vt Tamla & Kallavus 2000, joon 155). Lõhavere rinnalehe ornamentimisel on kasutatud kolme erisuguse otsakujuga templit: kolme silmaga täidetud kolmnurkset ehte serva ääristamiseks ja keskse muhu raamimiseks, hambulist tækkejoonte tegemiseks ning nn kilipsukujulist tækkejoonte vahelise ornamendi tegemiseks (joon 7). Nimetatud templitest on kaks selgelt nähtava defektiga: hambulise puntsi “hambad” on erineva suuruse ja “hambavahedega” ning kolmnurktempli kolmest silmast üks on poolkuukujuline. Vaatamata sellele et mitmel puhul on templid löödud üksteise peale või kerge nurga all (joon 7: 2) ning tekkinud templijäljendid pole ühtlased, jätab Lõhavere rinnaleht üldmulje meisterlikust tööst.

Arheoloogilistelt kaevamistelt või juhuleidudena saadud vähesed muinasaegsed puntsid on sarnaselt tänapäeva kullasepatöökodades kasutatavatega u 10 cm pikkused eri paksusega tugevad karastatud traadid (Рыбаков 1948, 282, joon 67; Oldeberg 1966, joon 66; Колчин 1985, tahv 107: 16). Eestist pole muinasaegseid puntse leitud.

Rinnalehe tagakülje struktuuri uurimisel avastati piki kummitud muhkude (tagaküljel on need kausjad nõgusad lohud) servi huvitavad struktuurid, kus dendriitide leheline struktuur on moondunud rõngasstruktuuriks (joon 9: 3). Sellel rinnalehel olid rõngasstruktuurid moodustunud kõikide muhkude serva ümbruses. Vastavalt eeltoodule venitatakse dendriidid piki deformatsiooni välja. Ilmselt on need rõngad tekkinud “tahkete lainetena” võrdlemisi suure, kuni 3 mm otsaläbimõõduga kolmnurkse ja hambulise otsakujuga templiga löömisel. Kohati oli struktuuris näha muhu ääres ka pragusid, mis viitab samuti liiga madalale töötlustemperatuurile.

Neetimine (inglise *rivet*; saksa *Vernieten*) on tehniline võte, kus liidetavad osad ühendatakse mittelähtivõetavaks e neetliiteks. Neetliite tegemiseks kasutatakse kergesti deformeeritavast materjalist (näit vask, pronks või hõbe) silindrilise peaga kinnitusdetaili **neeti** (inglise *rivet*; saksa *Niete*). Liidetavate detailide avadesse e neediaukudesse asetatud needile tehakse seda vasaraga deformeerides lukustuspea.

Eestist leitud muinasaegsete ehte juures kohtab neetimist kõige sagedamini õhukesest hõbe- või pronksplekist väljalõigatud ripatsite, sh rinnalehtede, aga

samuti ripatsmüntide juures (joon 5). Vahel on neetliidet kasutatud ka kaela-võrude punutud keskosa ja plaatotste ühenduses. Näiteks esineb just selline ehte erinevate osade liitmisevõte Paunküla I aardes sisalduval, mitme tunnuse põhjal ilmselt kohapeal valmistatud massiivsel hõbevõrul, kus pronksneet tugevdab punutise otstest pikemalt väljaulatuvat ja mõlema otsaplaadi siseküljelt haagina tagasi painutatud traati (Tamla & Kallavus 2000, 156). Eraldi tuleks nimetada neetliidet kui üht robustset ja ilmselt just seetõttu harva kasutatud moodust väärismetallist esemete parandamiseks. Sellekohaseks näiteks võib tuua Mäetaguse hõbeaardest pärit suure hoburaudsõle, mille purunenud harikaart hoiab koos läbi araabia mündi löödud viis neeti (Hausmann 1914, 160, tahv XIX).

Ripatsmündid

Lõhavere aarde seitsmest tugevasti kulunud mündist (tabel) on peale Sigtuna brakteaadi ja Münsteri penni viis vermingut varustatud aasaks painutatud kannaga. Paeljad, 0,4–0,5 cm laiused ja 0,1 cm paksused kannad on välja lõigatud taondatud pronksplekist ning kinnitatud mündi serva ühe pronksist neediga (joon 5).

