

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS
MALMIOSASTO
M19/3812/96/1
3812 07

Inari

Kari A. Kinnunen, Bo Johanson, Mauri Terho ja Risto Puranen
17.5.1996

Lemmenjoen alueen Puskuojalta elokuussa 1995 löytyneen livari-kultahipun (126,95 g) morfologia ja pintarakenne, kemiallinen ja mineraloginen koostumus sekä petrofysikaaliset ominaisuudet

Kinnunen, Kari A., Johanson, Bo, Terho, Mauri ja Puranen, Risto

Johdanto

Kultahippitutkimus on osa Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) perustutkimusohjelmaa, jossa pyritään soveltamaan uusia laboratoriomenetelmiä arvokkaisiin hippuihin niitä tuhoamatta. Kookkaita kultahippuja voidaan laboratoriossa tutkia huomattavasti monipuolisemmin ja herkemmin menetelmin kuin pieniä hippuja. Kookkaita kultahippuja on tutkittu varsin vähän maailmallakin johtuen niiden korkeasta hinnasta. Tieteellisen mielenkiinnon lisäksi tuloksilla on käyttöä malminetsinnän suunnittelussa ja hippujen kaupallisessa luokittelussa ja yksilöinnissä.

Kullankaivaja Raimo Kanamäen Inarista, Lemmenjoen alueen Puskuojalta 22.8.1995 huuhtomalla löytämä livari-kultahippu, 126,9 g, on kuudenneksi suurin Suomesta raportoiduista. Hippu

saatiin GTK:hon tutkittavaksi vuoden 1996 helmi-maaliskuussa. GTK:n Kivimuseon johtaja Pentti Karhunen teetti samalla hipusta kopioita museo- ja näyttelykäyttöön. GTK:ssa on viime vuosina tutkittu useita kookkaita kultahippuja, mm. Aleksia (385 g), joka on toiseksi suurin Suomesta löytyneistä (Kinnunen ym. 1995). Lisäksi on tutkittu lukuisia pienempiä Lapin kultahippuja Lemmenjoen, Ivalojoen ja Tankavaaran alueilta.

livarin löytöpaikan läheisyydestä Puskuojalta on tavattu useita kookkaita kultahippuja mm. 103 g isomus, joka löytyi 20.10.1954, ja runsaasti korukäyttöön soveltuvia korundeja, Lapin Tähtiä. Myös näitä korundeja on GTK:ssa tutkittu (Kinnunen ja Johanson 1993). Samoin on tutkittu Puskuojalta löytyneitä suurehkoja kultan ja kvartsin muodostamia sekahippuja (Kinnunen 1995a).

livari-hipun pinnan rakennetta on tutkittu uudella erityisesti kultahipuille kehitetyllä menetelmällä, jolla hipun pinnasta otetaan tavallaan sen sormenjäljet muovikalvolle. Näin hippu voidaan aina uudelleen tunnistaa, sen kulumistapa selvittää (Kinnunen ym. 1995) ja luonnonhippu erottaa mahdollisista väärennöksistä (Kinnunen ja Vilpas 1994).

livarin kemiallinen koostumus määritettiin GTK:n uudella elektronimikroanalysaattorilla, jolla saadaan näytettä tuhoamatta mikroskooppisen pienistä kohteista tarkka määrittäminen. Laite on Pohjoismaiden monipuolisimpia. livarin petrofysikaalisten ominaisuuksien määrittämiseen käytettiin alunperin meteoriittien tutkimukseen kehitettyjä menetelmiä (Terho ym. 1993). Tutkimukset tehtiin ennen kuin hipusta teetettiin kullatut kuparijäljennökset. Hipun tiheys määritettiin uudelleen ja hipun pintarakenteet tutkittiin toistamiseen jäljentämisen jälkeen.

Tässä selvityksessä käytetyt tutkimusmenetelmät on lähemmin selostettu seuraavissa luvuissa tutkimustulosten yhteydessä.

Morfologia

livari on pyöreämuotoinen ja sen läpimitat ovat pituus 36 mm, leveys 31 mm ja korkeus 28 mm. Läpimitat on mitattu kohtisuoraan toisiaan vastaan. Sedimentologisella Powersin pyörityneisyysasteikolla hippu on puolipyöritynyt (SR, subrounded). Hipun kulmat ovat taipuneet poimuttamalla kiinni hipun pintaan. Yhteensä hipussa on 19 kpl poimuttuneita kulmia.

