

# Arkeometallurgia Suomen esihistorian tutkimuksessa

■ Mikko Moilanen

Arkeometallurgialla tarkoitetaan arkeologian osaluuetta, joka tutkii metallien käytön esihistoriaa ja historiaa. Kohteena on metallien elinkaari aina malmien hankinnasta ja jalostamisesta esineiden valmistukseen, käyttöön ja hylkäämiseen. Arkeometallurgian poikkitieteellisyyttä korostaa sen painottuminen luonnontieteellisiin tutkimusmenetelmiin. Arkeometallurginen tutkimus on ollut Suomessa melko satunnaista, eikä se ole vakiinnuttanut asemaansa osana mitään instituutiota tai laitosta. Tästä huolimatta tutkimus on tuonut uusia näkökulmia Suomenkin esihistorian tutkimukseen.

Arkeometallurginen, luonnontieteellisiä menetelmiä hyödyntävä tutkimus on ollut Suomessa hyvin vähäistä, etenkin historiallisia aikoja tutkittaessa. Perinteiseen tapaan muinaisen metallintuntemuksen ja -käsittelyn tutkimus on useasti keskittynyt luonnontieteellisten analyysimenetelmien sijaan jäsentämään ja tulkitsemaan maasta löydettyä aineistoa ryhmittelevien menetelmien sekä löytöjen levinnän ja määrän perusteella. Tällöin ei tietenkään päästä esimerkiksi esineen pintaa syvemmälle eikä osata aavistaa sitä kysymysten määrää, johon arkeometallurgian menetelmin pystyttäisiin vastaamaan.

Kenties eniten huomiota metallurgian tutkimuksen historiassa on saanut kysymys metalliesineiden paikallisesta valmistuksesta, johon on pyritty monesti vastaamaan juuri typologian keinoin järjestämällä esineitä ajallisesti toisiaan seuraaviin kehitysasteisiin sekä ryhmittelemällä esineitä niiden muodon, koristelutyylin ja -tekniikan perusteella. Paikalliset tuotteet on nähty omaleimaisina tai ovat vieläkin muualla harvinaisia, ja ne saattavat imitoida ulkomaisia malleja ja muotivirtauksia (esim. Lähdesmäki 1991).

Suomessa vallitseva arkeologinen olettamus on, että päivittäin tarvittavat esineet, kuten työkalut ja kotitaloustavarat, tehtiin paikallisesti, kun taas korujen ja erityisesti aseiden on katsottu olleen suurimmaksi osaksi tuontia naapurimaista ja usein jopa kauempaakin.

Arkeometallurgialle ominaisia tutkimuskysymyksiä ovatkin perinteisesti metallien koostumus ja alkuperä sekä esineiden valmistustekniikka. Vaikka metalliseppien valmiit tuotteet nostetaan hyvin usein arkeometallurgian pääasialliseksi lähdeaineistoksi ja tutkimuskohteeksi, tutkii arkeometallurgia muitakin arkeologiaa, kaikkeen metallinkäsittelyyn liittyviä aineistoja. Varhaisvaiheissaan metalli pitää jalostaa malmista, mistä ovat osoituksena metallien pelkistämiseen liittyvät löydöt, kuten sulatusuunien jäänteet ja niiden yhteydestä tavattava valmistusjäte eli kuona. Esimerkkejä muista ei-metallisista aineistoista ovat vaikkapa saviset pronssi-seosten ja hopean sulatusupokkaat, valinmuotit sekä ahjojen jäänteet.

Koska perimmäinen tarkoitus on tutkia ihmistä ja kulttuuria metallien käytön kautta, pyritään luonnontieteellisen tutkimuksen tulokset kytkemään osaksi laajempaa kontekstia humanistisen tieteen tapaan. Voidaan tehdä johtopäätöksiä esimerkiksi yhteisöjen teknologisen tietämyksen ja osaamisen tasosta, yhteisöjen ekonomiasta, kaupankäynnistä jne. Ideaalitilanteessa arkeometallurginen tutkimus voidaan kytkeä mihin tahansa arkeologisen tutkimusprosessin vaiheeseen, kuten tutkimuskysymyksen asetteluun, suunnitteluun, aineiston ja menetelmien valintaan, kenttätöihin, tulkitoihin ja raportointiin (esim. English Heritage 2001).

