

# **Tutkimustyöselostus Kittilän kunnassa valtausalueilla Lauttaselkä 1-3 (8411/1, 8466/1 ja 8570/1) suoritetuista malmitutkimuksista vuosina 2006-2010**

**Tuomo Karinen, Veikko Keinänen, Pertti Sarala, Helena Hulkki,  
Eero Sandgren ja Vesa Nykänen**



**GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS • GEOLOGISKA FORSKNINGSCENTRALEN • GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND**

PL / PB / P.O. Box 96  
FI-02151 Espoo, Finland  
Tel. +358 20 550 11  
Fax +358 20 550 12

PL / PB / P.O. Box 1237  
FI-70211 Kuopio, Finland  
Tel. +358 20 550 11  
Fax +358 20 550 13

PL / PB / P.O. Box 97  
FI-67101 Kokkola, Finland  
Tel. +358 20 550 11  
Fax +358 20 550 5209

PL / PB / P.O. Box 77  
FI-96101 Rovaniemi, Finland  
Tel. +358 20 550 11  
Fax +358 20 550 14

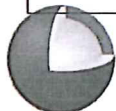
Y-tunnus / FO-nummer / Business ID: 0244680-7 • [www.gtk.fi](http://www.gtk.fi)

**GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS**

**KUVAILULEHTI**

Päivämäärä / Dnro  
31.12.2011

Tekijät Karinen, T., Keinänen, V., Sarala, P., Hulkki, H., Sandgren, E. & Nykänen, V.		Raportin laji Valtausraportti	
		Toimeksiantaja Geologian tutkimuskeskus	
Raportin nimi Tutkimustyöselostus Kittilän kunnassa valtausalueilla Lauttaselkä-1-3 (8411/1, 8466/1, 8570/1) suoritetuista malmi- tutkimuksista vuosina 2006-2010.			
Tiivistelmä Geologian tutkimuskeskus (GTK) on tutkinut Lauttaselän aluetta vuosina 2006-2010. Tutkimukset on toteutettu GTK:n tutkimushankkeiden 2108002, 2901005, 2141006 ja 2551009 alla. Lauttaselkä sijaitsee Kittilän kunnassa, noin 50 km kirkonkylältä koilliseen ja noin 15 km itäkoilliseen Agnico Eagle- yhtiön omistamalta Kittilän kultakaivokselta. Tutkimusalue kuuluu geologisesti paleoproterotsooiseen Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeeseen. Lauttaselän kallioperä edustaa laajaa leikkausta Keski-Lapin vulkaniittialueen stratigrafi- asta. Alueen itäosissa esiintyy vanhimpaan Sallan ryhmään (2,5- 2,4 Ga) kuuluvia happamia-intermediaarisia vul- kaniitteja ja länsiosassa puolestaan noin 2,0 Ga:n ikäisiä Kittilän ryhmän vulkaniitteja sekä mahdollisesti ofioliitti- kompleksiin kuuluvia serpentiniittejä. Topografiassa korkeimmalla sijaitsevat siirrosten ja kertaautuvien poimutusten johdosta Sodankylän ryhmään (< 2,2 Ga) kuuluvat kiilleliuskeet, jota reunustavat molemmiin puolin Savukosken ryhmän (<2,05 Ga) grafiittiliuskeet. Lauttaselän alue valittiin tutkimuskohteeksi, koska se oli todettu kultamalmien kannalta potentiaalseksi aiemmin suoritettujen prospektiivisuusmallinnusten perusteella. Tutkimukset käsittivät geofysikaalisia, maaperägeologisia, geokemiallisia ja kallioperätutkimuksia. Syväkairauksia tehtiin kolmessa vaiheessa vuosina 2008, 2009 ja 2010 yh- teensä 4422,50m. Tutkimusten tuloksena Lauttaselän tutkimusalueelta löydettiin kultaa(0,4- 5,2ppm) joistakin kvartsijuonista ja kapeis- ta ruhjeista Sunnuntailaen länsirinteestä ja Visalauttasen yhdestä kairareijästä. Sunnuntailaessa kullan seuralaisalku- aineina esiintyvät Te ja Bi. Tämä kolmen alkuaineen yhdistymä havaittiin jo moreenin hienoainesanalyyseissä ja sama tulos saatiin kairauksilla.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Lauttaselkä, geokemia, geofysiikka, kairaus, kulta, arseeni, vismutti			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Lapin lääni, Kittilä, Lauttaselkä, Visa-Lauttanen			
Karttalehdet 3721 09 (KKJ), V4313 (UTM)			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi Valtausraportti M06		Arkistotunnus 26/2011	
Kokonaissivumäärä 52	Kieli Suomi	Hinta	Julkisuus
Yksikkö ja vastuualue Pohjois-Suomen aluetoimisto, 501		Hanketunnus 2551011	
Allekirjoitus/nimen selvennys Veikko Keinänen, geologi Pertti Sarala, erikoistutkija		Allekirjoitus/nimen selvennys Eero Sandgren, geofyysikko Tuomo Karinen, geologi	



