

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

Malmiosasto

M 19/3831/94/1

3831 04

INARI

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

30.5.1994

Aleksi (385g), toiseksi suurin Suomesta löytynyt kultahippu.

Mikromorfologia, petrofysikaaliset ominaisuudet ja kemiallinen

koostumus

Johdanto

Suomen toiseksi suurimmaksi mainittu kultahippu (Kuva 1) saatiin maaliskuussa 1994 kahdeksi viikoksi Geologian tutkimuskeskukseen (GTK) Espoon Otaniemeen. Hippu kuvattiin mikromorfologisesti, analysoitiin kemiallisesti ja sen petrofysikaaliset ominaisuudet määritettiin. Se myös valokuvattiin sekä mikroskooppisin että makroskooppisin laitteistoin. Useimmat menetelmät on alunperin kehitetty perustutkimuksessa mm. meteoriittien ja arvokivien tutkimukseen. Samat menetelmät soveltuivat lähes sellaisenaan suurikokoisten kultahippujen tutkimukseen.

Museonhoitaja Pentti Karhunen valmistutti hipusta Hämeenlinnan Kultakeskus Oy:ssä kymmenen kullattua kuparikopiota museo- ja näyttelykäyttöön. Hipusta on aikaisemmin käytetty ainakin nimeä Pankkiiri. Tässä raportissa hipusta on käytetty nimeä Aleks löytäjensä mukaan. Tällä nimellä hippu on taltioitu myös tiedostoihin ja jäljennöksinä museokokoelmiin. Hipun nykyistä sijoituspaikkaa ei turvallisuussyistä ilmoiteta.

Aleksin hipusta ei ollut tarkkoja kuvauksia. Ainoastaan sen paino ja kultapitoisuus on aikaisemmin julkaistu (Sundell 1936). Hipun on löytänyt Aleks Kiviniemi vuonna 1910 Inarin Laanilan Hangasojalta (peruskartan lehti 3831 04).

Petrofysikaaliset ominaisuudet

Hipun massa on 385,36 g. Sen tilavuus ja tiheys määritettiin punnitsemalla hippu ilmassa ja vedessä (Arkhimedeen periaate). Tilavuudeksi saatiin 29,46 cm³ sekä tiheydeksi 13,081 g/cm³. Tiheys on selvästi pienempi kuin puhtaan metallisen kullan tiheys (19,320 g/cm³), mikä aiheutuu hipun epäpuhtauksista ja huokosrakenteista. Hipun ominaisvastus mitattiin induktiivisesti vaihtovirtamittasillalla kahta eri mittaustaajuutta (204 ja 1020 Hz) käyttäen. Ominaisvastus vaihtelee taajuudesta ja mittaussuunnasta riippuen välillä $(2 - 7) \cdot 10^{-7}$ ohmm. Tämä on selvästi suurempi kuin metallisen kullan ominaisvastus $(0,24 \cdot 10^{-7}$ ohmm), mikä johtuu hipun sisäisestä rakenteesta ja epäpuhtauksista.

Hipun hyvän sähkönjohtavuuden ja suuren koon vuoksi sen magneettista susceptibiliteettia ei voitu määrittää luotettavasti vaihtovirtamittasillalla. Kirjallisuuden perusteella metallisen kullan diamagneettinen susceptibiliteetti on $-3,52 \cdot 10^{-4}$ SI.



Kuva 1. Aleksin kultahippu (385 g, 57 x 52 x 28 mm). Kidemuotoista kullan alkuperäistä pintaa on säilynyt kolojen pohjalla. Hipun kulmat ovat taipuneet ja pyöristyneet pääasiallisesti painautumalla ja hakkautumalla. kultakappaletta kallioperässä ympäröineitä mineraaleja ei ole säilynyt hipun kokoissa. Kuva: K. A. Kinnunen.

Hipun luonnollinen jäännösmagnetoituma (NRM) mitattiin magneettisesti suojatussa tilassa fluxgate-magnetometrillä. Hipun NRM on noin 70 mA/m ja tämä heikko magnetoituma aiheutuu ferrimagneettisista epäpuhtauksista (magnetiitti, hematiitti). Hipun epäsäännöllinen muoto vaikeuttaa sen sähköisten ja magneettisten ominaisuuksien tarkkaa määrittämistä.