## Monilaiset menetelmät

Arkeometallurgian käyttämät tutkimusmenetelmät ovat monipuolisia ja niistä esitetään tässä lyhyesti vain muutamia ja käytetyimpiä. Pääpiirteissään menetelmät tulevat arkeometri-an piiristä, jossa sovelletaan fysiikan ja kemian menetelmiä erilaisten arkeologisten aineistojen tutkimukseen. Eräs arkeometri-an osa-alue eli materiaalitekniikka on laajasti valjastettu arkeometallurgisen tutkimuksen tarpeisiin.

Menetelmät voidaan karkeasti jakaa löytö- ja tuhoamattomiin eli nondestruktiivisiin ja tuhoaviin eli destruktiivisiin menetelmiin. Joillakin nondestruktiivisilla menetelmillä voidaan saada ainakin osittaisia vastauksia sellaisiin kysymyksiin kuin mitä materiaaleja esineen valmistukseen on käytetty ja millaisilla tekniikoilla valmistus on tapahtunut. Näitä menetelmiä ovat mm. stereomikroskopia sekä röntgenkuvaus, joiden käyttö ei tuhoa löytöä millään lailla. Arkeometallurgialle luonteenomaisempia ovatkin destruktiiviset menetelmät, jotka kajoavat löytöihin vaatimalla näytepalan.

Perinteisin arkeometallurgian alaan kuuluva tutkimus on ns. metallografinen tutkimus, jolla pyritään paljastamaan metallin kiderakenne. Kiillotettua ja syövytettyä näytepalaa – tyypillisesti jostain metallisepän valmistamasta esineestä – tutkitaan jopa tuhatkertaisella suurennoksella, jotta voitaisiin määritellä metallin tyyppi ja sen käsittelytekniikat. Huolimatta menetelmän tuhoavasta luonteesta, nykyään analyysiin vaadittava näytepala voi olla pelkästään kuutiomillimetrin kokoinen, vaikka suurempi näytepala on luonnollisesti edustavampi ja antaa näin totuudenmukaisempia tuloksia. Nykyään käytetään tavallisen metallografisen mikroskoopin ohella pyyhkäisyelektronimikroskooppia (SEM), jolla päästään tarkempaan ja terävämpään suurennokseen.

Yleensä metallografinen tutkimus on yhdistetty alkuaineanalyysiin, jolla selvitetään metallin koostumusta. Tähän on olemassa useita erilaisia keinoja, joista käytetyimpiä ovat röntgenspektrometria (SEM-EDS/WDS), röntgenfluoresenssispektrometria (XRF) ja plasma-atomiemissiospektrometria (ICP-AES) (ks. English

Heritage 2001; Hornytzkyj & Tomanterä 2008; Ottaway 1994). Menetelmissä on pieniä eroja sen suhteen, millaista tietoa näytteestä on tarkoitus saada irti. Alkuaine- eli kemiallinen analyysi vaatii niin ikään aina näytepalan analysoitavasta esineestä.

Fysiikan ja kemian menetelmien lisäksi voidaan hyödyntää mm. geologiaa ja mineralogiaa, joiden piirissä vakiintuneita analyysimenetelmiä voidaan käyttää esimerkiksi metallinkäsittelyssä syntyvän jätteen eli kuonan tutkimuksessa. Voidaan pyrkiä esimerkiksi vastaamaan, mistä päin malmi on saatettu kerätä, tai vaikkapa millaisia apuaineita eli juoksutteita on saatettu käyttää metallin pelkistämisen prosessissa. Geofysikaalisilla menetelmillä, kuten magnetometrialla, saadaan tietoa esimerkiksi metallinkäsittelypaikan laajuudesta, säilyvyydestä ja merkityksellisyydestä. Magneettisia mineraaleja sisältävät uunien ja ahjojen savivuorauksen palat sekä kuona voidaan pyrkiä ajoittamaan paleomagneettisella menetelmällä. Arkeometallurgiaan tutkimuskohteensa puolesta lukeutuu myös rautaesineiden radiohiiliajoittaminen rautaan sitoutuneen hiilen avulla. Viimeksi mainittua on alettu Suomessakin kokeilla.