Tabel. Lõhavere aarde müntide nimistu

Table. List of coins of the Lõhavere hoard

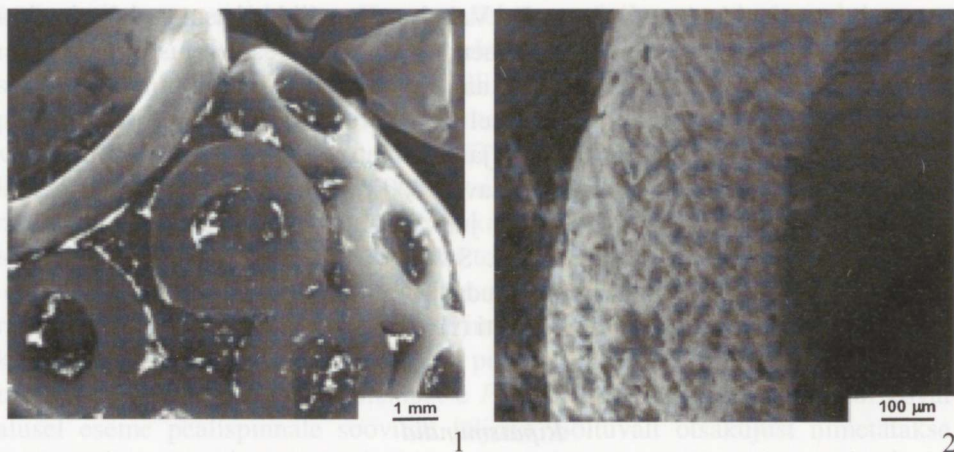
Maa	Linn	Valitseja	Valitsusaeg	Vermimisaeg	Kaal, g	Kirjandusviide
Rootsi	Sigtuna	Kg Knut Eriksson	1167–1196	1180–1196	0,23	Jonsson 1995, 54–55
Saksa	Münster	P Hermann II von Katzenellenbogen	1173–1203	1189–1203	0,96	Ilisch 1994, 65, nr 1
Saksa	Soest	Pp Philipp	1167–1191		1,37	Hävernack 1935, 882
Saksa	Köln	Pp Philipp	1167–1191	1190–1191	1,68	Hävernack 1935, 573
Saksa	Köln	Pp Philipp	1167–1191	1190–1191	1,42	Hävernack 1935, 576
Saksa	Köln	Pp Philipp	1167–1191	1190–1191	2,07	Hävernack 1935, 580
Saksa	Köln	Pp Philipp	1167–1191	1190–1191	1,60	Hävernack 1935, 573 jj

Lühendid: kg – kuningas, p – piiskop, pp – peapiiskop

Pronkshelmed

Mõõdud: 1,2–1,4 × 1,2–1,5 cm

Viis hõbedaläikelist tündrikujulist pronkshelmest on enam-vähem ühes mõõdus ning valmistatud ühel ja samal viisil: valatud siledale alaosale ja mõlemale poole avauste otsa on joodetud üksteise kõrvale ümmargused traadist rõngad. Sellise tehnoloogia kasutamisel on tavaline, et mõne rõnga kinnitamine ebaõnnestus või see sulas hoopis lapikuks kettaks (joon 6, 10: 1).



Joon 10. Tinapronksist helmes. 1 detailfoto, 2 mikrostruktuurfoto.

Fig. 10. Tin-bronze bead. 1 detail, 2 microstructure.

Lõhavere aarde pronkshelmed on väga kõrge tinasaldusega pronksist (vaske 51%, tina 44%, pliid 3%). Kui analüüs oleks tehtud esemest võetud tüki ristlõikest, siis oleks tina sisaldus olnud arvatavasti mõnevõrra väiksem. On ilmne, et tina suure hulga tõttu sai seda materjali kasutada üksnes valamiseks, sest 20% suurema tinasalduse korral muutub sulam hapraks ja ei ole mehaaniliselt töödeldav. Nii tündri kui ka traadi koostis on ühesugune. Struktuurilt on tegu tüüpilise dendriitse tahke lahusega. Helmeste sulamit ei ole lõõmutatud. Plii moodustab eraldi faasi. Kuna plii ja vask tahkes faasis teineteises ei lahustu, siis koguneb plii osakestena vase südamikdendriitide ümber. Helmestel on hõbedane läige seetõttu, et aja jooksul on vase dendriidid korrosiooni tõttu pinna tasandist sügavamale söövitanud (joon 10: 2) ning allesjäänud tina annab esemele hõbedasarnase välimuse. Helmel tekib hõbedane läige ka siis, kui selle pinda hõõruda hapelises lahuses.

Klaashelmed

Mõõdud: 0,9–1,1 × 0,3–0,4 cm

Kolmekümne kuuest säilinud klaashelmest (joon 2) on kolmkümmend kolm valmistatud sinisest, üks valgest, üks rohelisest ja üks kollasest läbipaistvast klaasmassist.⁴ Purunenud helmeste hulgas on ülekaalus sinised; poolikutest on kaks valged, üks kollane ja üks roheline. Seejuures pole kõik sinised helmed ühte

⁴ Tugevasti oksüdeerunud klaashelmeste värvi määramiseks tuli neid leotada mõnda aega nõrgas sidrunhappelahuses. Et vältida lahuses paisunud pärlite purunemist, kuivatati neid aeglaselt filterpaberite vahel.

värvi: nende värviskaala ulatub hallkassinistest kuni rohekassiniste toonideni. Teistest veidi suurem valge helmes erineb ülejäänutest seetõttu, et selle valmistamisel on kasutatud hõbefooliumiriba. Kuju järgi on nii tervete kui ka katkiste helmeste enamik sõõrjad, üks helesinine on segmendiline, koobaltsinine kaksikooniline ja hõbefooliumiga eksemplar silindriline.

