



Lähi-Idän heettiläiset keksivät raudanvalmistuksen noin 3300-3200v sitten ja kesti yli tuhat vuotta ennen kuin taito levisi Suomeen roomalaisen rautakauden aikana. Esiroomalaiselle rautakaudelle ajoitettuja raudanpelkistysuuneja tunnetaan Kemijärven Neitilästä ja Kajaanin Äkälänniemestä. Tätä siirtymää on voitu havainnoida tutkimalla löydettyissä esineissä tapahtuneita muutoksia. Suomesta roomalaiseen rautakauteen liittyviä pelkistysuunin jäänteitä on löytynyt tähän mennessä mm. Kajaanin Äkälänniemestä ja Porvoon Bölestä. Kymenlaaksosta ei toistaiseksi ole löytynyt suoranaisia viitteitä raudanvalmistuksesta. Todennäköistä kuitenkin on, että raudanvalmistustaito on pyyhkäissyt myös Kymenlaakson yli ja puhallusuunien pohjat, sekä kuona odottavat vielä löytäjänsä.

Kansanomainen raudanvalmistus on viime vuosina herättänyt suurta kiinnostusta kaikkialla maailmassa. Suomessa tieteellisiin mittauksiin perustuvia tutkimuksia on tehty pääasiassa Turun Kuralanmäen kokeiluverstaalla. Viime vuosina on rakennettu useita 1700-luvulle ajoittuvien ns. talonpoikaisten hyttien ennallistuksia mm. Rantasalmen Tuusmäelle, Juankosken Säyneisiin, Hyrynsalmen Kaunislehtoon, Fiskarsiin, sekä Pohjois-Karjalaan Möhkön ruukkiin. Myös Virossa ja Ruotsissa on rakennettu useita hyttejä, sekä ennallistettu vanhempia kuoppa-, kupoliuuneja. Saaremaan Tuiun kylä on kokeellisen arkeologian keskeisin kokeilualue Itämeren piirissä ja sitä vetää alan johtaviin tutkijoihin lukeutuva tutkija Jüri Peets.

Raudanvalmistus prosessi on ollut kaikissa uunimalleissa sama, se valmistettiin malmista suoralla prosessilla, jossa lämpötila uunissa lietsottiin ensin niin korkeaksi, että kuona-aines sulii ja vasta sen jälkeen rauta pelkistyi jäljelle jääneestä malmista. Esihistoriallisten masuunien lämpötila jäi suhteellisen matalaksi (1100C°-1300C°), jolloin malmin muut oksi-

dit jäivät pelkistymättä ja raudasta tuli hämmästyttävän puhdasta. Esim. virolaisesta Varbo-  
lan muinaislinnasta löytyi -70 luvun kaivauksien yhteydessä kaikkiaan 28kg kuonan kappa-  
leita, joista osa sisälsi rautaa jopa yli 99%. Kuonanpalojen toiseen reunaan oli sintraan-  
tunut savea ja tästä voi päätellä, että kuonanpalaset oli hakattu irti uunin pohjalta tai  
seinämiltä.



*Ensimmäinen hahmotelma sulatusuunista toukokuussa 2004*

Mineraaleista rauta on maankuoren yleisimpiä. Pääasiassa sitä esiintyy peruskalliossa mutta jonkin verran rautaa ja mangaania liukenee veteen muodostaen rautahydroksideja ja ajautuen pohjavesivirtausten mukana sorapohjaisiin järviin ja soihin, joissa hiukkaset saostuvat yhdessä hapen ja bakteeritoiminnan (esim. *Callionella ferrugiena*, *Leptothrix trichogenus*)) ansiosta kidevettä sisältäväksi limoniitiksi eli malmiksi.

Nämä ns. rautabakteerit käyttävät oksidoitumisprosessissa syntyvän energian hyväkseen ja lajeja voi löytyä kymmenittäin samalta alueelta. Rautainonit ( $Fe^{+3}$ ) kulkeutuvat maaperässä veden virtausten mukana ja saavuttaessaan happipitoisempia pintakerroksia ja pintavettä, alkaa oksidoituminen ja saostuminen esim. simpukankuoren, kivensirun tai kasvin ympärille. Tämän johdosta esim. järvimalmista saattaa syntyä säännöllistä ns. rahamalmia. Suomessa limoniittia esiintyy runsaasti Itä- ja Pohjois-Suomen moreenipitoisissa järvissä ja soissa. Suo- ja järvimalmi ei pitoisuudeltaan ole kovin korkeaa, keskimäärin 25-45% välillä paikasta riippuen. Kymessä irtonaista järvimalmia esiintyy mm. Tammijärven eteläosissa ja levymäistä limoniittia maakunnan itäosissa. Suoranaiseen raudanvalmistukseen maakunnan itäosissa viittaisivat mm. sukunimet Hytti, Seppä, Seppälä, sekä Rautiainen.

