

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS
Tutkimus & Kehitysyksikkö
M 16/3742/1
Sodankylä
Kari A. Kinnunen, Bo Johanson,
Risto Puranen ja Liisa Kivekäs
31.07.1998

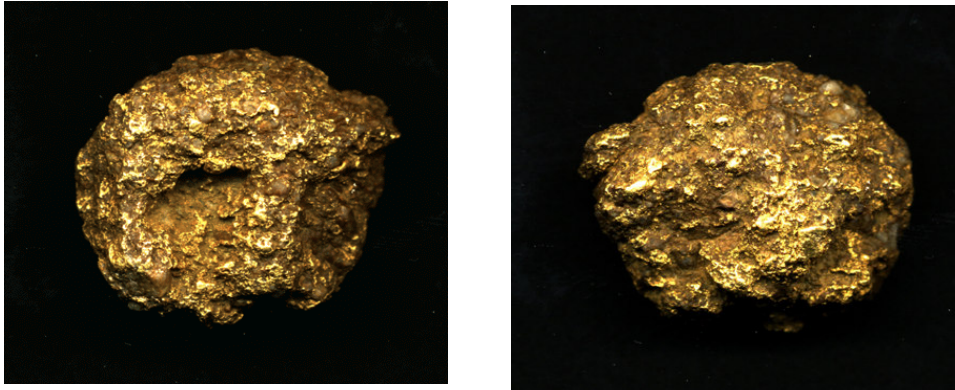
**Tankavaaran Kultamuseon turistihuuhtomolta
löydetyn *Mopoksi* kutsutun kultahipun (38,0 g)
mineralogia, kemiallinen koostumus ja
petrofysikaaliset ominaisuudet**



Geologian tutkimuskeskus
Espoo 1998

JOHDANTO

Tässä tutkimusraportissa kuvataan Mika Saalangan vuonna 1978 Tankavaaran Kultamuseon turistihuuhtomosta huuhtoma isomushippu (Kuva 1), jolle löytöhistoriasta johtuen on annettu nimi "Mopo". Hipun laboratoriotutkimusten tavoitteena on ollut tiedon syventäminen mm. mahdollisen malminetsinnän pohjaksi.



Kuva 1. Tankavaaran kultamuseon turistihuuhtomolta löytynyt Mopoksi ristitty, pinnaltaan repaleinen isomushippu. Hipun halkaisija 34 mm. Digitaalikuvat: Kari A. Kinnunen.

Geologian tutkimuskeskuksessa Espoon Otaniemessä on viime vuosina kehitetty menetelmiä suurikokoisten kultahippujen ominaisuuksien määrittämiseksi. Nämä menetelmät ovat näytteitä tuhoamattomia ja ne ovat siten mahdollistaneet myös arvohippujen tieteellisen tarkan analysoimisen. Menetelmillä on tähän mennessä tutkittu ja raportoitu tiedot kolmesta Lapin isomushipusta, jotka ovat Alekski, Iivari ja Backlund. Erityisen kookkaille kultahipuille on annettu yleensä jo löytöhetkellä nimi, joilla ne alan kirjallisuudessa ja populaariteksteissä on sittemmin tunnettu. Lapin perinteisten kullanhuhdonta-alueiden hippujen kalliolähteitä ei ole vielä tarkkaan kyetty paikallistamaan, joten tiedot ovat malminetsinnällekin merkityksellisiä. Isomushippujen tieteellinen kuvaus on tärkeää myös koska hiput ovat yhtäaikaan museoluokan näytteitä ja kallisarvoisia sijoituskohteita.

Lapin kullasta ja kullankaivuun historiasta on kirjoitettu satoja artikkeleita ja kymmeniä kirjoja, mutta itse kultahiput ovat yhä melko tuntematon alue. Näin siitäkin huolimatta, että Lapin kookkaista kultahipuista on viime vuosina tullut merkittävä myyntikohte ja suurimmat hiput ovat olleet kalleimpia maassamme myytyjä mineraalinäytteitä (Kinnunen 1997b). Kookkaita ja siten hinnaltaan arvokkaita kultahippuja on tutkittu varsin vähän kansainvälisestikin, sillä perinteiset analyysimenetelmät ovat edellyttäneet tämän arvokkaan materiaalin tuhoamista. Suurten kultahippujen melko vähäinen tutkimus on yllättävää, sillä isomushippuja on hyvin edustettuna kansainvälisten mineralogisten museoiden kokoelmissa. Hipuilla on myös yleisempää mielenkiintoa, sillä tänä vuonnahan on vietetään Klondyken historiallisen kultaryntäyksen 100-vuotispäivää kuten myös Tankavaaran Kultamuseon 25-vuotista olemassaoloa.