Hipun kulmien taipumissuunnista tehtiin selvitys tutkimalla niitä stereomikroskoopilla. Kunkin kulman tulkittu taipumisuunta merkittiin hipusta tehtyihin piirroksiin

Tulosten perusteella voidaan päätellä hipun pyörineen pääasiallisesti kahdessa suunnassa. Tämän piirteen selittää hipun pyöriminen mannerjäätikön alaisessa moreenissa. Muissa kuljetusmuodoissa voi olettaa suuntien olleen sattumanvaraisia. Mahaneyn (1995) tutkimustulosten mukaan osasten pyöriminen jäätikön alaisessa moreenissa on osoitus korkeasta huokosveden paineesta, joka on vallinnut nimenomaan deformaatiomoreenin (deformation till) muodostuessa. Poimuttuminen sisänsä on kultahipuissa yleinen piirre: pienten lehtimäisten kultahippujen kulmat ovat yleisesti poimuttuneita.

Pintarakenteet

Pintarakenteet tutkittiin asetaattikalvomenetelmällä (Kinnunen 1995b). Kultahipun pintaan tartutetaan asetonilla kostutettu asetaattikalvo. Se irrotetaan kuivumisen jälkeen ja kiinnitetään kahden mikroskoopin objektilasin väliin. Hipun pinta on näin jäljentynyt kalvoon, jota voidaan tutkia mikroskoopilla ja arkistoida tulevaa käyttöä varten. Tällä tavoin yksittäinen hippu kyetään aina uudelleen tunnistamaan siitä mahdollisesti teetetyistä jäljennöksistä tai suoranaisista väärennöksistä.

Kultahippujen pintarakenteet voidaan jakaa kolmeen geneettiseen pääluokkaan: primaareihin, sekundaareihin ja antropogeenisiin jälkiin (Kinnunen 1996). Primaarit jäljet ovat syntyneet hippuihin kallioperässä, sekundaarit maaperässä ja antropogeeniset ihmisen toiminnasta. Ivarin pintarakenteista tehtiin analyysi, jossa kunkin pintarakenteen osuus esitetään pinta-alaprosentteina taulukossa 1.

Ivari-hipun pinnalla on kahden tyyppisiä antropogeenisiä jälkiä: huuhtonnan yhteydessä ilmeisesti täryseulassa syntyneitä naarmuja ja heikkoa kiillottumaa hipun ulkonemissa. Suurimmat täryseulanaarmut ovat kiiltäviä uurteisia kiillottumia hipun kulmilla (pituus 1 - 4 mm). Niitä on vain muutama kappale.

Sekundaareja jälkiä Ivarin pinnassa ovat painaumakolot, mikrouurteet, uurrelasturakenteet, aaltopainumat (harvinaisen

kookkaita) ja impaktikuopat. Yleisimpiä ovat mikrouurteet ja painaumakolot. Sekundaarien jälkien voi tulkita syntyneen hipun pintaan moreenissa jääkauden aikana ja jäätikköjokisorassa. Osa painaumakuopista voi myös olla syntynyt varhaisemmin mutta tätä ei nykyisillä tutkimusmenetelmillä kyetä varmuudella osoittamaan.

Taulukko 1. Iivari-kultahipun pintarakenteen analyysi.

Pintarakenne	Pinta-ala (%)
Primaarit kolot	18
Primaarit kidepintajäänteet	0
Primaarit deformaatorakenteet	0
Sekundaarit painaumakolot	28
Sekundaarit mikrouurteet	20
Sekundaarit aaltopainumat	2
Sekundaarit impaktikuopat	8
Antropogeeniset kiillottumat	22
Antropogeeniset naarmut	2

Sekundaareihin jälkiin kuuluvat myös hipun pinnan kemialliset muuttumistulokset ja muut saostumat. Iivarin pinnalla on vain vähän limoniittista saostumaa eräiden kolojen pohjalla. Yleistä Iivarin pinnalla on mikrokiteinen kultasilaus. Sen voi tulkita syntyneeksi hopean ja kuparin uuttuessa pois hipun pinnasta. Hipun pintaan on näin syntynyt ohuita lähes puhtaan kullan kerroksia. Mikroskoopissa ne erottuvat mikrokiteisenä silauksena. Yleensä tämä silaus peittää primaareja ja sekundaareja jälkiä, mutta puuttuu antropogeenisten jälkien pinnalta.