Oksidoitunut malmi sisältää runsaasti kvartssia ja orgaanisia epäpuhtauksia. Kvartsi ja muut epäpuhtaudet muodostavat sulatuksessa kuonaa, jonka keskeinen tehtävä on suojata pelkistyviä rautamureneita uudelleen hapettumiselta ja palamiselta. Strukan kalmistoalue on ajoitettu roomalaiselle rautakaudelle ja tässä pelkistyskokeilussa on luontevaa yrittää samalle aikakaudelle ajoittuvan uunityypin ennallistusta.



*Allekirjoittanut, Paavo Salmela ja Leevi Ala-Kopsa Strukan puhalluksessa 2004*

Raudan valmistus alkaa malmin kuivatuksella ja pasuttamisella, jolloin siitä irtoaa kuonaa, sekä poistuu sitoutunut kidevesi. Varsinaisessa puhalluksessa kalkki synnyttää kalsiumsilikaatteja, jotka sitovat malmin sisältämät mineraalit ja kvartsin kuonaksi. Ensin kalkki hajoaa kalsiumoksidiksi ja hiilidioksidiksi ( $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$  mutta yhtyy sitten malmin kiviainesten kanssa kuonaksi eli kalsiumsilikaatiksi ( $\text{CaO} + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3$ ). Puuhiili palaa puhallusilman kanssa hiilimonoksidiksi ( $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}$ ) ja pelkistyy kulkiessaan hehkuvien hiilien läpi ( $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ ). Uunin pohjalla hiili ja hiilimonoksidi eli häkäkaasu pelkistävät rautaoksidit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}$  ja  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ ) metalliseen hiukkasmuotoon, jota kutsutaan rautasieneksi. Häkäkaasun hiili siis nappaa malmista hapen palaessaan hiilidioksidiksi ja jäljelle jää rauta. Prosessin jälkeen syntynyt rautasieni nostetaan nopeasti ulos uunista ja sitä tiivistetään varovasti puuvasaralla jolloin siinä vielä kiinnii oleva slagi irtoaa. Jatkojalostus tehdään sepänpajan hämärässä `keittämällä` kappalletta useita kertoja yli  $1000\text{C}^\circ$  lämpötilassa ja jatkamalla takomista alasinella.

Malminetsintään käytettiin kaikkiaan kuukausi ja sitä löytyi lopulta useasta paikasta. Merkittäviä löytöjä olivat mm. Viirilän ruosteellialue, Tammijärven järvimalmilöytö, Ahvenkosken rautamulta ja Länsikylän limoniitti. Malmien pitoisuutta ei ole vielä analysoitu ja aihe vaatisi lisätutkimuksia. Vaikka kokeellisen arkeologian luonteeseen kuuluu myös hyväksyä tapahtumien epäonnistuminen, päätettiin aiheen kokemuseräisen tiedon puuttuessa käyttää vuorimalmia, tässä tapauksessa molemmissa puhalluksissa mauretani-alaista hematitiittiä. Osa syynä valintaan oli se, että paikalliset malmilöydöt tehtiin kaksi viikkoa ennen puhalluksia eikä sitä ehditty kuivattamaan ja käsittelemään (pasutus) valmiiksi.



*Uunista nostettua "rautasientä" tiivistetään samalla kuumalla*

Kuilu-uunin runko muurattiin tulenkestävistä tiilistä ja palotila rapattiin Rexrak Oy:n Valmistamasta alumiinisilikaatti-massasta. Ulkokuori muurattiin jokilaakson saven, kvartsihiekan ja suoturpeen sekoituksesta ja kuoren sidoksena käytettiin hampua. Mittasuhteiltaan (tilavuus) uuni ennallistettiin vastaamaan keskiarvoa nuoremman Rautakauden uunityypistä. Materiaalivalinnoilla pyrittiin mahdollistamaan useampi puhalluskokeilu koska lähtöoletuksena arveltiin harmaasaviuunin sulavan. Keltaista savea ei onnistuttu löytämään.