**GTK**

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS • GEOLOGISKA FORSKNINGSCENTRALEN • GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

Date/ Rec.no.

31.12.2011

Tekijät Karinen, T., Keinänen, V., Sarala, P., Hulkki, H., Sandgren, E. & Nykänen, V.		Type of report Valtauseraportti	
		Commissioned by Geological Survey of Finland (GTK)	
Title of report Tutkimustyöselostus Kittilän kunnassa valtausalueilla Lauttasekä1-3 (8411/1, 8466/1, 8570/1) suoritetuista malmitutkimuksista vuosina 2006-2010			
Abstract Geological Survey of Finland (GTK) conducted mineral exploration on the Lauttasekä area during 2006-2010. Geographically the target area is located about 50 km NE of the center of the municipality of Kittilä and 15 km ENE from the Kittilä Gold Mine. The study area is situated within the Paleoproterozoic Central Lapland Greenstone Belt.  Lauttasekä area covers most of the stratigraphy of the Central Lapland Greenstone Belt. The eastern part of the area is comprised of felsic-intermediate volcanic rocks of Salla group (2.5-2.4 Ga). The western part of the area is dominantly covered by mafic volcanic rocks of the Kittilä group (2.0 Ga) and by serpentinites of possible ophiolite complex origin. Mica schists of the Sodankylä group (<2.2 Ga) are located at topographically highest elevation due to faulting and repeated folding. These formations are surrounded by graphitic schists of the Savukoski group (<2.05 Ga).  Lauttasekä was selected as an exploration target based on previous regional scale prospectivity mapping. Geophysical surveys and geochemical sampling of the Quaternary geological deposits and bedrock outcrops were conducted during the exploration campaign. Diamond drilling of 4422,50 meters was carried out in three phases during 2008, 2009 and 2010.  Anomalous gold values (0,4- 5,2 ppm) were detected on drill core samples from veins and narrow shear zones within western slopes of Sunnuntailaki hill and on one drilling site at Visalauttanen. The pathfinder elements of gold were tellurium and bismuth. This three-element combination was also noticed on till geochemistry as well.			
Keywords Lauttasekä, geochemistry, geophysics, drilling, gold, arsenic, bismuth			
Geographical area Suomi, Lapin lääni, Kittilä, Lauttasekä, Visa-Lauttanen			
3721 09 (KKJ), V4313 (UTM)			
Other information			
Report serial Claim report M06		Arkistotunnus 26/2011	
Total pages 52	Language Finnish	Price	Confidentiality
Unit and section Northern Finland Office, Bedrock and Raw Materials		Project code 2551011	
Signature/name Veikko Keinänen, Geologist Pertti Sarala, Senior Scientist		Signature/name Eero Sandgren, Geophysist Tuomo Karinen, Geologist	