Viimeisimpänä tulokkaana varsinaisiin arkeometallurgian menetelmiin voi mainita kokeellisen arkeologian. Kokeellinen arkeologia voidaan nähdä paitsi omana haaranaan arkeologian sisällä myös eräänlaisena tutkimustyökaluna, joka auttaa minimoimaan virheellisiä hypoteeseja. Etnografista vertailuaineistoa käytetään normaalisti kokeellisen tutkimuksen tukena, tutkimusprosessin eri vaiheissa. Metallien parissa on Suomessakin tehty jonkin verran kokeellista tutkimusta, joka paitsi hyödyntää arkeometallurgisten, luonnontieteellisten analyysien tuloksia myös selittää analyyseissa esiin tulleita asioita ja ilmiöitä.

## Vaskenvalua ja raudanvalmistusta

Arkeometallurgian alaan kuuluvaa tutkimusta on tehty Suomessa jo 1800-luvun loppupuoliskolta lähtien, jolloin huomiota kiinnitettiin pronssien koostumuksen analysointiin ja tätä kautta pyrittiin määrittelemään pronssin alku-

perää (esim. Koskinen & Ignatius 1866; Ax 1896). Pääsääntöisesti nimenomaan pronssikautiset (n. 1500–500 eKr.) materiaalit kiinnostivat, mutta myös joitakin rautakautisia (n. 500 eKr. – 1200 jKr.) pronssikoruja analysoitiin. Pronssi kiinnosti edelleen toisen maailmansodan jälkeen (esim. Korosuo 1947; Salmo 1953; Meinander 1954), jolloin metallurgian tutkimus koki jonkinasteisen taantuman Suomessa.

Vasta 1980-luvulle tultaessa kiinnostus aiheeseen heräsi uudelleen entistä vivahteikkaampana. Edelleen pronssikautiset ja varhaisemmatkin metalliesineet koettiin analyysien arvoisina (esim. Taavitsainen 1982; Siiriäinen 1984; Lipponen ym. 1985; Luoto 1993). Myös rautakautisia pronssiesineitä tutkittiin edelleen, ja niiden havaittiin olevan joissain tapauksissa hyvinkin erilaisia koostumukseltaan kuin pronssikautiset valurin tuotteet (esim. Tomanterä 1991). Onpa pronssivalua tutkittu meillä kokeellisestikin (Lepokorpi 1985; Näränen 1997). Pronssin ohella rautakautisista yhteyksistä peräisin oleva hopea, sekä esineinä ja niiden koristeellisina osina että raaka-ainepaloina, on kiinnostanut tutkijoita jonkin verran (esim. Lehtosalo 1973; Creutz 2003; Tomanterä 2008).

Päähuomio esihistoriallisen metallurgian luonnontieteellisen tutkimuksen varhaisvaiheissa Suomessa on ollut valmiissa esineissä, niiden materiaalien koostumusten sekä mahdollisesti myös alkuperän selvittämisessä. Suomesta tunnetaan myös joitain paja- ja työkalulöytöjä liittyen sekä pronssi- että rautasepäntöön, mutta luonnontieteellinen ote puuttuu tutkimuksesta näiden materiaalien jäänteiden kohdalla, poislukien uudet, valmistusjätettä eli kuonaa koskevat tutkimukset. Esimerkiksi Virossa sepäntökalujakin on tutkittu metallografisin analyysin (Peets 2003).

Hämmästyttävää kyllä, metallien pelkistämisen ja jalostamisen arkeometallurginen tutkimus on hyvin uusi piirre suomalaisessa arkeologisessa tutkimuksessa. Raudanpelkistyksestä on tehty joitakin kokeita (esim. Pukkila 1991; Jäppinen 2006), minkä lisäksi esihistoriallisen raudanvalmistuksen yhteydessä syntyvää kuonaa on alettu kunnolla analysoida vasta 1990-luvulla

(esim. Keränen ym. 1991; Buchwald 2005; Jäppinen 2006), vaikkakin kiinnostusta ja yrityksiä on ollut aiemminkin (esim. Leppäaho 1939).

Kuonien mikrorakenteen analysointi on mahdollistanut mm. pelkistys- ja taontakuonan erottelemisen toisistaan sekä raudanvalmistuksen tekniikan ja teknisen tason selvittämisen ja vertailun esimerkiksi naapurimaihin. Tulokseksi mainittakoon, että rautakauden puolivälissä rautaa on valmistettu hieman toisistaan eroavilla menetelmillä ja valmiin raudan laatu on verrattavissa esimerkiksi Ruotsissa samoihin aikoihin valmistettuun raakarautaan.