Hõbedakangid

- Mõõdud: a) pikkus 4,7 cm; läbimõõt 0,7–1,0 cm; kaal 21,5 g
b) pikkus 2,1 cm; läbimõõt 0,7–0,9 cm; kaal 8,95 g

Pulgakujuliste ja ühest otsast kergelt ahenevate kangide ristlõige on ümar-kolmnurkne. Mõlema eseme pealispinnal on sisselõiked: pikemal kangil kolm ja lühemal kaks sätku (joon 4). Kolme sisselõikega kangi sälkudest on kaks sügavam V- ning üks madalam U-kujulise põhjaga. Lühema kangi sälkudest asetseb sügavam eseme keskel ja madalam ahenevas otsas. Lisaks on sama kangi ühel tahul kausjas 1,5 mm läbimõõduga ja millimeetrisügavune lohk. Võimalik, et see tekkis sulahõbeda valamisel vormi seinale jäänud suureteralise liiva või kivi-purru kristallist. Kangide kergelt krobeline ja ebatasane pind osutab sellele, et pärast valamist pole neid täiendavalt töödeldud ega lihvitud.

Hõbedakangide koostis näitab teiste Eestist leitud hõbeesemetega võrreldes kõrget (pikem kang: hõbedat 95,3%, vaske 4,7%; lühem kang: hõbedat 94,2%, vaske 5,8%) hõbedasisaldust. Mikrolihvi söövitamisel dendriitset struktuuri ei tekkinud, mis viitab sellele, et kogu vask on tahkes olekus hõbedas lahustunud. Samuti pole kange hiljem kuumutatud, sest heksagonaalset teralist struktuuri pole tekkinud.

Aarde päritolu ja dateering

Erinevalt 12. sajandi teise poole ja 13. sajandi suurtest, peamiselt põhjapoolsest Eestist – Harjust, Rävalast ja Virumaalt – leitud aaretest, kus esineb rohkesti tüpoloogiliselt ja teostuselt sarnaseid väärismetallist tooteid või koguni terveid ehtekomplekte (näit Kostivere, Angerja I, Paunküla I ja Varudi-Vana-küla), on Lõhavere peitleid väliselt üsna tagasihoidliku sisuga ehtevakk, milles hoiti koos iluasjadega ka kahte väikest hõbedakangi. Arvatavasti kuulusid selles sisaldunud ehted ühte kaelakeesse, kuhu oli lükitud koos klaas- ja pronks-helmeste ning tublisti kulunud müntidega vaid üks suurem ja pilkupüüdvam ripats – sõõrjas hõbeleht. Alates hilisviikingiajast olid seda sorti ümmargused ripatsid, mida arheoloogilises ja etnograafilises kirjanduses nimetatakse rinnalehtedeks, nii Eestis kui ka naabermaades (eriti Karjalas, Soomes, Loode-Venes ja Lätis liivlaste alal) laialt levinud. Omaette ehteliigina ilmusid rinnalehed Eesti leiumaterjali hiljemalt 12. sajandi alguses ning muutusid siin soosituks sama

sajandi teisel poolel ning järgmise alguses. Otsustades haualeidude põhjal, kand-sid neid (tihti koos helmeste ning pronksist ripatsitega) meelsasti nii naised kui ka lapsed, harvemini mehed. Seejuures on Eestist leitud sadade rinnalehtede ornamentide juures teada üksnes kümnekond mustrikombinatsiooni, mis vahel võivad erineda vaid üksikdetailides. Samas saab täheldada veel kommet, kus sarnase mustrikombinatsiooni ja -paigutusega hõbedast lehed esinevad suuremates ehtekomplektides paarikaupa (Tamla 1991, tahv XX: 1, 2; Tamla & Kallavus 2000, 163). Lõhavere eksemplari pinnakaunistus – ristikujuuliselt paigutatud viis “muhku” – oli ilmselt maagilise tähendusega ornament, mida kohtab tihti mitte ainult muinasaegsetel, vaid ka hoopis hilisematel, vähemalt kuni 17. sajandini valmistatud kaelaehetel (RK, tahv 30: 9, 11–13; Tamla 1991, tahv XX: 5; Tamla & Kallavus 2000, ill 14).