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
1.1	Tutkimuksen tausta ja vastuuhenkilöt	1
1.2	Tutkimusalueen sijainti	3
1.3	Aikaisemmat tutkimukset	3
<b>2</b>	<b>TUTKIMUSALUEEN GEOLOGIA</b>	<b>3</b>
2.1	Maaperä	3
2.2	Kallioperä	5
<b>3</b>	<b>SUORITETUT TUTKIMUKSET</b>	<b>7</b>
3.1	Geofysikaaliset tutkimukset	7
3.2	Kairaukset ja kallioperäkartoitus	7
3.2	Heikkouuttonäytteenotto	10
3.3	Tutkimuskaivannot	11
3.4	Geokemiallinen verkkonäytteenotto	12
<b>4</b>	<b>TUTKIMUSTEN TULOKSET</b>	<b>13</b>
4.1	Geofysikaaliset tutkimukset	13
4.2	Kallioperägeologiset tutkimukset	17
4.2.1	Lauttaselän alueen kivilajien korrelointi Keski-Lapin vulkaniittialueen stratigrafiaan	17
4.2.2	Lauttaselän alueen rakenteesta	23
4.3	Syväkairaus	24
4.4	Maaperägeologiset tutkimukset	27
4.5	Tutkimuskaivannot	27
4.6	Geokemiallinen verkkonäytteenotto	40
<b>5</b>	<b>AIHEEN ARVIOINTI</b>	<b>50</b>
5.1	Pohdintaa Lauttaselän alueen tektoniikasta	50
<b>6</b>	<b>TUTKIMUSAINESTON SÄILYTYS JA AINEISTOTALLENNE</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>KIRJALLISUUS</b>	<b>51</b>

## **LIITTEET**



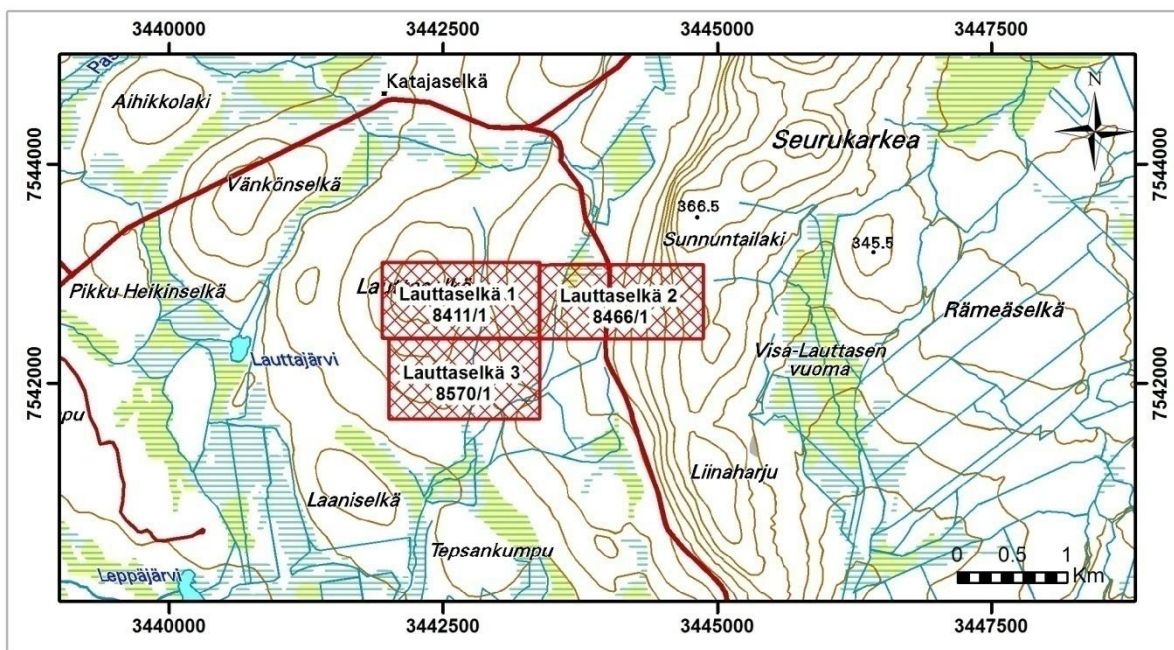
# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta ja vastuuhenkilöt