Lapin kookkaita kultahippuja on saatu GTK:lle kiitettävästi lainaksi tutkimuksia varten, sillä tuloksilla on voitu osoittaa olevan monenlaista käyttöä myös kullankaivajille ja kultasepille itselleen. Hippujen omistajat ovat yleensä itse ottaneet yhteyttä GTK:hon ja tarjonneet mahdollisuutta hippujensa tutkimukseen. Vaatimuksena kuitenkin on tavallisesti ollut, ettei tutkimus turmele hippuja. Tämä vaatimus edellytti uusien menetelmien ja jo käytössä vakiintuneiden, näytettä tuhoamattomien tutkimusmenetelmien edelleenkehittämistä ja niveltämistä toimivaksi kokonaisuudeksi. Tulosvastuun aikana tästä integroinnista on myös käytetty termiä tuotteistaminen. Tuloksilla on ollut jo monenlaista muuta hyötykäyttöä, sillä hippuihin kehitettyjä analyysimenetelmiä voidaan lähes sinällään soveltaa moniin arvomateriaaleihin. Tällaisia ovat mm. jalo- ja korukivet, muut arvomineraalit, meteoriitit, yksittäiset museoesineet, antiikki sinällään ja yleisesti tieteellisen ainutkertaiset näytteet, joissa materiaalia pyritään säästämään kokoelmissa mahdollisimman pitkään.

Lapin perinteisiltä kullanhuuhdonta-alueilta Ivalojoelta, Lemmenjoelta ja Tankavaaralta on viime vuosisadalta lähtien löytynyt yhteensä kymmenkunta yli 100 grammaista kultahippua, niin sanottua isomusta. Kymmeniä tuhansia pienempiä, muutaman millimetrin läpimittaisia Lapin kultahippuja on istutettu suoraan koruihin. Yhteensä Lapin perinteisiltä kullanhuuhdonta-alueilta arvioidaan huuhdotun kultaa noin yksi tonni ja sitä oletetaan olevan sorassa jäljellä suunnilleen saman verran. Suurin osa kultaa esiintyy melko pieninä hippuina.

Tankavaaran alueen isomushipuista ei tätä ennen ollut tarkempaa mineralogista, kemiallista ja petrofysikaalista tutkimustietoa toisin kuin Lemmenjoen ja Ivalojoen alueen isomushipuista (Kinnunen 1997a, Kinnunen, Johanson, Terho ja Puranen 1997). Mopo-hipun kuvauksen ohella saatiin samalla täydennyttyä isokokoisten hippujen tutkimusaineistoa Tankavaaran alueen osalta. Nyt tutkimustulokset kattavat Lapin tärkeimmät kullanhuuhdonta-alueet.

TUTKIMUSMENETELMÄT

Mopo-hipun tutkimukseen käytetyt menetelmät on selostettu artikkeleissa Kinnunen (1996) ja Kinnunen, Johanson, Terho ja Puranen (1997). Näiden menetelmien lisäksi Mopon tutkimuksissa käytettiin huokoisuuden ja tiheyden mittaamiseen Kivekkään (1993, 1996) selostamia menetelmiä. Hipun kuvantaminen tehtiin tasoskannerilla suoraan digitaaliseen muotoon ja lisäksi myös perinteisellä valokuvauksella (Jari Väätäinen). Monet tutkimusmenetelmät ovat aikaavieviä ja käsityövaltaisia, joten niiden tekeminen kaupallisesti nostaisi laskun epärealistisen korkeaksi. Lapin kultahippujen sertifikaatiotasoiseen luokitteluun pitäisi näin ollen kehittää halvempia menetelmiä, jotka perustuisivat pääasiallisesti halpoihin koneanalyysihin ja joissa kalliiksi tulevan tieteellisen tulkinnan osuus olisi mahdollisimman alhainen.

Työnjako oli tutkimusta tehdessä seuraavanlainen. Bo Johanson analysoi kullan kemiallisen koostumuksen mikroanalysaattorilla. Liisa Kivekäs ja Risto Puranen tekivät petrofysikaaliset mittaukset ja tulosten tulkinnan. Kari Kinnunen teki muut mittaukset ja määritykset ja kirjoitti raportin tulkintoineen. Kari Kinnunen lisäksi kuvansi hiput digitaalisesti. Jari Väätäinen otti hipusta tavanomaiseen tapaan diakuvat. Pentti Karhunen selvitti arkistosta lisätietoja hipun löytymisestä, mutta mitään aikaisempaa dokumentoitua tietoa ei siitä löytynyt. Kaikki tutkimukseen osallistuneet työskentelevät Geologian tutkimuskeskuksen Tutkimus & Kehitys ja Viestintä yksikössä Espoon Otaniemessä.

LÖYTÖHISTORIA

Mopo-hipun löytöhistoriaa ei ole aikaisemmin kirjallisesti dokumentoitu muutamaa löydön aikaista lehti uutista lukuunottamatta. Tämä puute on yleinen ongelma erityisesti vanhojen, historiallisten isomushippujen kohdalla. Jopa niiden tarkemmat löytöpaikat ovat useassa tapauksessa ristiriitaiset luotettavien kirjallisten dokumenttien puuttuessa. Vasta aivan viime vuosina on GTK:n toimesta yleistynyt tapa raportoida ja tieteellisesti kuvata Lapin kullanhuuhtonta-alueiden suurimmat ja merkittävimmät kultahippu- ja korukivilöydöt jo aivan varhaisvaiheessa (Kinnunen 1991, Kinnunen ja Johanson 1993, Kinnunen, Johanson, Terho ja Puranen 1994, Kinnunen 1995, Kinnunen, Johanson, Terho ja Puranen 1996).