Primaareja jälkiä ovat viereisten mineraalien kolomaiset valokset, joita lähemmin kuvataan seuraavassa luvussa.

Mineraloginen koostumus

Mineralogisesti varsinainen hipun aines koostuu nyky muodossaan pelkästään kullasta. Itse kullasta ei kyetty löytämään mineraalisulkeumia. Pienten malmimineraalisulkeumien löytyminen edellyttäisi pintahieen valmistamista hipusta. Se olisi vaatinut hipun sahaamista ja osittaista tuhoamista. Tähän ei ollut lupaa.

Hipun pinnassa erottuvat primaarikolot kuitenkin osoittavat että hippu alunperin on sisältänyt runsaasti muita mineraaleja. Kolojen suurin läpimitta hipun pinnan suunnassa vaihtelee 1 - 8 mm, keskimäärin se on 3,6 mm (yhteensä mitattuja koloja 45 kpl). Primaarikolojen pinta-ala mitattiin vetämällä hipun pintaan tiiviisti muovinen läpinäkyvä foliokalvo ja piirtämällä siihen ohutkärkisellä tussikynällä kolojen ääriviivat. Aukilevitetyistä kalvosta määritettiin kolojen pinta-ala pistelaskumenetelmällä laskentaikkunaa käyttäen. Pinta-alaprosentti on pistelaskumenetelmällä määritettynä (ks. esim. Jones 1987, s. 73-75) sama kuin kolojen tilavuusprosentti, joka livari-hipulla on keskimäärin 18 % (vaihtelu 13 - 21 %). Hipussa on siis ollut 18 tilav.% muita mineraaleja ja livari-hippu on voinut olla osa kallioperän rakotäyttymää. Raon muiden mineraalien raekoko on ollut karkeahko ja lähellä mitattujen satunnaisten poikkileikkausten läpimittojen maksimia, siis noin 5 - 8 mm. Muiden mineraalien laadusta ei kyetty tekemään lopullisia johtopäätöksiä. Kolot ovat omamuotoisia, poikkileikkaukseltaan useimmiten kolmiomaisia. Ne eivät siis ole pyörityneiden sedimenttien detritaalisten kappaleiden aikaansaamia painaamia. Koloista tehtiin kulmamittauksia stereomikroskoopin avulla, mutta kullan deformaatio (reunojen taipuminen ja poimuttuminen) teki tarkat mittaukset mahdottomiksi. Tarkoilla kulmamittauksen tuloksilla kolojen mineraalitäyte kyettäisiin ehkä tunnistamaan.

livarin syvimpien kolojen ja onkaloiden pohjaa peittää hienorakeinen kellertävä sedimenttiaines. Siitä tehtiin mineraloginen määrittely immersioraenäytteestä. Aines on pääosin savilajitetta. Kellertävä väri tulee limoniittisestä saostumasta. Aineksessa on myös karkeampia detritaalisia mineraalirakeita 30 - 400 µm raekoossa. Niiden mineraalikoostumus raeprosentteina määritettynä on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kolojen sedimenttiaineksen mineraalikoostumus.

Mineraali	Raemäärä (%)
Kvartsi	42
Alkalimaasälpä	16
Rapautunut aines	10
Kiilteet	6

Granaatti	4
Amfiboli	4
Muut rakeet: pyrokseeni, epidootti, zoisiitti (?), opaakki, zirkoni ja kivilajifragmenttina amfiboliitti	12

Kolojen sedimenttiaineksen rakeet ovat pääosin särmikkäitä. Amfibolit ovat pinnaltaan voimakkaasti syöpyneitä mutta granaatit ovat yleisesti vähän syöpyneitä. Aines vastaa mineraalikoostumukseltaan ja särmikkyydeltään moreenin hienoainesta tässä raekoossa. Granaatin vähäinen syöpyminen osoittaa aineksen sisältävän vähän vanhaa sedimenttiainesta. Kolon sedimenttiaineksen kerrostumisajankohdasta ei voida tehdä johtopäätöksiä.