Suure tõenäosusega meisterdasid rinnalehti kohalikud külasepad, kelle toodangut iseloomustab teostuse lihtsus (neetidega kinnitatud pronksplekist kand, kohmakalt tembeldatud ja/või kohrutatud ornamentid) ning madal, enamasti 35–40%, harva üle 60% ulatuv väärismetallisisaldus (Tamla 1991; Tamla & Kallavus 2000, 161–167, ill 5, proovid 8, 9, 11–17). Lõhavere ehte materjaliuuring lubab arvata, et selle, 52% hõbedasisaldusega rinnalehe sulamis esinevad teised lisandid (tsinki 3,1%, tina 2,4%, pliid 0,9%) võisid sinna sattuda töötlemisel kas pronksi tahtliku lisamisega või “mustade” tööriistade kasutamisega.

Lõhavere aarde ehetest on importtooted nii pronkshelmed kui ka klaaspärlid. Ilmselt oli (Novgorodis või selle lähiümbruses?) massiliselt valmistatud tündrikujuliste ja rõngakestega ilustatud pronkshelmeste suur tinasaldus (sellega saavutati nende hõbedane värvus) meistritele taotluslik. Eestis kohtab selliseid, nn võltshõbedast helmeid kõige rohkem vadjapäraustes kääbastes, kus need esinevad sageli koos pronksist ümmarguste võreripatsitega (Ligi 1993, 58). Lisaks Lõhavere väikesele aardele sisaldab hõbedaläikelisi helmeid veel mitu peitleidu: üheksa eksemplari Järve (Tõnisson 1962, nr 52) ja niisama palju Tõrma III (Tamla 1999, 164, joon 2) ning neli Paunküla I (Tamla & Kallavus 2000, 167, ill 18) ehtekomplektis. Samasuguseid helmeid on teada üksikleidudena ka mõnest noorema rauaaja kivilalmest (Moor 1929, 274, 280), sh alles hiljuti Süda-Harjumaal avastatud lõhutud kangrust Katas (AI 6469). Väljaspool Eestit kohtab selliseid helmeid kõige rohkem Vadjamaa muististes, kus need esinevad Jevgeni Rjabinini järgi 12. sajandi teisel ja 13. sajandi esimesel poolel (Рябинин 1984, 51). Novgorodi vastavad helmed on vene ehte hea tundja Maria Sedova dateerinud samasse ajavahemikku (Седова 1981, 155).

Käsitletavas aardes sisalduvad erineva vormi ja värviga klaasmassist helmed olid nii Baltimaades kui ka naaberaladel laialt levinud ja kaua kasutusel (vt Щапова 1956; Мугуревич 1965; Лесман 1984). Haruldasem on vaid teistest suurem üksik valge hõbefooliumivöödigas silindriline pärl. Üksnes mõni seda sorti eksemplar on saadud ka klaashelmeste poolest iseäranis rikkast Novgorodist, kus need pärinevad aastaist 989–1281 (Лесман 1984, tab 1).

Lisaks aardes sisalduvale rinnalehele ja helmestele on kantud kaelaehtena veel lihtsate needitud pronkskandadega varustatud münte ning oletatavasti ka kannata, kuid augustatud ja servast rebenenud raha (joon 5).

Kõneldes Lõhavere leiu mündikooslusest tuleb märkida Kölnist ja Vestfaalist pärinevate denaaride domineerimist (tabel). Kui vaadelda teisi 12. sajandi teise poole kuni 13. sajandi alguse Eesti aardeid, siis näib, et teatav muudatus mündikäibe koostises on aset leidnud just 1190. aastatel. Näiteks Vaida, Padiküla ja Haapsalu leidudes, mis kuuluvad 12. sajandi 70.–80. aastatesse, Kölni ja Vestfaali denaare veel ei kohta (Molvõgin & Leimus 1995; Leimus 2000; Williams 2000; Molvõgin 2001). Küll esinevad need aga näiteks Kaarma Piila (*tpq* 1199), Tamse (*tpq* 1193), Muhu linnuse (*tpq* 1209), Kostivere ja Kumna (*tpq* u 1220) aardeis (Körber 1800; Молвыгин 1970; Leimus 1994, 457, märkused 4 ja 5; Leimus & Molvõgin 2001, 47;). Kõik see kinnitab Arkadi Molvõgini hiljuti väljendatud teesi Kölni ja Vestfaali müntide saabumisest Eestisse päris 12. sajandi lõpul, nagu ka selle fenomeni seostamist tollal Liivimaale jõudnud kaupmeeste ja palverändurite valdavalt Vestfaali päritoluga (Molvõgin 2001, 182). Mis puutub Kölni müntidesse, siis need olid lihtsalt omal ajal hinnatud ja laialt levinud rahad ning ei pruugi otseselt viidata Kölni ärimeeste Liivimaa-retkedele. Niisiis reisisid mündid Eestisse kaupmeeste ja risticsõdijate taskus. Olgu siinkohal meenutatud ka kroonik Henriku teadet Saksa kaupmeeste talvitumisest Eestimaal 1190. aastail (HCL II:11). Nii lubab numismaatiline aines ja selle kõrvutamine kirjalike allikatega püstitada oletuse, et Vestfaali kaupmehed ei saanud Eestisse enne 1190. aastaid. Vähemasti ei tulnud nad enne seda kümnendit otseteed Saksimaalt. Küll aga võisid varasemad suhted võõramaiste kaubitsejatega kujuneda Ojamaa keskuste, eeskätt Visby vahendusel, kus Saksa kaupmeeste koloonia hakkas moodustuma juba 1160. aastatel. Ehkki ka seal jõudsid nad oma kiriku ehitamiseni alles 1190. aastal.