Tankavaaran Kultamuseon johtaja Inkeri Syrjänen kirjoitti pyynnöstämme 4.2.1998 Mopon löytöhistoriasta seuraavanlaisen yhteenvedon, joka perustuu pääasiallisesti hänen omaan muistitietoonsa:

“Tankavaaran kultahuhtomolta löytyi vuonna 1978 iso hippu, joka sai nimekseen "Mopo". Sen löysi 11-vuotias poika Mika Saalanko Porvoosta, joka isänsä kanssa oli tullut lomamatkallaan kultaa huuhtomaan. Poika huuhtoi ensimmäistä vaskooliaan elämässään. Niilo ("Nipa") Raumala toimi huuhtomolla oppaana ja hän neuvoi poikaa hienontamaan savea ja heittämään suuret kivet pois, niin että jäljelle jää vain hienoa hiekkaa. Poika huuhtoi kuten käskettiin, heitti pois savisen möykyn, mutta huomasi, että se oli hyvin painava. Hän kaivoi sen esille vedestä ja rupesi hienontamaan savea. Savea sisästä paljastui jotain keltaista, jonka hän näytti Nipalle. Nipa huomasi heti sen olevan suuren kultahipun. Sana suuresta hipusta kiiri kultamuseolle, josta haluttiin vaakaa hipun punnitusta varten. Hippu pestiin hammasharjalla ja punnittiin huuhtomolla, jolloin sen painoksi saatiin n. 39 grammaa. Kysyin pojalta, olisiko hän myynyt hipun kultamuseolle, mutta vastaus oli kielteinen. Hippu olisi kuulemma mukava matkamusta ja tuliainen äidille Porvooseen. Hetken kuluttua poika kuitenkin tuli takaisin ja sanoi harkinneesaa asiaa. Oli neuvotellut isänsäkin kanssa ja oli halukas myymään hipun. Hän kertoi, että oli säästännyt useiden vuosien ajan itselleen moporahoja, mutta heikoin tuloksin. Hän pyysi hipusta rahaa niin paljon, että voisi ostaa mopon. Siihen aikaan mopon hinta oli noin 2000 mk. Päädyimme lopulta hintaan 2500 mk, jotta olisi vähän bensarahaakin. Tästä nimi "Mopo" -hippu. Hipun tarkkaa löytöpaikkaa ei liene pantu merkille. Joka tapauksessa se löytyi aivan normaalista savikerroksesta, jota huuhtomolla on joka paikassa. Tapana oli, että annoton maakerros (n. 1 m) pukattiin traktorilla pois, jotta päästiin lähemmäs rapakallion pintaa. Siitä etsittiin lapiopelillä savisia paikkoja, jotka huudettiin vaskoolilla. Puron uomaa levennettiin niin kauas kuin merkkejä kullasta löytyi, sitten taas jatkettiin puronvartta ylöspäin. Huuhdontapaikka oli 1970-luvulla nykyisistä kilpailualueista hiukan ylempänä.”

LÖYTÖPAIKKA

Tankavaaran kultahuhtomo. Nykyisistä kilpailualueista hiukan ylempänä. Tarkempaa paikanmäärittystä ei kyetty tekemään.

Karttalehti 3742 02. Koordinaatit X 7565,9 Y 504,7.

LÖYTÖYMPÄRISTÖ

Mopo-hippu löytyi savikerroksesta läheltä rapakalliomaiseksi vaihtuvaa ainesta. Tämän kerroksen päällä oli annoton maakerros. Tankavaaran kultapitoiset kerrokset mielletään populaarikirjallisuudessa tavallisesti moreeniksi ja puhutaan moreenikullasta. Tästä ei kuitenkaan ole varsinaisia tutkimuksia olemassa. Tankavaaran ja Vuotson alueen geologiasta sitä vastoin on julkaistu runsaasti tutkimuksia (ks. Liite 1). Niiden perusteella alueen kallioperää luonnehtii syvälle edennyt jäätiköitymisiä vanhempi rapautuminen ja siihen liittyvät mineralogian muutokset rapakallioaineksessa. Aineksen kulkeutumissuunta on yleisesti ollut lounaasta. Aineksen kulkeutumismatkasta ei ole seikkaperäisempiä tutkimuksia olemassa. Pitkämatkaisimmat lohkat ja kivet alueella ovat mahdollisesti Kittilän jaspiksen tyyppiset pienet irtokivet.

LÖYTÖVUOSI

1978

LÖYTÄJÄ

Mika Saalanko (11 v), Porvoo

HIPUN NYKYINEN OMISTAJA

Tankavaaran Kultamuseo

PAINO

Menetelmä: punnitus 0,001 g:n tarkkuusvaa'alla. Huokoisen hipun paino (massa) on riippuvainen kosteuden määrästä huokosissa. Hipun kuivapainoksi saatiin 37,959 g, kun taas vedellä kyllästettynä hippu painoi 38,344 g. Hipun painoa ei näin ollen ole mielekäästä ilmoittaa kovin monella desimaalilla. Hipun painosta on kultaa noin kaksi kolmasosaa ja loput pääosin kvartssia kuten jäljempänä tullaan osoittamaan.

Tulos: hipun paino 38,0 g.

KOKO (DIMENSIOT)

Menetelmä: mittaus työntömitalla kohtisuorassa toisiaan vastaan olevista suunnista, jotka leikkaavat hipun keskipisteessä. Kuten painoarvio niin myös kokoarvio vaihtelee luonnon kivillä mittaustavasta riippuen, joten hipun dimensioita ei ole mielekäästä ilmoittaa monen desimaalin tarkkuudella.

Tulos: 34 x 28 x 17 mm.