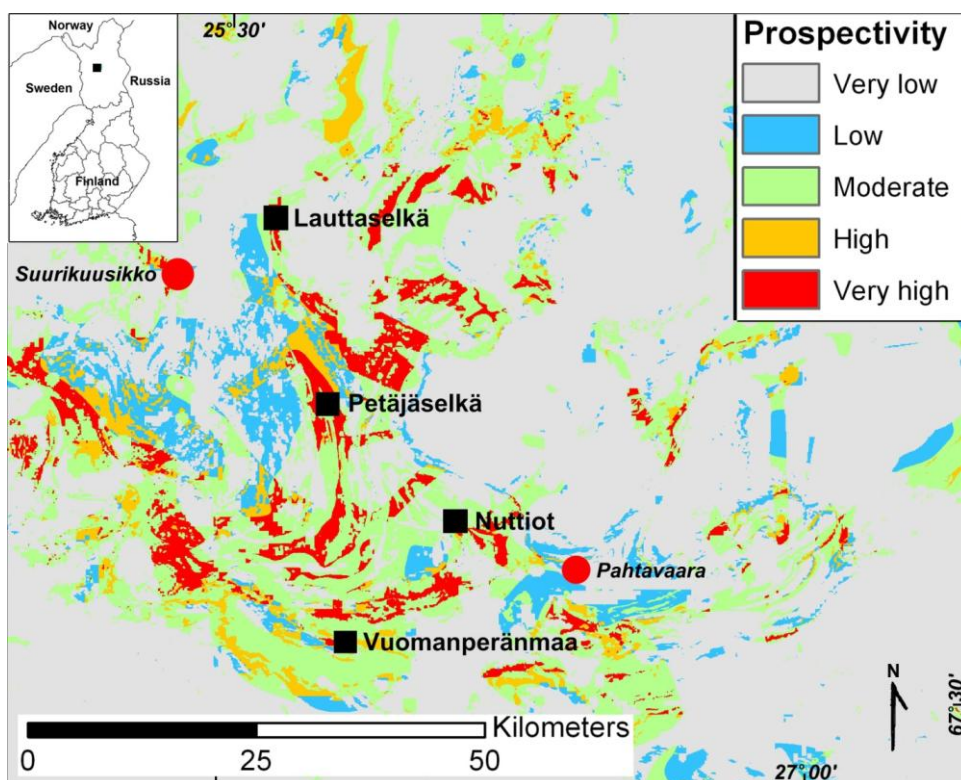
Tässä raportissa kuvataan GTK:n tutkimukset ja niiden tulokset valtausalueilla Lauttaselkä 1-3 (kaivosrekisterinumerot 8411/1, 8466/1, 8570/1) sekä niiden välittömässä läheisyydessä (Kuva 1 ja Taulukko 1).

Lauttaselän alue valittiin kultatutkimuskohteeksi, koska se oli todettu kultamalmien kannalta potentiaalisesti aiemmin suoritettujen prospektiivisuusmallinnusten perusteella. Nämä mallinnustulokset on julkaistu aluevalinnan jälkeen (Nykänen ja Salmirinne 2007; Sarala et al. 2007a, b; Nykänen et al. 2008). Valintakriteerinä pidettiin myös vähintään 5 km etäisyyttä sen hetkisistä valtauksista. Edellä mainituissa prospektiivisuusmallinnuksissa kävi ilmi, että Lauttaselän alueella toteutuvat lähes kaikki mallinnuksessa käytetyt kriteerit eli mm. voimakas painovoimagradietti, johteet, magneettiset minimi, ja suotuisat alueellisen moreenigeokemian anomaliat, joilla esiintyy kohonneita pitoisuuksia mm. kullalla, kuparilla ja telluurilla (kuva 2).

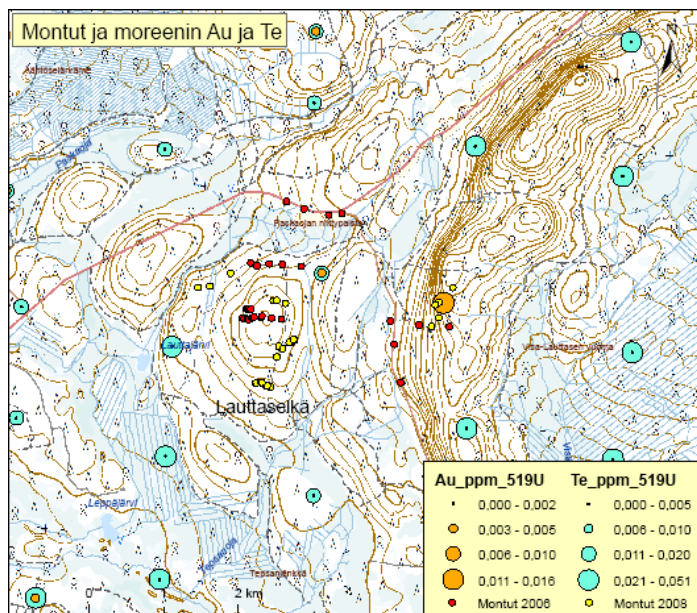
Prospektiivisuusmallinnusten tulosten perusteella Pohjois-Suomen kultavarojen kartoitus -hanke (2108002, myöhemmin 2901005) aloitti alueen malmipotentialin selvittelytyöt kesäkuussa vuonna 2006 (Sarapää et al. 2008).