### **Rautasepän pajasta tutkijan pöydälle**

Vallitsevana tendenssinä suomalaisessa arkeometallurgiassa on ollut ei-rautaisten metallien tutkimus, kun taas raudasta taottujen esinemuotojen metallurginen tutkimus on ollut huomattavasti vähäisempää. Kahta rautakauden puoliväliin ajoittuvaa esinettä – epämääräistä raudanpalaa sekä ns. paimensauvaneulaa – on metallografisesti analysoitu kuonatutkimuksen yhteydessä (Keränen ym. 1991), minkä lisäksi ulkomaiset tutkijat ovat perehtyneet pieneen osaan Suomen aineistoa.

Turun yliopistosta väitellyt virolainen arkeologi Jüri Peets (2003) on tehnyt toistaiseksi suurimman arkeometallurgisen työn Suomen rautaesineaineistosta analysoidessaan väitöskirjaansa varten neljätoista esinettä eri puolilta rautakautta. Olennaista tutkituille löydöille oli se, että ne kaikki olivat arkipäiväisiä esineitä – suurin osa veitsiä – ja täten oletettavasti paikallista valmistetta tuonnin sijaan. Peets saikin aikaan mielenkiintoisia tuloksia aineistosta, josta ei pintapuolisen tarkastelun eikä röntgenkuvauksenkaan perusteella voi muuten paljonkaan sanoa.

Peetsin suorittamat analyysit kertoivat, että ahjohitsaustekniikka oli Suomessa hallittu hyvin nuoremmalla rautakaudella ja että taontateknisesti hallittiin monimutkaisempien laminaattiterien valmistus kuin rautakauden alussa. Materiaalien tuntemus ei tosin ole aina ollut paras mahdollinen. Esimerkiksi kahdessa laminoidussa, nuoremman rautakauden veitsessä materiaalit ovat vaihtaneet paikkaa, jolloin pehmeä

rautainen kappale on hitsattu vasaroimalla kahden teräslevyn väliin. Tuloksena on tietysti ollut kelvoton ja pehmeä terä, jossa on kovat lappeet. Pääsääntöisesti kuitenkin silloiset sepät olivat osanneet valmistaa käyttökelpoisia teriä.

Yleiseurooppalaista kiinnostusta on herättänyt viikinkiaikaisten, pajamerkeillä varustettujen miekkojen metallografinen tutkimus, jossa on mukana Suomen osalta yksitoista tällaista miekkaa (Williams 2009). Tutkimus keskittyi analysoimaan ULFBERT-pajamerkillä varustettujen miekkojen terien materiaaleja ja ominaisuuksia. Perinteinen käsitys on, että varsinkin kyseisellä sepän tai pajan nimellä koristellut miekanterät olivat aikansa parhaimpia, manner-Euroopan aseseppien mestariteitä, mutta metallografiset analyysit kertovat, että terien laatu on vaihdellut huomattavasti. Tämä puolestaan luo aivan uusia näkökulmia aseiden paikalliseen valmistukseen, pajamerkkien piratismiin, asekauppaan sekä sepäntyön tasoon Pohjoismaissa, olettaen, että pajamerkkejä kopioitiin huonompiinkiin teriin kenties korkeamman hinnan takaamiseksi.

Pajamerkit on käytännössä toteutettu niin, että ne on muotoiltu kuvioteräsvarstaasta ja hitsattu säilän pintaan kiinni vasaroimalla. Kuvioteräsvarstaassa on kierretty yhteen kahta erilaatua rautaa tai terästä, joista muodostuu kuvioita valmiin tuotteen pinnalle. Tällaista miekanterissä ja keihäänkärjissä esiintyvää teknistä ja pääasiallisesti koristeellista ratkaisua on niin ikään pidetty mannereurooppalaisena taidonnäytteenä. Metallografinen analyysi kahdesta Hämeenlinnan Varikkoniemeltä esiin kaivetusta, todennäköisesti nuoremmalle rautakaudelle ajoittuvasta raudanpalasta paljasti niiden olevan katkelmia kuvioteräspakoista (Schulz & Schulz 1993; Peets 2003), mikä saattaa indikoida jopa Suomen maaperällä tapahtunutta asetuoantaa rautakauden lopulla.