PYÖRISTYNEISYYS

Menetelmä: vertailu Powersin asteikkoon. Kultahiput ovat pyöristyneitä sedimenttikappaleita, joten niiden muodon luokittelussa voidaan käyttää samoja luokittelutauluja kuin irtomaalajien luokittelussa. Partikkelin muodon määräävät kolme osatekijää: kappaleen alkuperäinen muoto, sen mekaaninen tai kemiallinen pyöristyneisyysaste ja partikkelin pintarakenne. Nämä tekijät ovat kultahipuissa sen verran riippumattomia, että niitä on yleensä tarkasteltu erillisinä ominaisuuksina.

Tulos (Powersin asteikolla): 1 (hyvin särmikäs -- särmikäs).

KEMIALLINEN KOOSTUMUS

Menetelmä: Geologian tutkimuskeskuksen Cameca SX 50 mikroanalyyttori, analyttikkona Bo Johanson, 30 analyysin keskiarvo pidennetyillä mittausajoilla painoprosentteina ilmaistuna. Hienousluku on perinteinen kullan puhtauden tunnusluku ja se ilmoittaa kullan osuuden promilleina kullan ja hopean yhteenlasketusta määrästä (muiden epäpuhtauksien osuuksia ei tähän tunnuslukuun lasketa mukaan).

Tulos:

Au	97.4
Ag	2.75
Fe	0.00
Cu	0.04
Se	0.00
Hg	0.03
Pb	0.06
Sb	0.01
Bi	0.07
Te	0.00
S	0.03
summa	100.39
hienousluku	973

VÄRI

Menetelmä: Munsellin värikortteihin perustuva vertailumenetelmä ja digitaalinen kolorimetrinen värianalyysi.

Tulokset: hipun kokonaisväri on 10 YR 5/4 (moderate yellowish brown). Tämä värisävy on kvartsin ja sitä peittävän limoniittisen kalvon aiheuttama värieffekti yhdessä kullan kanssa.

Hipun kultarakeiden väri on 10 YR 6/6 (dark yellowish orange). Digitaalisesti skannerilla määritetty hipun kullan väri on RGB järjestelmässä ilmaistuna yleisimmin R 250, G 190, B 70. Määrittäminen on puhtaan kullan kerroksesta. Hipun kuluneimmissa kulmissa kullan väri sisältää hieman enemmän vihreää ja sinistä sävyä. Tämä havainto on sopusoinnissa sen seikan kanssa, että kultapitoisen metallilejeeringin väri on sitä punertavampi mitä enemmän lejeerinki sisältää kultaa.

MINERAALIKOOSTUMUS

Menetelmä: pistelaskumenetelmä hipun ylä- ja alapinnasta stereomikroskooppilla, 150 mittauspistettä.

Tulokset: Kultaa noin 30 ja kvartssia noin 70 tilavuusprosenttia. On huomattava, että yksittäisten kultakiteiden ulokkeet ovat taipuneita ja valssautuneita hipun pintaan, joten niiden osuus vaikuttaa suuremmalta mitä se todellisuudessa on. Hipun repailemainen pintavaikutelma aiheutuu lukuisista koloista, joista ovat irronneet niissä kohdin sijainneet kvartsirakeet.

HIPUN KVARTSIN OMINAISPIIRTEET

Menetelmät: ohuthietarkastelu hipun pinnasta (jäljennöksien teon yhteydessä) irronneiden kvartsisirujen perusteella. Kuvamittaus ja -analyysi PC-mikrolla ja ImageTool ohjelmalla tasoskannerilla tuotetuista digitaalikuvista. Kvartsin deformaation voimakkuus määritettiin polarisaatiomikroskoopin kiertopöydällä mitattu aaltosammumisen määrä, käytetty laskukaava $(X^\circ / 360^\circ) \times 100$. Fluidisulkeumat tutkittiin petrografisesti tavallisesta kiilloitetusta ohuthieestä ja raepreparaateista.

Tulokset:

Kvartsirakeiden raekoko on keskimäärin 1,9 mm ja yleisimmin 1,5 mm. Raekokomittausten standardipoikkeama on 1,2 mm.

Kvartsiyyppejä on Dowlingin ja Morrisonin (1989) luokitteluun verrattaessa kysymyksessä on omamuotoisista kvartsikiteistä koostuva harmaakvartsi, jonka kiteet ovat suuntautumattomia (euhedral buck quartz). Tällainen tekstuuri on luonteenomainen plutonisten ympäristöjen kultajuonien kvartseille (vrt. Dowling ja Morrison 1989). Se on yleensä kiteytynyt plastisen deformaation olosuhteissa.

Deformaatioasteeltaan hipun kvartsi on keskimäärin 6 % taipunutta. Kvartsi on petrograafisesti tarkastellen voimakkaasti deformatunutta joskaan se ei vielä ole polygonisoitunutta. Juonikvartsin kiteytymisrakenteen kideyksilöt erottuvat siinä yhä selvästi. Tästä voi päätellä, että kvartsikiteet ovat deformaation jälkeen säilyneet ilman uudellenkiteytymistä, joten kullan saostumisessa kvartsin mikrohalkeamiin ei ole esiintynyt merkittävää lämpötilan nousua.