Vaid vähesed Eestist leitud aarded sisaldavad hõbedakange. Otsustades kuju ja pinnafaktuuri järgi, on Lõhavere aardekese kaks pulgakujulist kangi valmistatud ühepoolses kivist vormis. Värvilisest metallist, sh hõbedast pulgakujuliste kangide valamiseks mõeldud kivivorme pole Eestist leitud, kuid neid on päeva-valegele tulnud põhja- ja läänepoolse Euroopa, näiteks Rootsis Birka, Lundi ja Uppsala, Saksamaal Haithaby ja Inglismaal Yorki viikingi- ja varakeskaegsete asulate arheoloogilistelt kaevamistelt. Enamasti ühe, harvem mitme kangi jaoks valmistatud ühepoolsed väljavoolukanaliteta vormid lõigati välja kergesti töeldavast ja kõrget temperatuuri taluvast peenekristallilisest kivimist, enamasti liiva-, harvem kiltkivist (Oldeberg 1966, 50 jj, joon 49, 139, 146; Capelle 1968, 28; Hall 1984, 54). Lõhavere kangidele pärast hangumist sisselõigatud sälgud on üsna tavaline nähtus nii muinas- kui ka keskaegsetel eksemplaridel. Arvatavasti kontrolliti sellega kaubatehingus kangisulamini kvaliteeti. Eestist leituist esinevad sälgud üksnes pulgakujulistel hõbedakangidel, lisaks Lõhavere aardes sisalduvatele veel näiteks Paimre (AI 3888: 1), Kumna (Tõnisson 1971, joon 2: 4) ja Mäetaguse (Hausmann 1914, tahv XVIII) eksemplaridel.

Eestist leitud muinasaegsetest hõbedakangidest on nüüdseks laboratoorselt uuritud kolme. Esimene sellekohane analüüs tehti 1975. aastal Varudi-Vanaküla aarde rombikujulisele kangile nn kraapetestiga, et määrata eseme väärismetallisisaldust. Selleks kraabiti kangi pinnalt õhuke kiht materjali ja võrreldi selle värvi pärast vastavate kemikaalidega töötlemist kindla prooviga hõbeda värviga (nn etaloniga). Saadud kaudne tulemus, mille kohaselt Varudi-Vanaküla kangis oli vaid 50% hõbedat, oli üllatavalt madal, kuid samas kooskõlas enamiku sama aarde suure tõenäosusega kohapeal valmistatud ehetega, mille hõbedasisaldus jäi 40 ja 50% vahemikku (Tamla 1991, tab 1).

Lõhavere aarde kaks väikest hõbedakangi on esimesed, mida analüüsiti materjali koostise selgitamiseks nüüdisaegsete laboratoorsete uurimisvõimalustega skaneerivas elektronmikroskoobis energiadiispersiivse röntgenmikroanalüsaatoriga. Saadud tulemus näitas, et need kanged on valmistatud üle 90% väärismetallisisaldusega (pikemas kangis oli hõbedat 95,3% ja lühemas 94,2%) sulamist, mis näib olevat selle ajastu puhas hõbe. Seega tuleb arvata, et vaatamata väikesele kaalule (21,5 ja 8,95 g) oli Lõhavere hõbedakangidel arvestatav väärtus.

Lõhavere hõbearde dateerimine on komplitseeritud, kuna enamik selles leiukogumis sisalduvaid esemeid on olnud kasutusel suhteliselt pika aja jooksul. Ka aarde mündid on nn sekundaarse kasutusega (muudetud ripatsrahadeks), mis ei anna võimalust täpselt määrata aega, kui ehtevakk jäi tulekahjus hävinud hoone rusudesse. Hoolimata sellest moodustavad kõik Lõhavere vermingud ajalisel üllatavalt kompaktsed grupid ja on saadud nähtavasti korraga mõne tehingu tulemusel 1190. aastatel. Otsustades säilivuse järgi on need mündid aga õige pea pärast omandamist muudetud ehteks, sest teisiti poleks seletatav rahade küllaltki suur kulumine. Seega võib oletada, et Lõhavere aare jäi maapõue 12. sajandi lõpul või 13. sajandi esimestel kümnenditel.