Myös kokeellista näkökulmaa on haettu, jälleen aivan viime vuosikymmeninä. 1980-luvulla Turun Kuralan Kylämäen arkeologisella kokeiluvierstaalla taottiin kokeellisesti joitakin rautakautisia esinemuotoja pyrkimyksenä selvittää esineiden valmistusteknisiä sekä sepän taitoihin

ja käsialaan liittyviä kysymyksiä (ks. Lähdesmäki 1991). Hieman spesifimpänä aiheena mainittakoon tekemäni kokeet viikinkiaikaisten säiläkirjoitusmiekkojen valmistuksesta (Moilanen 2009), jotka ovat kytkettävissä kyseisten kaltaisten miekkojen edellä mainittuun metallografiiseen tutkimukseen.

## Arkeometallurgian merkityksellisyydestä

Ylläolevat esimerkit valaisevat hieman arkeometallurgisen tutkimuksen tärkeyttä uusien hypoteesien ja uuden tiedon tuottamisen kannalta. Luonnontieteellisten analyysimenetelmien käyttö voi paljastaa arkeologisesta, esineluonteisesta löytömaterialista aivan uusia puolia ja luoda täten uudenlaisia näkökulmia ja jopa kumota aikaisempia oletuksia. Tuoreen tiedon tuottamisen ohella arkeometallurgia on jälleen yksi tapa kansainvälistyä, mitä Suomessa onkin tapahtunut jo paljon tutkittaessa muita materiaaleja kuin metalleja.

Arkeometallurginen tutkimus on kansainvälisesti erittäin merkittävä ilmiö. Useissa maissa erityisesti materiaalitekniisiä analyysimenetelmiä opetetaan kurssi- tai opintokokonaisuusmuotoisesti, ja vieläpä arkeologian opiskelijoille. Varhaisimpia esimerkkejä tästä ovat Iso-Britannia ja Saksa jo 1960- ja 1970-luvulla. Tämänkaltaisen opetuksen voimalla pystytään kouluttamaan spesialisteja, ”arkeometallurgeja”, jotka ovat etupäässä arkeologeja mutta kykenevät myös tarpeen tulleen materiaalitekniisiin analyysiin vaikkapa omissa tutkimuksissaan. Suomessa tilanne on se, että tällaisia kahden alan ammattilaisia ei koulutus pysty tuottamaan. Arkeometallurgiaan painottuvan tutkijan tulisi kyetä itse hakeutumaan joko ulkomaille koulutukseen tai sitten opettelemaan itse, luonnollisimmin alan asiantuntijoiden avustuksella ja johdatuksella.

Järkevästi järjestettynä arkeometallurginen tutkimus hoituukin yhteistyössä materiaalitekniikan ym. asiantuntijoiden kanssa, joskus huolimatta siitä, että aihetta tutkivat arkeologitkin ovat koulutautuneet metallurgisten analyysimenetelmien tai metallintyöstön saralla. Suomessa

tällaista yhteistyötä ei juurikaan ole, eli analyysin vaikeus johtuu sekä alan ammattilaisten että erikoislaitteistojen puutteesta, vaikkakin tutkijoiden henkilökohtaiset kontaktit edesauttavat hieman tutkimusta. Esimerkiksi Suomessa jonkin verran analyyseja on teetetty Valtion taidemuseon konservointilaitoksen materiaalitutkimuslaboratoriossa.

Materiaalitekniistä metalliesineiden tutkimusta on saatavilla ulkopuolisten, arkeologiaan kuulumattomien kaupallisten tahojen kautta, mutta kysymys resursseista tulee normaalitässä vastaan. Tutkimus tapahtuu usein yksittäisen tutkijan varoilla, jolloin kalliita analyyseja ei voida teettää. Suomessa ei ole organisaatioita edellytyksiä metallurgian alan analyyseille arkeologisissa piireissä. Yksi hyvä vaihtoehto on kansainvälinen yhteistyö ja ulkomaisiin projekteihin osallistuminen, mikä takaa sekä ammattilaisten että laitteiston käyttövalmiuden.