Kemiallinen koostumus

Kultahipun kemiallinen koostumus määritettiin Geologian tutkimuskeskuksen täysautomaattisella Cameca SX50 elektronimikroanalysaattorilla. Kolojen pohjalta irroitettiin stereomikroskoopin avulla kolme mikroskooppista kultasälöä. Näistä sälöistä teetettiin pintahie, jolloin saatiin riittävän tasainen pinta elektronimikroanalysaattorilla määritettäväksi. Mikroanalysaattorilla saadaan tuhannesosamillimetrin alueelta näytteen pinnasta kemiallista tietoa näytettä tuhoamatta. Analyysikohta määritetään tarkkaan etukäteen optisen ja elektronioptisen kuvan avulla. GTK:n laite on varustettu neljällä aallonpituusdispersiivisellä (WDS) ja yhdellä energiadiispersiivisellä (EDS) spektrometrillä. Tässä tutkimuksessa käytettiin tarkempaa WDS menetelmää, jonka avulla tehtiin 41 kvantitatiivista analyysiä. Elektronisäteiden kiihdytysjännitteenä käytettiin 20 kV ja suihkuvirtana 30 nA. Kullon piikkiä mitattiin 10 s ja sen tausta-arvoja molemmiin puoliin piikkiä 10 s. Muita alkuaineita mitattiin kaksi kertaa kauemmin paremman nettopulssimäärän saavuttamiseksi. Raakadata korjattiin Camecan PAP matriisikorjausmenetelmällä. Keskiarvoanalyysi ja standardihajonta on laskettu 41 analyysistä painoprosentteina ja se on esitetty Taulukossa 3. Kunkin alkuaineen keskiarvo on laskettu analyysien perusteella ilman numeerisia tasoituksia.

Taulukko 3. livari-kultahipun kemiallinen koostumus GTK:n elektronimikroanalysaattorilla määritettynä. Analyysi: Bo Johanson.

Alkuaine	Painoprosentti	Standardihajonta
Au	95,2	0,21
Ag	4,34	0,11
Cu	0,23	0,11
Fe	0,45	0,23
Hg	0,75	0,01
Bi	0,77	0,21
Pb	0,23	0,11
Sb	0,02	0,32
Te	0,34	0,22
As	0,41	0,02
S	0,55	0,12
Se	0,01	0,01

Petrofysikaaliset mittaustulokset

Hipun massa, tilavuus ja tiheys määritettiin Arkhimedeeseen periaatteella. Massa määritettiin tuhannesosagramman tarkkuusvaa'alla. Hipun kuivapaino (ensimmäinen mittaus) on 126,94 g. Kymmenen mittauksen keskiarvo ja standardivirhe on $126,95 \pm 0,05$ g. Ensimmäisen ja muiden mittauksien ero on suurimmillaan 0,18 g, mikä osoittaa hipun imeneen vettä itseensä, vaikka se kuivattiin paineilmalla joka mittauksen jälkeen. Veden imeytyminen hippuun näkyi myös vaa'an vakavoitumiseen tarvittavan ajan kestona, joka oli 20 - 30 sekuntia. Hippu on siis jonkinverran huokoinen. Tilavuudeksi saatiin $11,09 \pm 0,03$ cm³ ja tiheydeksi 11451 ± 24 kgm⁻³. Huokoisuudesta johtuen hipun tiheys määritettiin myös Helsingin yliopiston geologian laitoksen Notari-volumetrillä. Menetelmä perustuu kappaleen syrjäyttämän ilman aiheuttamaan tilavuudenmuutokseen ja ottaa huomioon kappaleen huokoisuuden. Tämä tehtiin viiden mittauksen sarjana. Volumetrillä määritetty keskitiheys on 11599 ± 33 kgm⁻³, josta laskemalla saadaan tilavuudeksi $10,94 \pm 0,03$ cm⁻³. Kahdella

menetelmällä saatujen tulosten ero osoittaa, että hipussa on jonkin verran huokosia, joihin vesi ei pääse tunkeutumaan. Iivarin tiheys on erittäin lähellä GTK:ssa aiemmin tutkittujen Toivonkipinä- ja Lopputili-hippujen tiheyksiä. Molemmat hiput on löydetty Lemmenjoen alueelta, Toivonkipinä Puskuojalta ja Lopputili Miessijoelta. Lemmenjoen alueelta löydettyjen hippujen tiheys on pienempi kuin esim. Ivalojoen hippujen, mikä kertoo hippujen erilaisesta koostumuksesta. Iivari-hipun luonnollinen remanentti magnetoituma (12 mAm^{-1}) osoittaa siinä olevan epäpuhtauksia, joista ainakin osalla on ferromagneettiset ominaisuudet.