Tänuavaldus

Artikkel on valminud Eesti Teadusfondi toel (grant nr 4841 “Hõbedakangide materjalikoostis Eestist leitud 9.–13. sajandi aardeleidude põhjal”). Autorid tänavad fotograafe Enno Väljalit ja Mart Viljust Lõhavere aarde esemete fotode ja kunstnik Kersti Siitanit joonise eest.

Kasutatud kirjandus

- Aruanne** Lõhavere linnamäe kaevamistest 1958. aastal ja tööde lõpetamisest 1959. aastal. Käsikiri AI-s.
- Capelle, T.** 1968. Der Metallschmuck von Haithabu. Studien zur wikingischen Metallkunst. Neumünster.
- Hall, R.** 1984. The Excavations at York. The Viking Dig. The Bodley Head. London; Sydney; Toronto.

- Hausmann, R.** 1914. Der Silberfund von Mehntack in Estland. – Baltische Studien zur Archäologie und Geschichte. Arbeiten des Baltischen Vorbereitenden Komitees für den XVI. Archäologischen Kongress in Pleskau 1914. Riga, 158–167.
- HCL** = Henriku Liivimaa kroonika. Tõlk R. Kleis, toim E. Tarvel. Tallinn, 1982.
- Hävernich, W.** 1935. Die Münzen von Köln. Köln.
- Ilsch, P.** 1994. Die mittelalterliche Münzprägung der Bischöfe von Münster. (Numismatische Schriften des Westfälischen Landesmuseums für Kunst und Kulturgeschichte Münster, 3.) Münster.
- Jaani, L., Laul, S., Lõugas, V. & Tõnisson, E.** 1982. Eesti esiajalugu. Tallinn.
- Jonsson, K.** 1995. Från utländsk metall till inhemskt mynt. – Myntningen i Sverige 995–1995. (Numismatiska Meddelanden, 40.) Stockholm, 43–61.
- Kulu, P.** 1995. Metallide ja sulamite struktuur. Loengukonsept, I. Tallinn.
- Körber, E. Ph.** 1800. Vaterländische Merkwürdigkeiten Viertel Theil. Numismatik von Lief- und Ehstland, nebst einem Anhang von Russischer Courant Münzen, die seit des Regierung Kayser Peter I, bis auf unsere Zeiten geprägt worden sint. Liefländische Münz-Sammlung enthaelt alle bisher entdeckte Münzen die zur Zeit des Ordens und nacher gepraegt worden. Beschreiben und gezeichnet durch Eduardt Philipp Körber. Dorpat. Käsikiri Eesti Kirjandusmuuseumis, ÕES M.B. 59, 195.
- Leimus, I.** 1994. Tundmatud brakteaadid Eesti 13. sajandi alguse leidudes. – TATÜ, 43: 4, 456–464.
- Leimus, I.** 2000. Einige Beiträge zur Bildungsgeschichte des Münzfundes von Vaida. – XII. internationaler numismatischer Kongress Berlin 1997. Akten – Proceedings – Actes II. Koost B. Kluge & B. Weisser. Berlin, 923–928.
- Leimus, I. & Molvõgin, A.** 2001. Estonian Collections. Anglo-Saxon, Anglo-Norman and Later British Coins. (Sylloge of Coins of the British Isles, 51.) Oxford.
- Ligi, P.** 1993. Vadjäpärased kalmed Kirde-Eestis (9.–16. sajand). – Vadjäpärased kalmed Eestis 9.–16. sajandil. (MT, 2.) Tallinn, 7–175.
- Lund Hansen, U.** 1975. Guldhåndværk i Nordens oldtid – Guld fra Nordvestjælland. København, 111–160.
- Molvõgin, A.** 2001. Padiküla aarde mündid. – Studia numismatica II. Festschrift Mihhail Nemirovitš-Dantšenko 80. (Eesti Ajaloomuseum. Tõid ajaloo alalt, 3.) Tallinn, 173–185.
- Molvõgin, A. & Leimus, I.** 1995. A unique hoard from Estonia. – Studia numismatica. Festschrift Arkadi Molvõgin 65. Tallinn, 103–125.
- Moora, H.** 1929. Wotische Altertümer aus Estland. – Eurasia Septentrionalis Antiqua, IV. Helsinki, 272–283.
- Ogden, J.** 1994. The technology of medieval jewelry. – Ancient and Historic Metals. Conservation and Scientific Research. (The Getty Conservation Institute.) London.
- Oldeberg, A.** 1966. Metalltechnik under vikingatid og medeltid. Stockholm.
- RK** = Katalog der Ausstellung zum X. archäologischen Kongress in Riga 1896. Riga, 1896.
- Scott, D. A.** 1991. Metallography and Microstructure of Ancient and Historic metals. (The Getty Conservation Institute.) London.
- Sokolovski, V.** 1997. Aruane arheoloogilistest uuringutest Tallinnas kinnistutel Roosikrantsi t. 9 ja 11. I köide. Uuringute tulemused. Käsikiri AI-s.
- Tamla, Ü.** 1991. Varudi-Vanaküla hõbeaare. – MT, 1. Tallinn, 154–162.
- Tamla, Ü.** 1999. A hoard from the prehistoric settlement of Tõrma. – AVE 1998, 161–166.
- Tamla, Ü. & Kallavus, U.** 1998a. Kaks hõbeaaret Angerja muinasasulast. – Loodus, inimene ja tehnoloogia. Interdistsiplinaarseid uurimusi arheoloogias. (MT, 5.) Tallinn, 230–278.
- Tamla, Ü. & Kallavus, U.** 1998b. Väike hõbeaare Varbola Jaanilinnast. – EAA, 2, 21–36.
- Tamla, Ü. & Kallavus, U.** 1999. The silver hoard from Paunküla. – Fenno-ugri et Slavi 1997. Cultural Contacts in the Area of the Gulf of Finland in the 9th–13th Centuries. (Museoviraston Arkeologian Osaston Julkaisuja, 8.) Helsinki, 77–93.
- Tamla, Ü. & Kallavus, U.** 2000. Muinasaja lõpuperioodi hõbeaare Paunkülalt. – Eesti Ajaloomuseum. Tõid ajaloo alalt, II. Tallinn, 147–183.
- Tamm, E.** 1996. Vääris- ja värvilistest metallidest esemed ja nende kaunistamistehnikad. – Muuseumi varahoidja meelepea, 6. Paide, 4–58.