Makroskooppinen kuvaus

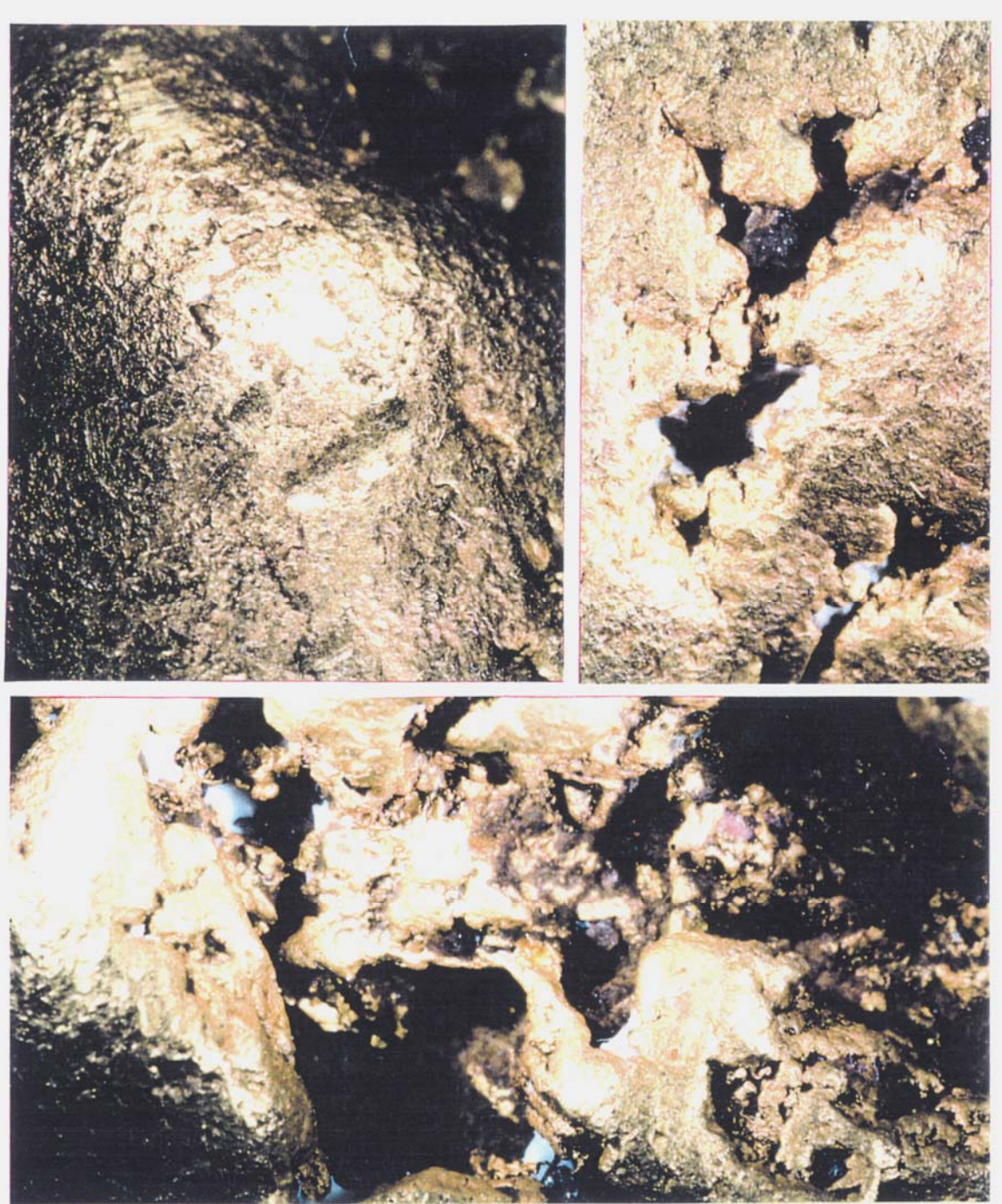
Hipun läpimitat ovat 57 x 52 x 28 mm. Powersin pyöristyneisyysasteikolla se on puolipyöristynyt (subrounded). Muodoltaan se on varsin tyypillinen Lapin isomushippu. Kulmat ja ulokkeet ovat voimakkaasti pyöristyneitä (Kuva 2) ja kolot ovat osittain täyttyneet sedimenttiaineksella.