**Kuva 1.** Lauttaselän alueen valtausten sijainti. Pohjakartat: © Maanmittauslaitos, lupanro 13/MML/11. Locations of the GTK's claims in the Lauttaselkä area. Map of the Lauttaselkä area showing the location of claims. Basemaps: © National Land Survey of Finland, license no. 13/MML/11.



**Kuva 2.** Kullan prospektiivisuus Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä (Sarala et al. 2007a). The prospectivity of gold in Central Lapland greenstone belt.



**Kuva 3.** Alueellisen moreenigeokemian (< 0,06 mm) kulta- ja telluuripitoisuudet Lauttaselän tutkimusalueella ja sen ympäristössä. Kartalla on esitetty myös vuosien 2006 ja 2008 tutkimuskaivantojen sijainti. Pohjakartat: © Maanmittauslaitos, lupanro 13/MML/11 Distribution of gold and tellurium in regional till geochemistry in the Lauttaselkä target and in the surrounding area. The location of the test pits is also seen in the map. Basemaps: © National Land Survey of Finland, license no. 13/MML/11.

Tutkimusta jatkettiin vuonna 2009 Keski-Lapin kallioperän ja malmipotentialin 3D-mallinnus -hankkeessa (2141006) ja vuonna 2010 Pohjois-Suomen kultahankkeessa (2551009). Raportointi on tehty vuonna 2011 Pohjois-Suomen mineraalipotentialin arvionti -hankkeessa (2551011). GTK:n hankkeiden 2108002 ja 2901005 tutkimustuloksia on hyödynnetty tässä raportissa.

Tutkimustyön suunnittelusta, kenttätöistä ja raportin toteutumisesta ovat vastanneet geologi Veikko Keinänen vuosina 2006-2008 ja vuosina 2009-2010 geologit Tuomo Karinen ja Veikko Keinänen. Tutkimusavustaja Reijo Puljujärvi on ollut tutkimuksissa mukana koko ajan hoitaen tutkimuskaivantojen tekoa, näytteenottoa sekä hoitaen ajoittain kairausten valvontaa. Geofyysikan mittausten suunnittelusta ja tulkinnasta ovat vastanneet geofyysikot Ilkka Lahti ja Eero Sandgren. Maaperätutkimukset on tehty erikoistutkija Pertti Saralan johdolla ja näihin tutkimuksiin ovat osallistuneet myös geologi Anne Peltoniemi-Taivalkoski sekä tutkimusavustajat Jorma Valkama ja Reijo Puljujärvi. Tutkimusavustaja Ilkka Keskitalo hoiti lupa-asiat.

**Taulukko 1.** *Lauttaselän alueella sijaitsevien GTK:n valtauksien tiedot. Details of the GTK's claims in the Lauttaselkä area.*

Valtauksen nimi	Kaivos-Rekisterinumero	Karttalehti KKJ/UTM	Pinta-ala	Rekisteröity	Tilanne
Lauttaselkä 1	8411/1	3721 09/ V431	100	18.2.2009	Luovuttu 18.1.2010
Lauttaselkä 2	8466/1	3721 09/ V431	100	9.2.2009	Luovuttu 18.1.2010
Lauttaselkä 3	8570/1	3721 09/ V431	100	20.7.2009	Luovuttu 5.1.2011

## 1.2 Tutkimusalueen sijainti

Tutkimusalue sijaitsee Kittilän kunnan itäosissa Kittilän kirkonkylältä noin 50 kilometriä koilliseen ja noin 15 kilometriä itäkoilliseen Kittilän kultakaivokselta. Alue sijaitsee UTM-karttalehdellä V431 (KKJ-peruskarttalehdillä 3721 07 ja 3721 08). Sinne pääsee Kittilän kirkonkylästä Sodankylän tietä 7 km Sodankylän suuntaan, josta käännetään vasemmalle Kiistalan tielle ja jatketaan eteenpäin noin 55 km Katajaselkään. Puolitoista kilometriä Katajaselän kämpän kohdalta eteenpäin käännetään oikealle ja jatketaan metsäautotietä kohti etelää noin 2 km, jolloin ollaan valtausalueilla. Lauttaselän alueella on maastoajoneuvokelpoinen metsätieverkosto.