Myös kokeellisen tutkimuksen alueella yhteistyö arkeologien ja metalleja hallitsevien asiantuntijoiden välillä on elintärkeää. Jotta kokeellisen tutkimuksen tuottamat tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia ja edustavia, olisi arkeologien konsultoitava ja käytettävä apunaan sellaisia henkilöitä, joilla on tietämystä ja kokemusta tutkittavan aiheen osalta. Esimerkiksi tutkittaessa kokeellisesti raudanvalmistusta, olisi hedelmällisintä tehdä se yhdessä kansanomaista raudanvalmistusta yhä harjoittavien seppien kanssa. Loppujen lopuksi hyvin harvalla arkeologilla on kokemusta ja tietotaitoa metallien jalostuksesta ja työstöstä käytännössä.

Yhteenvetona sanottakoon, että arkeometallurginen, jossain määrin prosessuaalisia piirteitä omaava, luonnontieteitä painottava tutkimus tuottaa vahinkoon eli esineisiin kajoamiseen nähden usein huomattavan paljon tietoa, joka on joissain tapauksissa osoittautunut olevan jopa ristiriidassa vanhan, puhtaasti humanistisen tutkimuksen tuottaman tiedon kanssa. Yhtenä motiivina luonnontieteiden korostamiselle arkeologisessa tutkimuksessa voi hyvin olla tarve saada uutta tietoa vanhasta aineistosta (esim. Carpelan 1978). Kansainvälisellä tasolla metallurgian luonnontieteellinen tutkimus on hyvin

pitkällä, jolloin on vaarana, että ulkomaiset tutkimustulokset eivät ole enää vertailukelpoisia kotimaisten kanssa. Vaikka arkeometallurgian kehitys on ollut Suomessa verrattain hidasta, on se toivon mukaan kiihtymässä.

## Kirjallisuutta

- Ax, J. 1896. Pronssianalyysijä. *Suomen Museo* 3: 38.
- Buchwald, Vagn Fabritius 2005. Iron and steel in ancient times. *Historisk-filosofiske Skrifter* 29. København.
- Carpelan, Christian 1978. Arkeologisen toiminnan näkymiä: luonnontieteellisten menetelmien soveltamisesta. *Humanistisesta tutkimuksesta. Metodeja ja ajankohtaisia kysymyksiä*: 101–122.
- Creutz, Kristina 2003. Tension and Tradition. A study of Late Iron Age spearheads around the Baltic Sea. *Theses and Papers in Archaeology N.S. A 8*. Stockholm.
- English Heritage 2001. *Archaeometallurgy. Centre for Archaeology Guidelines* 1/2001. London.
- Hornytzkyj, Seppo & Tomanterä, Leena 2008. Miten metalleja tutkitaan? Halinen, P., Immonen, V., Lavento, M., Mikkola, T., Siiriäinen, A. & Uino, P. (toim.), *Johdatus arkeologiaan*: 381–393.
- Jäppinen, Jouni 2006. *Kymijokisuiston rautakuona. Kokeellisia tutkimuksia osa I*. <http://www.jounijappinen.com/files/Kymenkuona.pdf>
- Keränen, J., Itävuori, E. & Kettunen, P. 1991. *Esihistoriallisten rautakuonien tunnistus faasirakenteiden pohjalta*. Tampereen teknillinen korkeakoulu, materiaaliopin laitos, raportti 40. Tampere.
- Korosuo, Osmo 1947. Gjuttekniken under järnåldern i Finland. *Finskt Museum* 53: 5–30.
- Koskinen, Y. & Ignatius, K. E. F. 1866. Muinaisjäänökset Wanaantaustalla Janakkalassa ja Lisäys tutkimukseen muinaisjäänöksistä Wanaantaustalla. *Historiallinen arkisto* 1: 61–73.
- Lehtosalo, Pirkko-Liisa 1973. Luistarin hopeasolki. *Honos Ella Kivikoski. Suomen Muinaismuistoyhdistyksen aikakauskirja* 75: 103–114.
- Lepokorpi, Nina 1985. Pronssikirveen valannasta. *Aboa. Turun maakuntamuseon vuosikirja* 49: 60–72.
- Leppäaho, Jorma 1939. Mikkelinpitäjän invalidikoti Kyyhkylän (ent. Kyyhkylän kartano) Porrassalmen pelolla oleva rautakautinen kalmisto. Kaivauskertomus Museoviraston arkeologian osaston topografisessa arkistossa.
- Lipponen, M., Rosenberg, R. J. & Zilliacus, R. 1985. The analysis of trace element concentration in ancient objects by neutron activation analysis. Edgren, T. & Jungner, H. (eds.), *Proceedings of the Third Nordic Conference on the Application of Scientific Methods in Archaeology*. Mariehamn, Åland, Finland, 8–11 October 1984. *Iskos* 5: 411–414.
- Luoto, Jukka 1993. Metallianalyysijä pronssi- ja tinaesineistä. *Faravid* 16: 377–384.
- Lähdesmäki, Ulla 1991. Rautakautisen sepäntöyden kokeileva tutkimus Kuralan Kylämäen pajassa. *Kokeellinen tutkimus. Turun Maakuntamuseon monisteita* 1: 73–93.
- Meinander, C. F. 1954. Die Bronzezeit in Finnland. *Suomen Muinaismuistoyhdistyksen aikakauskirja* 54. Helsinki.
- Moilanen, Mikko 2009. On the Manufacture of Iron Inlays