- Tõnisson, E.** 1962. Eesti aardeleidud 9.–13. sajandist. – MKA, 182–274.
- Tõnisson, E.** 1971. Kumna hõbeaare. – *Studia archaeologica in memoriam Harri Moora*. Tallinn, 218–225.
- Williams, G.** 2000. A hoard from Estonia in the British Museum. – XII. internationaler numismatischer Kongress Berlin 1997. Akten – Proceedings – Actes II. Koost B. Kluge & B. Weisser. Berlin, 986–989.
- Аун М.** 1992. Археологические памятники второй половины I-го тысячелетия н. э. в Юго-Восточной Эстонии. Таллинн.
- Колчин Б. А.** 1985. Обработка цветных металлов. – Древняя Русь. Город, замок, село. (Археология СССР.) Москва, 260–265.
- Лесман Ю. М.** 1984. Погребальные памятники северо-запада Новгородской земли и Новгорода XI–XIV вв. (синхронизация вещевых комплексов). – Археологическое исследование Новгородской земли. Ленинград, 118–153.
- Молвыгин А.** 1970. Тамзеский клад монет начала 13 века. – *Studia archaeologica in memoriam Harri Moora*. Tallinn, 126–132.
- Мугуревич Э.** 1965. Восточная Латвия и соседние земли в X–XIII вв. Рига.
- Рыбаков Б. А.** 1948. Ремесло древней Руси. Москва.
- Рябинин Е. А.** 1984. Городища Водской земли. – КСИА, 179, 45–53.
- Седова М. В.** 1981. Ювелирные изделия древнего Новгорода (X–XV вв.). Москва.
- Щапова Ю. Л.** 1956. Стекланные бусы древнего Новгорода. – МИА, 55, 164–179.

Ülle Tamla, Urve Kallavus and Ivar Leimus

THE SILVER HOARD FROM LÕHAVERE HILLFORT

Summary

Since the middle of the 1990s the Department of Archaeology of the Institute of History and the Centre for Materials Research of Tallinn Technical University (TTU) have developed co-operation in the study of prehistoric silver hoards. Besides estimating the precious metal content of the archaeological silver collections, the main aim of this project has been detailed research into the manufacture of prehistoric silver ornaments and the alloys used in them. The present paper continues the publishing of the results of interdisciplinary study of silver artefacts found from Estonia, with the analysis of the small hoard found from Lõhavere hillfort in 1958. Two small silver bars and ornaments were discovered between the sandy rampart and the ruins of the burnt dwelling-house close to the main entrance of the hillfort (Figs. 1 and 2).

Alongside with traditional archaeological methods (detailed survey, comparison and description of external features of the artefacts), the manufacturing technology of artefacts was studied using various equipment. All analyses were performed in the centre for Materials Research of TTU, with the financial aid from the Estonian Science Foundation (grant No. 4841).

The investigation of microstructure and the distribution of constituent chemical elements provides information about the manufacturing technology – whether

the artefact was produced by simple mixing of components or eutectic alloy. In addition, the information about possible application of annealing, working and high or low temperature treatment could be obtained.