Tulokset tiivistettynä

Löytöpaikka: Peruskartta: 3812 07 , koordinaatit: X 7617,5, Y 447,0, korkeus merenpinnasta 370 m, Inari, Lemmenjoen alue, Puskuoja, Aarne Alhosen Kultasafiiri-kaivospiiri n:o 4379/1a

Löytäjä ja löytöaika: Kullankaivaja Raimo Kanamäki, 22.8.1995

Massa: Kymmenen mittauksen keskiarvo 126,95 g, standardivirhe $\pm 0,05$.

Koko ja tilavuus: 36 x 31 x 28 mm, $11,09 \pm 0,03 \text{ cm}^3$

Muoto: Pyörästynyt (Powers-asteikolla SR), kulmat taipuneet, alkuperäistä pintaa näkyvissä

Väri: Kellertävän oranssi (Munsell-koodi 10 YR 7/6)

Ominaispaino: Arkhimedeen periaatteella $11,451 \pm 0,024$. Notari-volumetrilla $11,599 \pm 0,033$

Kemiallinen koostumus: Kultapitoisuus keskimäärin 95,2 %, tärkeimmät hivenaineet hopea > vismutti > elohopea > rikki > rauta > arseeni > telluuri > kupari > lyijy > antimoni > seleeni.

Magneettiset ominaisuudet: Luonnollinen remanentti magnetoituma ($11,8 \text{ mAm}^{-1}$) osoittaa hipussa olevan epäpuhtauksia, joista ainakin osalla on ferromagneettiset ominaisuudet

Pintarakenteet: Tyypillisiä Lapin kultahippujen piirteitä: primaareja koloja, glasigeenisia painaumakoloja, mikrouurteita,

uurrelasturakenteita, aaltopainauksia (harvinaisen kookkaita) ja mikroimpaktikuoppia. Primaarikolojen läpimitta keskimäärin 3,6 mm, muoto suorareunainen.

Primaarikolojen täyte: saviaines, kvartsi, granaatti, amfiboli, kiille ja amfiboliitti.

Sekundaarikolojen keskimääräinen läpimitta 1,3 mm.

Täryseulassa syntyneet naarmut ovat kiiltäviä, uurteisia kiillottumia hipun kulmilla (pituus 1 - 4 mm). Hipun käsittelystä syntynyt kiillottuma hipun ulkonemissa on vähäistä.

Tulosten tulkinta

livari-kultahippu on painoltaan kuudenneksi suurin Lapista raportoiduista. Sitä suurempia ovat Kiviniemen hippu (392 g, Luttojoki, löydetty 1935), Aleksin hippu (385 g, Hangasoja, 1910), Virtasen sekahippu (183 g, Tankavaara, 1950), Pellisen hippu (162 g, Morgamoja, 1949) ja Veinin hippu (145 g, Hangasoja, 1992). livari on kulunut ja pyörästynyt paljon enemmän kuin Puskuojan hiput yleensä (Aarne Alhonen, henkilökohtainen tiedonanto 1995).

Lapin kullanhuhdonta-alueiden irtokulta on tulkittavaksi litogeeniseksi, kallioperässä syntyneeksi, ominaisuuksiensa perusteella. Irtokullan varsinaisia lähteitä ei ole löydetty. Hipuista saatavat tiedot ovat tästä syystä myös etsinnän kannalta merkityksellisiä. Isomushipuista on kerättävissä seikkaperäisempää tietoa kuin pienistä. livarin pinnan primaarikolot viittaavat hipun olevan peräisin rakotäyttymästä eli juonimineralisaatiosta. Hipun kohdalla on juonessa ollut kultaa 82 tilavuusprosenttia ja muita mineraaleja 18 tilavuusprosenttia. Juoni on ollut melko karkearakeinen, sillä muut mineraalit ovat olleet omamuotoisia, poikkileikkaukseltaan kolmikulmaisia kiteitä ja läpimitaltaan noin 5 - 8 mm. Muiden mineraalien omamuotoisuus myös viittaa siihen, että kultapitoinen juoni ei saostumisen jälkeen ole deformatunut.