Kolojen läpimitta vaihtelee 0,1 ja 10 mm välillä (Kuva 2). Yleisin kolojen läpimitta on 1 - 2 mm. Koloista tavattiin hiekkarakeita (raekoko 0,1 - 3 mm), jotka koostuivat kvartsista, granaatista ja rautaoksidaista (magnetiitti ja hematiitti). Lisäksi koloissa esiintyy ruskeaa, saven ja limoniittisen aineksen muodostamaa massaa. Kolot ovat usein muodoltaan säännöllisen suunnikasmaisina. Näissä kohdissa on ilmeisesti alunperin ollut helposti rapautuvia mineraaleja, kuten karbonaatteja, jotka ovat lienneet pois. Hipun jäljentämisessä eräiden kolojen pohjiin jäi myös mikroskoopilla havaittavia määriä valkoista silikonikumia ja punertavaa mikrokiteistä massaa.

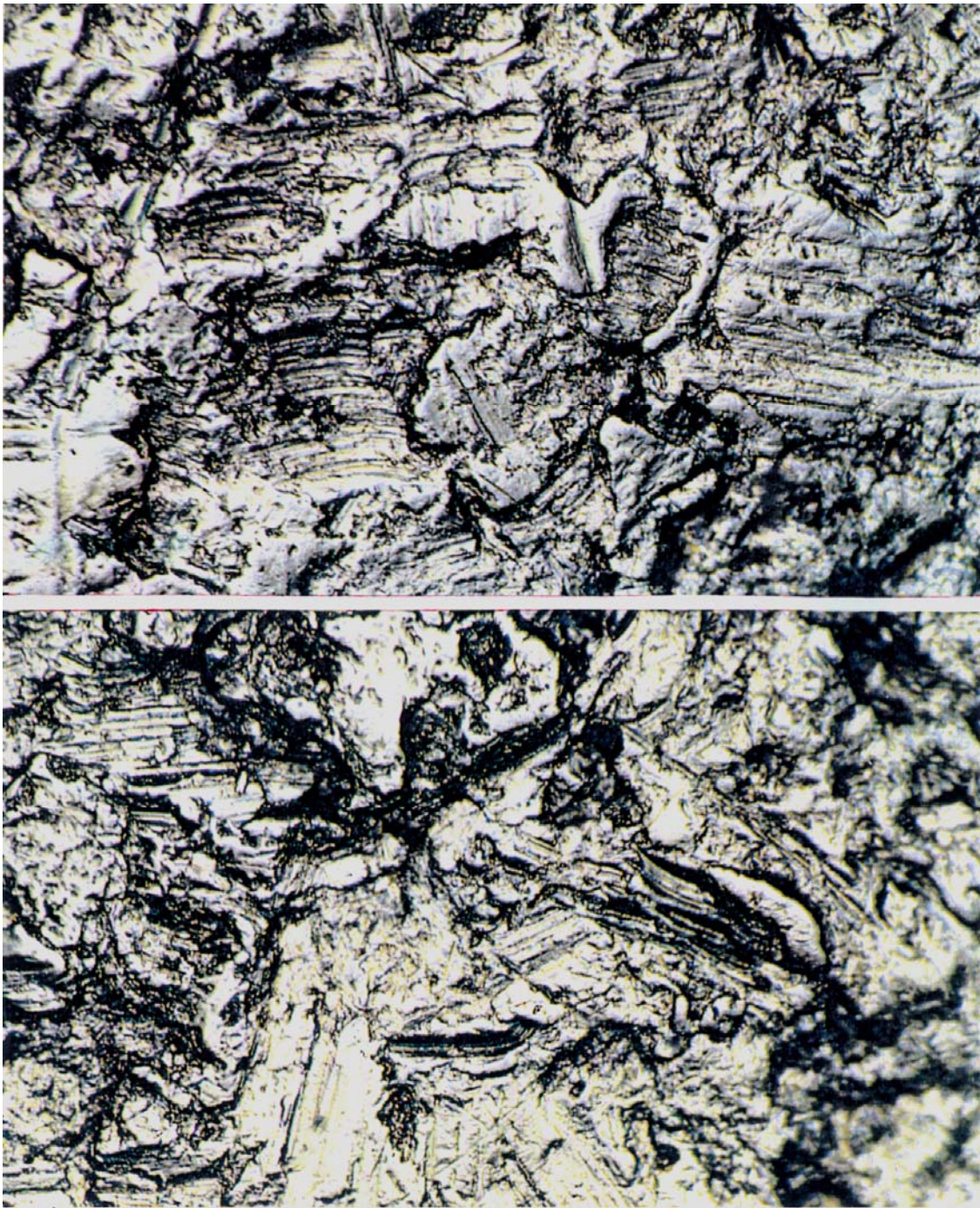
Pintarakenteet

Hipun pyöristyneissä kulmissa on runsaasti mikroskoopilla erottuvia luonnollisia kulumajälkiä (Kuva 3). Niitä tutkittiin K. Kinnusen kehittämällä muovivedosmenetelmällä, joka myöhemmin tullaan julkaisemaan yksityiskohdittain. Menetelmällä saadaan otetuksi erityiselle muovikalvolle hipun pinnasta sen "sormenjäljet", jotka voidaan tutkia mikroskoopilla ja arkistoida. Näitä sormenjälkiä on mahdoton nykyisillä menetelmillä täydelleen jäljentää, joten ne sopivat mainiosti hipun myöhempään tunnistamiseen.