Syntyajankohdaltaan hipun kvartsin fluidisulkeumat ovat sekundaarisia eli ne ovat

muodostuneet kvartsikiteitä leikkaaviin halkeamiin. Pienimmät havaitut vielä optisesti erotettavat sulkeumat ovat läpimitaltaan 0,4 mikrometriä. Suurimmat havaitut sulkeumat ovat läpimitaltaan 3,9 mikrometriä. Sulkeumatutkimuksiin kehitetyn kaavan (Kinnunen 1989) mukaan koon perusteella arvioitu fluidisulkeumapitoisuuden tilavuusprosentti on 0,2 %. Tämän suuruinen määrä on tavanomainen metamorfiselle kvartsille ja kvartsijuonille (vrt. Kinnunen 1989). Sulkeumat ovat liian pieniä jotta niiden faasikoostumusta kyettäisiin riittävällä varmuudella määrittämään. Kvartsissa esiintyy kultatäytteisiä teräväpiirteisiä mikrohalkeamia, jotka ovat hauraan deformaation vaiheessa muodostuneita, mutta niihin kiistatta synnyltään liittyviä fluidisulkeumia ei kyetty osoittamaan.

PINTARAKENTEET

Menetelmät: asetaattikalvomenetelmä ja stereomikroskoopitarkastelu. Pintarakenteiden määrittämiseen ja nimeämiseen käytettiin Kinnusen (1996) kehittämää luokittelua.

Tulokset: Hipun rakenteesta johtuen siinä on vain muutamia sileäpintaisia kultaulokkeita, joissa tapaa tutkimuskelpoisia pintakuvioinnin tyyppisiä. Prosentuaalisia pinta-alamittauksia ei tästä syystä tehty. Pintakuviot voitiin luokitella kolmeen pääryhmään: primaareihin (kallioperässä syntyneet), sekundaareihin (maaperässä syntyneet) ja antropogeenisiin (ihmisen toiminnan tuloksena syntyneet kuviot). Primaarit kuviot ovat Mopo-hipussa havaittavissa ainoastaan stereomikroskoopilla hipun muodon mikropiirteistä. Sekundaareja kuviointityyppejä ovat aaltopainamat, painaumakolot ja mikrouurteet. Impaktikuopat sitä vastoin puuttuvat. Moninaiset flow-rakenteet ovat erityisen yleisiä. Kemiallisena sekundaarisena kuviointina näiden rakenteiden pohjalla on yleisesti mikrokultakiteitä. Antropogeeniset kuviot ovat kultaulokkeissa erityisen silmiinpistäviä käsittäen kiillottumat ja niitä halkovat naarmut. Antropogeenisten kuvioiden suuri määrä selittyy hipun pinnan muodoilla, jossa pienet kultaulokkeet ovat korostuneesti koholla hipun pinnasta. Näin ollen ne ovat hioutuneet jo melko vähäisessäkin mekaanisessa kulutuksessa. Samalla niiden väristä on tullut hieman vihertävän kultamaista puhtaan kullan ohuen pintasilauksen liukuessa pois.

PETROFYSIKAALISET MITTAUKSET

Menetelmät: petrofysiikan laboratorion laitteistot.

Tulokset ja tulkintaa: Mopo-hipun kuivapaino on 37,96 g, tilavuus 6,20 cm³, tiheys 6,12 g/cm³ ja huokoisuus runsaat 6,2 %. Tilavuus määritettiin punnitsemalla hippu ilmassa ja vedessä. Huokoisuus määritettiin hippuun imeytetyn veden avulla (Kivekäs 1993). Hippu punnittiin vedellä kyllästettynä ja 50 °C:een lämpötilassa kuivattuna. Hipun kuivatiheys on 6,12 g/cm³ (huokosissa ilmaa) ja kiintoaineksen tiheys 6,53 g/cm³ (Kivekäs 1996).

Mikroanalyyttitulosten mukaan hipun kullassa on noin kolme painoprosenttia hopeaa ja muita seosmetalleja, minkä perusteella hipun kultaseoksen tiheydeksi voitiin laskea 18,85 g/cm³. Hipun alhainen tiheys johtuu siitä, että hippu sisältää runsaasti kvartsia, jonka tiheys on vain 2,65 g/cm³. Kun hipun aineosien tiheydet tunnetaan, voidaan laskea hipun koostumus. Hipussa on huokosten lisäksi 22,4 tilavuusprosenttia (69,1 paino%) kultaa ja 71,4 tilavuusprosenttia (30,9 paino%) kvartsia. Lisäksi magneettisilla mittauksilla todettiin, että hipussa ei ole juuri lainkaan magneettisia mineraaleja (magnetiitti, hematitiitti) toisin kuin esimerkiksi Backlundin hipussa (vrt. Kinnunen, Johanson, Terho ja Puranen 1997).

TULOSTEN TULKINTAA

Mopo-hippu on morfologialtaan Tankavaaralle tyypillistä hippukultaa. Tankavaaran pienet hiput ovat usein pinnaltaan repaleisia (poisrapautuneet muut mineraalit) kuten Mopo-hippu (Kuva 1). Hopeapitoisuuden suhteen hippu muistuttaa Tankavaarasta analysoituja pienempiä hippuja (Pekka Huhdan julkaisemattomat kultahippunäytteiden analyysit). Hipun särmikkyys viittaa lyhyehkään kulkeutumismatkaan. Hipun epäpuhtauksina esiintyvät hivenaineet osoittavat sen tyypiltään muiden huuhdonta-alueiden isomushipuista poikkeavaksi kuten ilmenee seuraavasta taulukosta. Siinä on esitetty eräiden isomushippujen epäpuhtauksien painoprosenttijärjestys. Muiden isomusten analyysitiedot ovat myös Bo Johansonin GTK:ssa analysoimia (ks. Kinnunen, Johanson, Terho ja Puranen 1997). Mopo-hipulle on siis luonteenomaista suhteellisen korkea lyijypitoisuus. Erot eri purojen hippujen välillä näyttäisivät siis tulevan esiin vasta kultaa, hopeaa ja vismuttia vähäisemmissä määrissä esiintyvien metallien vaihteluna. Näiden diagnostisten alkuaineiden pitoisuudet ovat kuitenkin riittävän suuret, jotta ne kyetään määrittämään tarkasti jo mikroanalyyssaattorilla.