Ensimmäinen koepoltto 28.8 osoitti, että uuni kuumeni suuttimen ympäristössä vähintään 1200c° ja ulkokuorikin 300-400c° jolloin hampun ja turpeen kuidut hiiltyivät savikuoren sisään. Paikkaamista tehtiin tuoreella savella puhalluksen kuluessa.

Ensimmäinen koepuhallus alkoi 06.00 esilämmityksellä, johon käytettiin männynlatvapuuta. Klo 9.00 jatkettiin lämmitystä puuhiilien avulla ja 09.22

Ladattiin ensimmäinen malmipanokas. Malmia lisättiin 10 litraa yhteensä 12 kertaa

Ja puhallus lopetettiin klo 13.35. Lopputuloksena syntyi 2,5kg rautasieniä, jonka Rautapitoisuus todettiin astein korkeaksi. Rautaa olisi pitänyt syntyä enemmän ja syynä tähän voi pitää koko kesän kestäneitä sateita. Lähtökohtaisesti arveltiin hiekkakuopan karkean soran imevän sadeveden mutta viikkojen sateiden seurauksena pohjaveden pinta nousi lopulta lähelle kokeilupaikan pintaa. Märkä maa kylmetti uunien varten muuratun perustuksen, jolloin paloenergian hyötysuhde putosi ja pelkistyvän raudan määrä pieneni.



*Jussi Jäppinen testaa uusien kaksitoimisten palkeiden puhallustehoa*

Varsinaiseen puhallukseen (5.9) esilämmitys tehtiin edellisenä päivänä 18.00-22.00 ja lämmitystä jatkettiin 03.30 alkaen aina tapahtumaan asti. Klo 09.00 muurattiin kuonanlaskuaukko umpeen savipaakulla. Klo 10.00 aloitettiin malmin panostus joka jatkui 12.50 asti kaikkiaan yhdeksän kertaa yht. 7 litraa. Hematiittimalmiin lisättiin kalkkikiveä 5% , jonka arveltiin lisäävän kuonan määrää. Rautaa syntyi varsinaisessa puhalluksessa 3,6kg. Tulos oli siis parempi kuin harjoituspuhalluksessa. Syy saattaa olla pitempi esilämmitysaika. jolloin uunin perustus lämpeni syvemmälle.

Palkeet valmistettiin allekirjoittaneen työhuoneella kaksitoimisiksi, jolloin yläkammiossa on koko ajan ylipaine. Ratkaisulla pyrittiin välttämään häkäkaasun imeytyminen palkeisiin ja siitä johtuva räjähdysvaara. Palkeiden tuotto on 1000l/min, itse prosessin ilmantarve 300-500l/m.

Kokeilu oli huonoista sääolosuhteista huolimatta onnistunut ja 5.9 puhallusta seurasi asi-antuntijoita kotimaan lisäksi Saksasta ja Virossa. Aikaisemat tutkimukset, jotka on tehty arkeologi Timo Miettisen johdolla osoittavat, että Kymijokilaaksossa oli rautakaudella pysyvää asutusta. Puhalluskokeilun avulla voitiin osoittaa, että raudanvalmistus saattoi olla mahdollista Kymenlaaksossa jo nuoremmalla rautakaudella tai jopa aikaisemmin ja että raaka-aineena on voitu käyttää paikallisia malmeja. Oletusta tukee projektin aikana allekirjoittaneen ja pyhtääläisen Rune Nygårdin löytämät raudansulatuspaikat Ahvenkoskelta, sekä Paaskoskelta.



*Tekijä ja kanaverkolla tuettu kuilu-uuni toiminnassa. Kädessä ensimmäisessä puhalluksessa syntynyt ja analyyseissa ylihiiliteräkseksi osoittautunut kappale*

Aihe vaatisi lisätutkimuksia ja tarkoituksenmukaista olisi käynnistää tulevaisuudessa tutkimusohjelma, jonka avulla voitaisiin tutkia usean eri uunityyppin toimintaa (in situ) ja paikallisten malmien pelkistymisprosesseja. Aiheen ympärille voisi tulevaisuudessa muodostua pysyvä kokeiluverstasalue, joka historian ja arkeologian lisäksi palvelisi käsitöläisiä, alan tutkimusta ja oppimista.

Jouni Jäppinen

Ahvenkoskella 14.9.2004