Aleksin hipun pinnalle olivat luonteenomaisia mikrouurteet ja erilaiset painaumarakenteet. Ne ilmentävät pääasiallisesti moreenikuljetusta. Tyypillisin piirre on uurre-lasturakenne, joka peittää lähes koko hippua kolojen pohjia lukuunottamatta. Uurteen päähän kiinnittynyt lastu on litistynyt puserruksessa kiiltäväksi kultaläikäksi.



Kuva 2. Aleksin kultahipun pintaa luonnehtivat sen pyöristyneet kulmat ja syvät kolot, joiden pohjalla on säilynyt kidemuotoista kultaa. Koloihin on mekaanisesti tarkertunut hiekkarakeita. Alun perin kokoissa on ollut muita mineraaleja, mahdollisesti karbonaatteja, mutta niitä ei ole säilynyt. Kolojen suunnikasmainen muoto on Lapin kultahipuille tyypillinen. Suurennos kaikissa kuvissa on 8,3-kertainen. Kuva: K. A. Kinnunen.



Kuva 3. Aleksin kultahipun pyöristyneimmän yläpinnan kulumajälkiä. Mikrouurteet ja mikropainaumat ja niistä liukuneet pintaan uudelleen litsautuneet kultalastut ovat muokanneet hipun ulkokerroksen rakenteen. Pienemmissä Lapin kultahipuissa tällainen rakenne on harvinainen. Kuvien suurennos on 131-kertainen. Kuva: K. A. Kinnunen.

Päällekkäisten uurteiden verkosto peittää hipun kohoumia ja tasaisia kohtia. Hipun uloin kerros on tällä tavoin läpikotaisin muokkaantunutta. Tällaista rakennetta ei yleensä näe pienissä kultahipuissa (koko alle 5 mm). Niitä luonnehtivat mikrouurteet ja koko hipun taipumisrakenteet. Aleksin hipussa esiintyi myös erityisiä mikrokuoppien jonoja, joita ei pienemmissä hipuissa havaita.