Hippu	Löytöalue	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Mopo	Tankavaara	Au	Ag	Bi	Pb	Cu	Hg	S
Aleksi	Hangasoja	Au	Ag	Bi	Hg	Cu	Se	S
Backlund	Sotajoki	Au	Ag	Bi	Fe	Hg	Se	S
Iivari	Puskuoja	Au	Ag	Bi	Hg	S	Fe	As

Lemmenjoen alueen sekahipuista tehdyistä tutkimuksista ilmenee, että aineksen (sekahippujen) kultapitoisuus vaihtelee muutamasta prosentista lähes sataan (Kinnunen 1991). Näin ollen Lapin kultapitoisissa juonissa kultaa on ollut hyvin epätasaisesti jakaantuneena.

Hipun pääasiallisesti muodostava kvartsi on tyypiltään tavanomaista juonikvartsiä, joka tässä tapauksessa koostuu omamuotoisista kvartsikiteistä rakentuvasta harmaakvartsista (euhedral buck quartz). Se on kohtalaisesti deformatiivista (6 %) ja fluidisulkeumapitoisuus on metamorfiselle kvartsille luonteenomainen (0,2 %). Kvartsikiteiden koko on yleisimmin 1,5 mm. Kvartsin ominaisuuksista pääteltynä hipun alkuperäkilaji on ollut plastisen ja hauraan deformaation välivaiheessa muodostunut juonikvartsi. Tällainen kvartsin tekstuuri on tyypillinen plutonisten ympäristöjen kvartsille. Saostumisen jälkeen kultapitoinen kvartsijuoni on heikosti deformatiivista.

Hienousluvultaan (973) Mopo-hippu on kultapitoisin tutkituista Lapin isomuksista (Kinnunen, Johanson, Terho ja Puranen 1997). Hivenmetallien todelliset pitoisuusmäärät ovat siinä hopean lisäksi kauttaaltaan alhaiset (yleisesti yhden kertaluokan pienemmät kuin Lapin muiden aluiden isomuksissa). Mopon metalliaines on luokiteltavissa tyyppi 2:n kulta-hopealejeeringiksi Kinnusen (1997a) keräämien ja tulkittujen kulta-analyysien tulkintataulukoiden perusteella. Tämä kultatyyppi on kemiallisesti perusteella tulkittavissa syntyvaltaan hydrotermiseksi ja sen voi katsoa saostuneen noin 300 - 500 °C lämpötilassa.

Tällaisissa olosuhteissa syntyneet kvartsijuonet ovat yleisesti suurikokoisten kultakappaleiden

(hippujen) alkuperäkivilajeja malmityypistä riippumatta. Hippujen esiintyminen kuvastaa ennen kaikkea pitkää eroosio- ja rikastumisaikaa ja siten kullan mekaaniselle yhteenkeräytymiselle suotuisten geomorfologisten ja denudaatiojaksojen yhteisvaikutusta. Yhteenvetona todettakoon lopuksi, että karkeita silmin erottuvia kultarakeita sisältävät esiintymät ovat harvoin varsinaisen taloudellisen kultaesiintymän osia joskin ne ovat kiistattomia todisteita alueen kivilajien kultapotentialista ja malmityypeistä.