- in Sword Blades: an Experimental Study. *Fennoscandia Archaeologica* XXVI: 23–38.
- Näränen, Jari 1997. Savimuotit pronssivalussa. *Turun Maakuntamuseon monisteita* 13: 63–77.
- Ottaway, Barbara S. 1994. *Prähistorische Archäometallurgie*. Espelkamp.
- Peets, Jüri 2003. *The power of iron. Iron production and blacksmithy in Estonia and neighbouring areas in prehistoric period and the Middle Ages*. Research into Ancient Times 12. Tallinn.
- Pukkila, Jouko 1991. Alkukantainen raudanvalmistusprosessi. Kokeellinen tutkimus. *Turun Maakuntamuseon monisteita* 1: 59–70.
- Salmo, Helmer 1953. Det första fyndet av bronstackor i Finland. *Finskt Museum* 60: 10–12.
- Schulz, Eeva-Liisa & Schulz, Hans-Peter 1993. Hämeenlinna Varikkoniemi – eine späteisenzeitliche-frühmittelalterliche Kernsiedlung in Häme. Die Ausgrabungen 1986–1990. *Suomen Museo* 99: 41–85.
- Siiriäinen, Ari 1984. Bromarv and Luopioinen: Two Early Bronze Age Finds from Finland. *Fennoscandia Archaeologica* 1: 51–56.
- Taavitsainen, Jussi-Pekka 1982. A copper ring from Suovaara in Polvijärvi, Northern Karelia. *Fennoscandia Antiqua* 1: 41–49.
- Tomanterä, Leena 1991. Wachsiligran. *Fennoscandia Archaeologica* VIII: 35–49.
- Tomanterä, Leena 2008. Onko kaularenkailla kotipaikkaa? Kuusi hopeista kaularengasta Suomen Kansallismuseon kokoelmista. *Loodus, inimene ja tehnoloogia 2. Interdistiplinaarseid uurimusi arheoloogias. Muinasaja teadus* 17: 63–81.
- Williams, Alan 2009. A Metallurgical Study of some Viking Swords. *Gladius* 29: 121–184.

**Kirjoittaja valmistelee Turun yliopiston arkeologian oppiaineessa väitöskirjaa nuoremman rautakauden miekoista Suomessa. Artikkelin perustuu Tekniikan päivillä 14.1.2010 pidettyyn esitelmään.**

# LYRIKKA LENTOON!

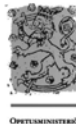
2.-3.7.2010



## Vanhan kirjallisuuden päivät Sastamalassa Sylvään koululla

- Claes Andersson, Pasi Heikura, Jörn Donner, Anna Kortelainen, Ilpo Tiihonen, Chisu, Vilja-Tuulia Huotarinen, Kaj Chydenius, Eppu Nuotio, Maarit Hurmerinta
- 60 antikvaarista kirjanmyyjää
- yli 40 esittelypistettä
- kirjahuutokauppoja
- näyttelyitä
- lasten omat kirjapäivät

Tilaa ilmainen esite numerosta 050 301 5547 tai osoitteesta [vkp@sastamala.fi](mailto:vkp@sastamala.fi)



**SASTAMALA**  
sopivasti sykkettä

Ohjelma myös kotisivuillamme:

[vanhankirjallisuudenpaivat.com](http://vanhankirjallisuudenpaivat.com)