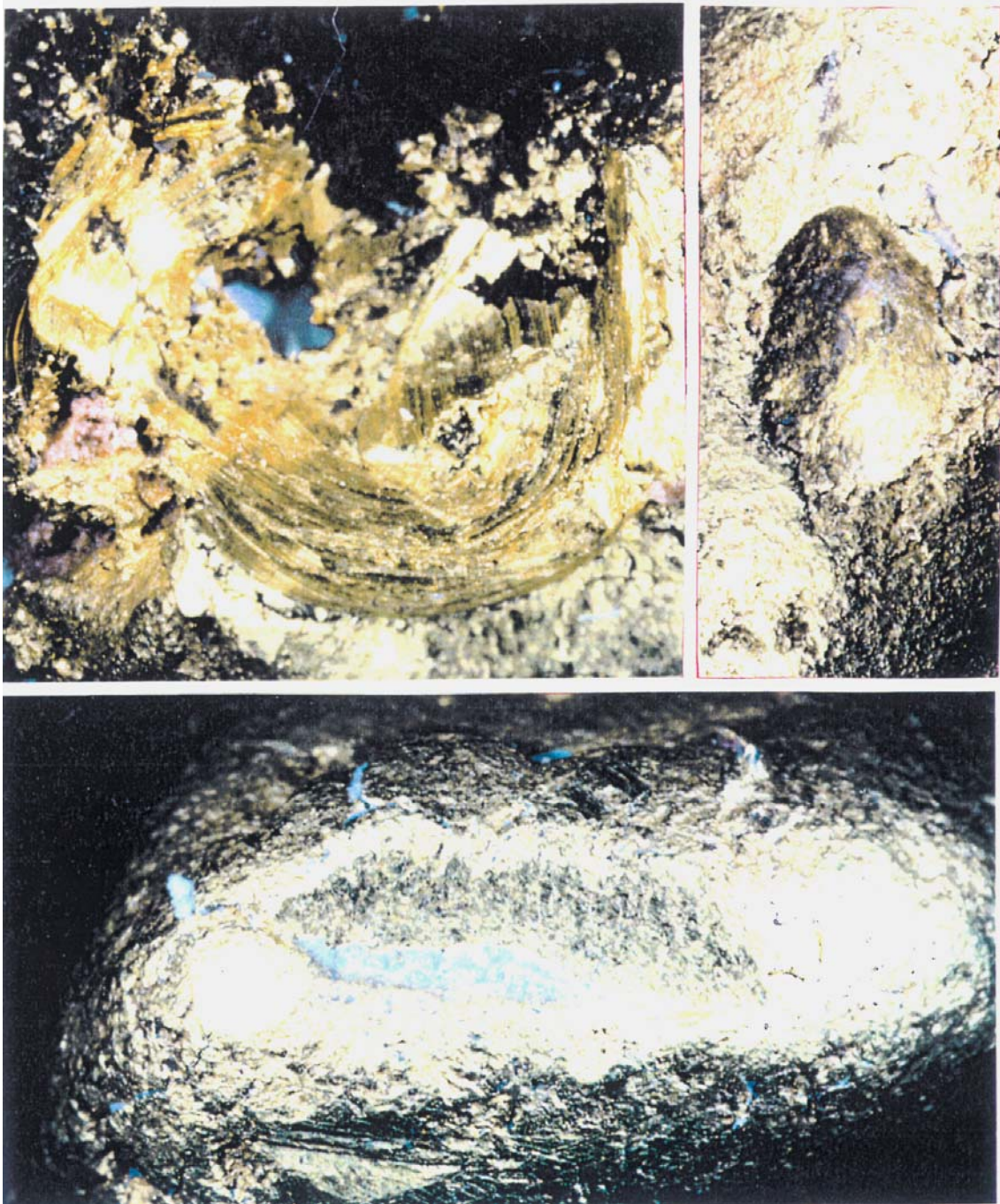
Alkuperäinen paino

Aleksin hipussa on yksi suurehko ja kaksi pienempää koloa (Kuva 4), joista ilmeisesti on otettu kultaa kemiallisia analyysejä varten. Kolot on tehty jo ennen vuotta 1936, sillä Sundellin (1936) julkaisussa mainittu paino vastaa hipun nykyistä painoa. Koloista poistetun kullan painoa arvioitiin tekemällä vahasta koloihin täyte ja mittaamalla tämän jälkeen vahan tilavuus. Poistetun kullan paino saatiin tilavuuden ja tiheyden (13,08) avulla laskemalla. Kun kolot oletettiin hipun muodon mukaisiksi nyppylöiksi saatiin poistetun kullan painoksi 6,7 g. Kun kolot oletettiin alunperin tasapohjaisiksi saatiin poistetun kullan painoksi 1,6 g. Aleksin hipun alkuperäinen paino on siis tämän mukaan ollut enintään 392 g ja vähintään 387 g.

Suurin kolo on poikkileikkaukseltaan $7,7 \times 6,9 \text{ mm}^2$ ja syvyydeltään 6 mm. Se on jonkinlaisen poran aiheuttama syvennys. Pienempi porauksen aiheuttama kolo on alaltaan $3 \times 2 \text{ mm}^2$ ja syvyydeltään noin 1 mm. Näiden lisäksi hipun yhdestä kulmasta on sahattu pieni pala, jonka mitat ovat $7 \times 2 \times 1 \text{ mm}$. Hipun pinnassa on myös muutama mahdollisesti lapion aiheuttama yhdensuuntainen naarmujoukko.

Kemiallinen koostumus

Aleksin hippu on kooltaan niin iso että se ei mahtunut mikroanalyyssiin. Koko hipun analysointi energiadiispersiivisellä laitteistolla antaisi muutenkin ainoastaan likimääräisen arvion kemiallisesta koostumuksesta. Tarkkaan mikroanalyyysiin tarvitaan näytteestä hiottua ja kiilloitettua näytettä. Tässä tapauksessa tarvittaisiin pintahiettä tai kiilloitettua ohuthiettä, mutta arvokultahippuja ei voi tällä tavoin turmella.