Kirjallisuus

- Dowling, Kim ja Morrison, Gregg (1989) Application of quartz textures to the classification of gold deposits using North Queensland examples. *Economic Geology, Monograph 6*, 342-355.
- Kinnunen, Kari A. (1989) Determination of total contents of fluid inclusions in quartz using modal analysis: examples from Proterozoic rocks and ore deposits in Finland. *Bulletin Geological Society of Finland* 61, Part 2, 197-208.
- Kinnunen, Kari A. (1991) Lemmenjoen alueen irtokullan alkuperäiskivilajien määrittäminen sekahippujen petrografian perusteella. *Geologian tutkimuskeskus, julkaisematon arkistoraportti M 16/3812/91/1*, 31 s.
- Kinnunen, Kari A. (1995) Puskuojan kullan ja kvartsin muodostamista sekahipuista. *Geologian tutkimuskeskus, julkaisematon arkistoraportti M 19/3812/95/1*, 10 s.
- Kinnunen, Kari A. (1996) Classification scheme for surface textures of gold nuggets from Finnish Lapland. *Bulletin Geological Society of Finland* 68, Part 2, 18-33.
- Kinnunen, Kari A. (1997a) Metallisen luonnonkullan kemiallisesta koostumuksesta (kirjallisuusselvitys hippuanalyysien tulkintaan). *Geologian tutkimuskeskus, julkaisematon arkistoraportti M 40/-97/1*, 13 s.
- Kinnunen, Kari A. (1997b) Lapin kultahiput keräilykohteena. *Kivi* 15 (4), 12-26.
- Kinnunen, Kari A. ja Johanson, Bo (1993) Raportti korukäyttöön vuosina 1981-1990 huuhdottujen korundien mineralogiasta, gemmologisista ominaisuuksista ja löytöhistoriasta Lemmenjoen alueella Puskuojalla. *Geologian tutkimuskeskus, julkaisematon arkistoraportti M 19/3811/93/1*, 17 s.
- Kinnunen, Kari A., Johanson, Bo, Terho, Mauri ja Puranen, Risto (1994) Aleksin (385 g), toiseksi suurin Suomesta löytynyt kultahippu. Mikromorfologia, petrofysikaaliset ominaisuudet ja kemiallinen koostumus. *Geologian tutkimuskeskus, julkaisematon arkistoraportti M 19/3831/94/1*, 10 s.
- Kinnunen, Kari A., Johanson, Bo, Terho, Mauri ja Puranen, Risto (1996) Lemmenjoen alueen Puskuojalta elokuussa 1995 löytyneen Iivari-kultahipun (126,95 g) morfologia ja pintarakenne, kemiallinen ja mineraloginen koostumus sekä petrofysikaaliset ominaisuudet. *Geologian tutkimuskeskus, julkaisematon arkistoraportti M 19/3812/96/1*, 18 s.
- Kinnunen, Kari A., Johanson, Bo, Terho, Mauri & Puranen, Risto (1997) Nondestructive analysis of morphology, chemical composition and physical properties of large gold nuggets from Finnish Lapland. *Geological Survey of Finland, Current Research 1995-1996, Special Paper 23*, 29-35.
- Kivekäs, Liisa (1993) Density and porosity measurements at the petrophysical laboratory of the Geological Survey of Finland. *Geological Survey of Finland, Current Research 1991-1992, Special Paper 18*, 119-127.
- Kivekäs, Liisa (1996) Accuracy of density measurements. *Geologian tutkimuskeskus, julkaisematon arkistoraportti Q16.1/27.1/96/1*, 4 sivua ja 5 liitettä.

Liite 1.

Kirjallisuus jossa käsitellään Tankavaaran ja Vuotson alueen geologiaa etsittynä GTK:n käytössä olevista tietokannoista (Fingeo, Rapgeo, Georef ja skannatut Laitakarin kirjallisuusbulletiinit), tilanne maaliskuussa 1998:

- Aario, R. 1990. The tor formations of Riestovaara, Vuotso. In: R. Aario (ed.) III International Drumlin Symposium, Oulu, Finland, 26.6.-2.7.1990 : glacial heritage of northern Finland. Excursion guide. Nordia tiedonantoja. Sarja A ; 1, 56.
- Belyaev, Oleg A.; Kozlov, Nikolay E. 1997. Geology, geochemistry and metamorphism of the Lapland Granulite Belt and adjacent areas in the Vuotso area, northern Finland. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 138. 21 p. + 2 app.
- Ervamaa, Pentti 1975. Selostus Tankavaaran ja Morgamin alueen sekahipuista tehdystä alustavasta tutkimuksesta. 5 s., 1 l. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M17/Sdk, Ir-52/2.
- Ervamaa, Pentti 1920. Käsikirjoituksia Lapin kulta-alueilta vv. 1951-1954, sekä 1 kartta Visasaaren valtaus 1920. 1 ohut kansio. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, X127.
- Forsström, Lars 1990. Occurrence of larch (*Larix*) in Fennoscandia during the Eemian interglacial and the Brörup interstadial according to pollen analytical data. *Boreas* 19 (3), 241-248.
- Hyypä, J. (1981) Kemiällisten analyysien käytöstä vesien ja savien tutkimuksessa. *Geologi* 33, 3, 38-44.
- Ikonen, Liisa; Kujansuu, Raimo 1996. Hiiltyneiden männynkappaleiden tunnistaminen Vuotson paleomaannoksesta : nopea ja käyttökelpoinen menetelmä puun ja hiilen solukkomääritykseen. Summary: Determination of carbonized fragments of pine wood in a paleosol from Vuotso : a fast and useful method for cellular tissue sampling of wood and charcoal. *Geologi* 48 (2), 19-21.
- Islam, Md. Riajul 1996. The ancient weathering crust in Finnish Lapland and the recent weathering crust in Bangladesh - a comparison. *Acta Universitatis Ouluensis. Series A, Scientiae Rerum Naturalium* 285. 129 p. + 2 app.
- Islam, M. R. (1996) The ancient weathering crust in Finnish Lapland and the Recent weathering crust in Bangladesh; a comparison. *Acta Universitatis Ouluensis. Series A, Scientiae Rerum Naturalium* 285, 129 p.
- Jalander, H. & Helovuori, Olavi & Säynäjärvi, K. & Hyypä, Esa & Repo, R. & Ervamaa, P. & Vanhala, R. & Penttilä, S. & Savolainen, E. & Virkkala, K. & Penttilä, J. & Saarinen, Vilho & Hollman, L. & Raja-Halli, H. 1937. Lapin kultatutkimuksia. Kirjoituksia vuosilta 1937-1956, 61 kpl. 1 kansio. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, X106.
- Kinnunen, Kari A. (1996) Classification scheme for surface textures of gold nuggets from Finnish Lapland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 68, 2, 18-33.
- Johansson, Peter 1987. Weathering down of granite bedrock and the tor formations near the village of Vuotso. In: Nordqua 1987: minisymposium och exkursion 8.-18.9.1987, 51.
- Johansson, Peter 1987. Preglacial weathered bedrock of Vuotso area. In: Nordqua 1987: minisymposium och exkursion 8.-18.9.1987, 50.
- Johansson, Peter 1995. The deglaciation in the eastern part of the Weichselian ice divide in Finnish Lapland. Rovaniemi: Geological Survey of Finland. 113 p. + app. map.
- Johansson, Peter 1995. The deglaciation in the eastern part of the Weichselian ice divide in Finnish Lapland. Geological Survey of Finland. Bulletin 383. 72 p. + 1 app. map.
- Junnila, Esko 1985. Vuotson alueen geologiasta. In: Maaperägeologian lisensiaattiseminaari