Lemmenjoen alueen irtokullan emäkallioita on jäljitetty GTK:n toimesta 1950- ja 1960-luvuilla ja viimeksi 1990-luvun alussa tarkalla moreenigeokemiallisella näytteenotolla mannerjäätikön kuljetuksen tulosuuntaa vastaan (Nurmi ym. 1991). Viimeksi mainitussa tutkimuksessa ilmeni Naukussuon alueella

kultakriittinen anomalia noin 8 km SSW-suuntaan livari-hipun löytöpaikasta (Nurmi ym. 1991). Tätä voi pitää hyvin todennäköisenä lähteenä osalle kultahippuja. Lemmenjoen alueen hipuilla lienee kuitenkin runsaasti erillisiä juonityyppisiä lähteitä. Tähän viittaavat mm. Miessin kultasekahipuista tehdyt petrografiset määritykset (Kinnunen 1991), joissa kuvattiin lukuisia rakenteeltaan ja mineralogialtaan erilaisia sekahipputyyppejä.

Kiitokset

Kiitämme kultaseppä-kullankaivaja Arne Alhosta, että hän ystävällisesti järjesti meille mahdollisuuden tutkia livari-hippua ennen kuin se asetettiin ensimmäisen kerran julkisesti näytteille Lahden Kansainvälisillä Jalokivimessuilla maaliskuussa 1996. Haluamme myös kiittää yli-intendentti, dosentti Martti Lehtistä Helsingin yliopiston Luonnontieteellisestä Keskusmuseosta Notari-volumetrin käytöstä. Kiitämme myös GTK:n valokuvaajaa Jari Väätäistä kuvan 1. ottamisesta ja Helena Saarista kuvien vedostamisesta paperikuviksi.

Kirjallisuus

Jones, Meurig P. (1987) Applied Mineralogy. A Quantitative Approach. Graham & Trotman, Lontoo, 259 s.

Kinnunen, Kari A. (1991) Lemmenjoen alueen irtokullan alkuperäiskivilajien määrittäminen sekahippujen petrografian perusteella. Geologian tutkimuskeskus, malmiosasto, arkistoraportti M16/3812/91/1, 31 s.

Kinnunen, Kari A. (1995a) Puskuojan kullan ja kvartsin muodostamista sekahipuista. Geologian tutkimuskeskus, malmiosasto, arkistoraportti M19/3812/95/1, 10 s.

Kinnunen, Kari A. (1995b) New methods for photography through the microscope: application to gem materials. Geological Survey of Finland, Special Paper 20, 185-187.

Kinnunen, Kari A. (1996) Surface textures of gold nuggets from Finnish Lapland. Käsikirjoitus tarkistusvaiheessa.

Kinnunen, Kari A. ja Johanson, Bo (1993) Tutkimustietoa

Lemmenjoen alueen Puskuojan korundeista. *Gemmologian Työsaralta* 25/1993, 6-28.

Kinnunen, Kari A. ja Vilpas, Leeni (1994) Kultahippujäljitelmiä erottaminen Lapin hippukullasta. Summary: Discrimination of faked nuggets from the natural gold nuggets of Finnish Lapland. *Geologi* 46 (9-10), 119-123.

Kinnunen, Kari A., Johanson, Bo, Terho, Mauri ja Puranen, Risto (1995) Aleksin kultahipun (385 g) laboratoriotutkimuksista. Summary: Aleksi gold nugget (385 g) laboratory studies. *Geologi* 47 (3), 35-39.

Mahaney, William, C. (1995) Pleistocene and Holocene glacier thicknesses, transport histories and dynamics inferred from SEM microtextures on quartz particles. *Boreas* 24, 293-304.

Nurmi, Pekka A., Huhta, Pekka ja Hakala, Pertti (1991) Rapakallio- ja moreeninäytteenoton jalometallitulokset Inarin Naukussuon alueella vuonna 1991. Geologian tutkimuskeskus, malmiosasto, arkistoraportti M19/3812/91/1, 16 sivua ja 22 liitettä.

Stigzelius, Herman (1987) Kultakuume. Lapin kullan historia. 2. tarkistettu ja täydennetty painos. Suomen Matkailuliitto ry, Helsinki, 253 s.

Terho, Mauri, Pesonen, Lauri J., Kukkonen, Ilmo T. & Bukovanska, M. (1993) The petrophysical classification of meteorites. *Studia geoph. et geod.* 37, 65-82.