Kuva 4. Aleksin kultahipun pinnalla näkyviä suurehkoja kuoppia, joista jo ennen vuotta 1936 on otettu näytteitä kemiallista analyysiä varten. Kolojen läpimitat ovat 7,7 mm (viiruinen porausjälki), 3 mm (sileä pohjainen porausjälki) ja 7 mm (suora sahausjälki). Tässä raportissa esitetyt kemialliset analyysit on tehty suurimman viiruisen kuopan pohjalta irronneesta 0,6 mm pituisestä ohuesta kultalastusta. Kuva: K. A. Kinnunen.

Analyysiongelma ratkesi sattumalta. Irrotettaessa stereomikroskoopin alla hipun jäljentämisessä koloihin takertunutta silikonikumia sen mukana irtosi hipun koloista muutama mikroskooppisen pieni kultalastu. Kemiallista analyysiä varten valittiin suurimman poratun reiän pohjalta irronnut 0,6 mm pituinen ohut lastu (Kuva 4). Siitä valmistettiin pintahie, josta tehtiin tarkat kemiallisen koostumuksen määritykset mikroanalyyssatorilla. Analyysejä tehtiin yhteensä 37 kappaletta.

Tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa. Kullan, hopean ja kuparin pitoisuuksien osalta tulokset vastaavat pienikokoisista kultahipuista Ivalojoen alueelta myös Hangasojalta saatuja tuloksia (ks. Saarnisto ja Tamminen 1985). Aleksin hipun korkea vismuttipitoisuus lejeerinkimuodossa on myös odotusten mukainen, sillä pienemmistä Ivalojoen alueen hipuista on usein löydetty sulkeumina metallista vismuttia ja vismuttitellurideja (ks. Saarnisto ja Tamminen 1985).

Elektronimikroanalyyssatorilla tehtyjä analyysejä Aleksin-hipusta.

Hipusta tehtiin kaksi analyysipisteprofiilia kultalastun laidasta laitaan yhden mikrometrin kokoisella elektronisäteellä. Kullan keskimääräiseksi pitoisuudeksi saatiin 93,7 p. % ja hopealle 6,11 p. %. Kulta ja ja hopeapitoisuudet vaihtelevat seuraavasti: Au: 92,5 - 94,9 p. % ja Ag: 5,75 - 6,46 p. %. Analysoinnissa käytettiin pääasiassa puhtaita metalli-standardia. Elohopealle käytettiin standardina sinoperi (HgS) ja rikille kupariiksi.