25-26.3.1985. Turun yliopisto. Turun yliopiston maaperägeologian osaston julkaisuja 55, 39-40.

Kujansuu, Raimo; Eriksson, Brita 1995. Pre-Late Weichselian subglacial glaciofluvial erosion and accumulation at Vuotso, Finnish Lapland. In: Autio, S. (ed.) Geological Survey of Finland, Current Research 1993-1994. Geological Survey of Finland. Special Paper 20, 75-82.

Kujansuu, Raimo; Hyyppä, Juho 1995. Vuotson kartta-alueen maaperä. Summary: Quaternary deposits in the Vuotso map-sheet area. Suomen geologinen kartta 1:100 000 : maaperäkartojen selitykset lehti 3742. 107 p.

Kujansuu, Raimo 1972. Interstadiaalikerrostuma Vuotsoissa. Summary: Interstadial deposit at Vuotso, Finnish Lapland. *Geologi* 24 (5-6), 53-56.

Laitakari, Aarne 1951. Lapin kullanjäljillä. 19 s., 1 l. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, Dc N:o 141.

Mikkola, Aimo 1949. Tutkimukset Sodankylän Tankavaarassa 1948. 5 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M17/Sdk-49/1.

Mäkinen, Kalevi 1982. Tiedonanto Vuotson interglasiaalisesta lehtikuusen rungosta.

Summary: Report on interglacial *Larix* trunk at Vuotso, Northern Finland. *Geologi* 34 (9-10), 183-185.

Partanen, S. J. (1984) *Laplandisches Gold; gestern und heute*. Kultamuseon Julkaisusarja 4,26.

Penttilä, Seppo 1953. Laanilan glasiaaligeologiasta. 36 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, P 13.5.1.005.

Peuraniemi, V.; Riajul Islam, Md. 1993. The weathering crust in the Vuotso-Tankavaara area : the first evidence on the occurrence of halloysite in Finland. In:

Kump, L. R. (ed.) *Geochemistry of the Earth Surface*. *Chemical Geology* 107 (3-4), 307-311.

Pulkkinen, Eelis 1985. Vuotson rapakalliosavi. Summary: Weathered bedrock of Vuotso area. In: Lotvonen, E. (ed.) *Lapin tutkimusseura. Vuosikirja XXVI* 1985, 41-45.

Saarinen, Vilho 1961. Tankavaaran tutkimukset v. 1961. 3 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, P 13.5.1.013/4.

Saarinen, Vilho 1963. Tutkimukset Tankavaaralla kevätkesällä 1963. 4 s., 1 l. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, P 13.5.1.017/1.

Saarinen, Vilho 1975. Mäkärän hematiittijuonista ja irtolohkareista myös raskasmineraalihuuhdonnasta. 32 s., 13 l. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, P 13.5.2.013.

Saarinen, Vilho 1961. Selostus tutkimuksista Tankavaaralla v. 1960. 7 s., 3 l. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, P 13.5.1.012/1.

Saarinen, Vilho 1978. Selvitys minilohkare- ja raskasmineraalinäytteiden käsittelystä. Mukana piirroksia käsittelylaitteista ja välineistä. 5 s., 10 Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, P 13.5.5.006/4.

Saarinen, Vilho 1959. Yleisraportti 1959 (osat: Ivalon tie ja Leikkaukset Ivalon tien varressa). 9 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, P 13.5.1.011/4.

Stigzelius, Herman 1948. P.M.Lapin kiintokalliokulta. 3 s., 1 l. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, Dc N:o 91.

Sutinen, Raimo 1985. Preglacial weathering at Vuotso. In: ed. Matti Saarnisto *INQUA till symposium Finland 1985: Excursion guide: field workshop August 20-29, 1985*. Espoo: Geological Survey of Finland, 105-106.

Säynäjärvi, Klaus Mineraalimaiden aineksesta Lapin granuliittialueen eteläisellä reunavyöhykkeellä. Pro gradu. 112 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, P 13.9.006..
The Quaternary geology in the surroundings of the village Vuotso. 1996. In: Johansson, P.

(comp.) Lapland 1996 : field trip guidebook for students in the Geological Institutions, University of Tartu and University of Turku 2nd-7th September 1996. Rovaniemi: Geological Survey of Finland, 4-5.

Virkkala, Kalevi (1955) On glaciofluvial erosion and accumulation in the Tankavaara area, Finnish Lapland. Acta Geographica, Vol. 14, n:o 24, p. 393-412, illus.