Light and scanning electron microscopy are the so-called non-destructive research methods where, after the analysis, the sample could be stored and analysed again later. In this respect these methods vary from conventional chemical analysis where samples are dissolved in the course of analysis. In fact, some damage has to be done in any kind of analysis. The surfaces of artefacts must be cleaned from oxides, and sometimes the chemical compositions of the surface and the deeper layers of the artefact differ. At the same time, this difference could be a target of particular investigation. A sample is taken as a small piece (if possible), or drilled out, or the surface is cleaned from oxides and analysed *in situ*.

For the investigation of the chemical composition, polished cross-sections of the samples from two silver bars were prepared. The element content was analysed with SEM/EDS at the regime of 20 kV and 0.8 nA. The main elements – silver and copper – were analysed.

A small area (3 mm²) of the back side of the brooch was cleaned, polished and etched with the mixture of H₂O₂ and NH₄OH (1:3). The microstructure was investigated first by optical microscopy and then the chemical composition was determined by SEM/EDS. Here zinc, tin and lead were analysed in addition to the main components – silver and copper.

The biggest and quite well preserved ornament in the Lõhavere hoard, a round silver sheet pendant (Fig. 3) has been cut from a thin hammered silver foil. It has a decorated triangle-shaped loop of bronze, fastened with two rivets (Fig. 8). The geometrical decoration has been applied without heating, by punching and chasing different motifs (Fig. 7). The chased ornamentation has been worked from the back side and the punching from the front.

The microstructural investigation of the pendant (Fig. 9) revealed low working temperature – the dendritic structure was still present (Fig. 9: 1). There were very large (up to 30 µm) dendrites of the copper α-phase (Fig. 9: 3). This is typical of the archaeological artefacts. The slow cooling rate determines the shape of the crystals of the primary α-phase. In this sample copper primary dendrites are stretched along the direction of deformation and lamellae are formed. Between the lamellae, areas of eutectic composition of a copper–silver alloy were found (Fig. 9: 2). The chemical composition (silver 52.0% and copper 38.4%) shows that this is a hypoeutectic alloy. This explains also the presence of large dark copper areas of the copper-rich phase. The eutectic composition shows as fine striped structure in the area around the central dark zone (Fig. 9: 2–4).

The annealing temperature was obviously too low and therefore cracks have appeared between areas deformed in different directions (Fig. 9: 4). This process is irreversible and will lead to the destruction of the artefact.

Five silver-coloured beads are barrel-shaped (Fig. 6). They have been made by the same method: small rings of bronze wire have been soldered on the smooth

cast body. This method is indicated by the deformation or faulty attachment of some rings (Fig. 5).

A bronze bead was analysed after cleaning the surface, and the contents of copper, tin and lead were determined. The compositional analysis showed high tin-bronze containing copper 51%, tin 44% and lead 3%. The tin content is high probably due to the applied surface analysis. High tin-bronzes were used only for the casting of artefacts since that material is too brittle for the working. Lead stands as a separate phase around the cored dendrites of the copper-rich phase. The outlook of beads was silvery as the copper phase was corroded out with time.

As most coins from the Lõhavere hoard (5 of 7) are provided with a bronze loop, they have obviously been used as a necklace. The overwhelming majority of coins in the deposit come from Westphalia and Cologne, which is characteristic of a number of Estonian hoards from the late 12th and early 13th centuries and could be connected with the origin of German merchants visiting Livonia at that time. As none of the Estonian deposits containing German coins of the period under discussion is dated back earlier than the 1190s, numismatical evidence allows us to presume that the Westphalian merchants reached Estonia during the last decade of the 12th century.

From the few ingots found in Estonia three silver bars have been investigated up to now. The first of these was a rhomboidal bar from the Varudi-Vanaküla hoard, analysed for the silver content in 1975 using the standard scratch test. This analysis showed a surprisingly low 50% silver content, but at the same time it was in accordance with the silver content of locally manufactured ornaments in the same hoard. In 2001 two ingots from the Lõhavere hoard were investigated with SEM/EDS. The silver content of the alloy of the bars was over 90% (95.3% in the longer and 94.2% in the shorter one), which was evidently regarded as pure silver at the time. Thus it can be presumed that notwithstanding the small weight of the bars (21.5 and 8.95 g), those of Lõhavere were of considerable value.

The exact dating of the Lõhavere hoard is complicated because the ornaments represented there were used over a quite long period. The coins in the hoard have also been secondarily used as pendants, which makes it impossible to determine the date when the treasure was left in its place when the dwelling-house burned. All the same, the coins form a uniform group and were obtained, most likely, as a result of one single transaction in the 1190s. Judging by their condition (heavily worn), the coins have been turned into the necklace soon after. Thus we may presume that the Lõhavere hoard was abandoned at the very end of the 12th century or in the first decades of the 13th century.