	Au	Ag	Bi	Cu	Fe	Hg	Sb	Se	S	Summa
Profiili 1	93.8	6.37	0.49	0.05	0.00	0.06	0.00	0.05	0.02	101.09
	92.7	6.46	0.50	0.07	0.00	0.16	0.00	0.03	0.00	100.11
	93.0	6.24	0.43	0.07	0.00	0.11	0.00	0.03	0.03	100.09
	92.5	6.21	0.60	0.09	0.00	0.22	0.02	0.02	0.02	99.89
	93.5	6.27	0.41	0.06	0.00	0.06	0.01	0.02	0.00	100.49
	93.4	6.18	0.51	0.06	0.00	0.31	0.00	0.05	0.04	100.75
	93.1	6.18	0.48	0.07	0.00	0.17	0.04	0.04	0.00	100.27
	93.6	6.42	0.36	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	100.69
	94.5	6.20	0.46	0.08	0.00	0.05	0.00	0.02	0.03	101.55
	93.0	6.06	0.36	0.08	0.00	0.22	0.00	0.04	0.04	99.97
	93.4	6.21	0.43	0.05	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	100.31
	94.3	6.08	0.57	0.07	0.00	0.11	0.00	0.05	0.00	101.41
	93.5	6.13	0.49	0.08	0.00	0.15	0.00	0.04	0.00	100.57
	93.7	5.88	0.40	0.09	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	100.28
	93.7	6.16	0.53	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	100.70
	94.9	5.75	0.53	0.05	0.00	0.04	0.00	0.04	0.04	101.62
	93.5	5.97	0.44	0.06	0.00	0.17	0.00	0.06	0.02	100.44
	93.9	5.99	0.53	0.05	0.01	0.06	0.00	0.07	0.00	100.83
	94.1	6.06	0.48	0.05	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	101.02
	93.5	5.98	0.40	0.08	0.00	0.08	0.01	0.03	0.04	100.30
93.6	6.00	0.48	0.11	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	100.48	
Profiili 2	94.2	5.88	0.41	0.05	0.00	0.34	0.01	0.04	0.01	101.14
	94.0	5.88	0.43	0.06	0.00	0.01	0.00	0.04	0.02	100.61
	94.0	5.99	0.44	0.10	0.00	0.18	0.00	0.06	0.00	101.00
	94.1	5.93	0.50	0.05	0.00	0.16	0.00	0.03	0.00	100.95
	94.1	5.94	0.51	0.07	0.00	0.21	0.00	0.05	0.02	101.14
	93.4	6.04	0.46	0.09	0.00	0.11	0.00	0.05	0.03	100.35
	93.5	6.05	0.39	0.08	0.00	0.14	0.01	0.05	0.05	100.45
	93.8	6.05	0.49	0.04	0.00	0.13	0.00	0.07	0.00	100.81
	94.0	6.05	0.46	0.07	0.00	0.14	0.00	0.04	0.02	100.93
	93.4	6.09	0.45	0.04	0.00	0.20	0.00	0.04	0.00	100.39
	93.4	6.22	0.51	0.05	0.00	0.15	0.00	0.06	0.04	100.67
	93.8	6.18	0.41	0.04	0.00	0.10	0.03	0.03	0.00	100.81
	93.3	6.11	0.54	0.08	0.00	0.24	0.00	0.05	0.00	100.52
	93.4	6.40	0.41	0.07	0.00	0.14	0.00	0.04	0.01	100.65
	93.8	6.18	0.48	0.05	0.00	0.04	0.00	0.06	0.03	100.87
	94.3	6.35	0.56	0.06	0.01	0.16	0.00	0.03	0.03	101.70
	Keskiarvo analyysi:	93.7	6.11	0.47	0.07	0.00	0.12	0.00	0.04	0.02
Standardideviaatio:	0.49	0.17	0.06	0.02	0.00	0.09	0.01	0.01	0.02	

Mikroanalyytit tehty Geologian tutkimuskeskuksen mikroanalyyssatorilaboratoriossa (B. Johanson).

Yhteenveto ja johtopäätökset

Lapista löytyneitä kookkaimpia isomushippuja ei ole tieteellisen tarkasti tutkittu. Entiset tutkimusmenetelmät olivat myös näytettä tuhoavia, ja tästä syystä arvohippuja ei mielellään luovutettu tarkempaan tutkimukseen. Nykyään tilanne on toinen. Arvohippujen tieteellinen kuvaus on mahdollista tehdä näytettä tuhoamatta. Pienemmistä Ivalojoen alueen kultahipuista on lisäksi jo runsaasti tietoa saatavilla (Tamminen 1986), joten tulosten vertailu on mahdollista. Lapin irtokullan alkuperää on selvitelty lukuisissa tutkimuksissa, joista löytyy yhteenveto mm. seuraavista julkaisuista: Saarnisto ja Tamminen (1985) ja Kinnunen (1992).

Tähän mennessä GTK:ssa on päästy alustavasti tutkimaan Aleksin hipun lisäksi vain kahta muuta arvoisomusta. Ne ovat Veinin hippu (löytynyt 1992) ja Aslakin Uni (löytynyt 1993). Tulokset ovat tuoreeltaan joutuneet tiedotusvälineiden käyttöön, mikä on ollut tutkimuksen kannalta ongelmallista. Toistaiseksi arvoisomuksista ei ole löytynyt sellaisia merkittäviä piirteitä, joita ei olisi havaittu myös pienemmissä hipuissa. Hippuihin näyttäisivät siten pätevän samat johtopäätökset koosta riippumatta.

Isomushippujen mineraaliset epäpuhtaudet osoittavat, että kulta on alunperin kalliokultaa eikä supergeenista pohjavedestä saostunutta, kuten usein myös on esitetty. Lapin isomushippujen kalliolähteitä ei vielä ole löydetty. Ilmeisenä pidetään, että hiput ovat peräisin kallioperän juonimineralisaatioista, joissa kulta esiintyy tavallisesti yhdessä kvartsin ja karbonaattimineraalien kanssa. Näiden juonimineralisaatioiden uskotaan olevan epäekonomisia nykyisillä kaivostekniikoilla, jotka perustuvat pienipitoisten mutta laajojen mineralisaatioiden hyödyntämiseen. Kanadassa tällaisten yksittäisten juonien louhintaan ja rikastamiseen ovat erikoistuneet yksittäiset perheyritykset paljolti käsityönä.

Arvoisomukset pitäisi tutkia ja kuvata samalla tavalla kuin esimerkiksi kookkaat timantit. Arvokultahippujen kuvaamiseen soveltuvat parhaiten seuraavat havainnot: koko, petrofysikaaliset ominaisuudet ja valokuvauksellisesti dokumentoituna hipun muoto ja pintarakenteet. Yhdessä ne kuvaavat hipun yksikäsitteisesti. Näitä ominaisuuksia ei kyetä nykyisin menetelmin kaikkia jäljentämään.

KIRJALLISUUS

Kinnunen, K.A. (1992) Laattatektoninen malmimalli voi selittää Lapin irto-kultaesiintymien synnyn. *Geologi* 44 (7), 115-123.

Saarnisto, M. ja Tamminen (1985) Lapin Kultaprojektin Loppuraportti. Lapin Kultaprojekti, Raportti N:o 3, Oulun yliopiston geologian laitos, 88 s,

Sundell, I.G. (1936) Fineness and composition of alluvial gold from the Ivalojoeki, Finnish Lapland. *C.R. Soc. Geol. Finlande*, vol. 9, 155-160.

Tamminen, E. (1986) Ivalojoen alueen kultahippujen kemiallinen koostumus, mineralogia ja geologinen tausta. Pro gradu-tutkielma, Oulun yliopisto, Geologian laitos, 84 s.