## 1.3 Aikaisemmat tutkimukset

Lauttaselkä kuului Oulun yliopiston geologian laitoksen Kuhmon ja Kittilän malmiprojektin vuosina 1977-1981 kartoittamaan alueeseen (Paakkola et al. 1981). Kartoitusten pohjalta Kallio, Kärkkäinen ja Sarapää tekivät pro gradu-tutkielmansa vuonna 1980. Vuosina 1984-1989 Lauttaselän alue kuului GTK:n Lapin vulkaniittiprojektin tutkimusalueeseen (Lehtonen et al, 1989).

# 2 TUTKIMUSALUEEN GEOLOGIA

## 2.1 Maaperä

Lauttaselän tutkimusalueen maaperä koostuu suurelta osin kallion topografiaa noudattelevasta moreenipeitteestä, jonka paksuus on mäkien laella ja rinteissä 1-2 m ja painanteissa huomatta-



vasti paksumpi (5-10 m). Maanpinta on loivasti kumpuilevaa kuivaa tai paikoin tuoretta mäntyvaltaista kangasmetsää (Kuva 4), jossa puustoa on harvassa tai kohtalaisesti. Moreenin peittävyys on suuri ja vain joitain kalliopaljastumia esiintyy lähinnä korkeimmilla topografia-alueilla Seurukarkean ja Sunnuntailaen alueilla. Laaksoissa pintamaana esiintyvän turpeen paksuus on yleensä muutamia kymmeniä senttimetrejä, mutta alavimmilla paikoilla jopa metrejä. Aivan lounaisimmassa osassa esiintyy myös jonkin verran jäätikön sulamisvesien kerrostamia lajittuneita hiekkoja, mutta malminetsinnän kannalta niillä ei ole tutkimusalueella merkitystä.



**Kuva 4.** Maisemakuva Lauttaselästä, jossa näkyy alueen loivapiirteistä kangasmaastoa ja harvaa mäntikköä. Kuva P. Sarala. Gently undulating pine-forested ground at Lauttaselkä. Photo P. Sarala.

Laajemmin tarkasteltuna Lauttaselän tutkimusalue sijoittuu viimeisimmälle jäänjakajavyöhykkeelle, joka on sijainnut Keski-Lapin päällä itä-länsisuuntaisesti. Viimeisimmän jäätiköitymisvaiheen eli Myöhäis-Veikselin aikana jäätikön pohjaan kohdistama eroosio on ollut vähäistä ja viimeisin kuljetus on ollut yleensä lyhyt (Sarala ja Ojala 2008). Liikesuunta on ollut yleisesti ottaen lännestä itään, mutta paikallista vaihtelua on ollut runsaasti johtuen kallioperän topografiasta ohjauksesta deglasiaatiovaiheen lopussa ja toisaalta jäätikön reunan jakautumisesta pienempiin, oman suuntauksen omaaviin kielekkeisiin. Jäänjakajavyöhykkeestä pohjoiseen jäätikön liikesuunta on kääntynyt lounaasta koilliseen ja puolesta etelään mentäessä luode-kaakko-suuntaiseksi. Alueen moreeneissa on yleensä runsaasti savipitoista rapakallioainesta mukana, koska Keski-Lapin alueella tavataan laajasti preglasiaalisia rapautumia kallion pintaosassa.



## 2.2 Kallioperä

Keski-Lapin vihreäkivivyöhyke (Kuva 5) koostuu Paleoproterotsooisista (2.5–1.97 Ga) pintasyntyisistä liuskeista, jotka ovat kerrostuneet Arkeeisen (>2.5 Ga) graniittigneisseistä ja liuskeista koostuvan pohjakompleksin päälle. Sallan ryhmä on pintasyntyisten kivilajien stratigrafiassa alin, pohjakompleksin päälle kerrostunut ryhmä, jonka muodostumat koostuvat happamista-intermediäärisistä vulkaniiteista. Stratigrafiassa Sallan ryhmän päällä on Kuusamon ryhmä (entinen Onkamon ryhmä), jonka kivilajit ovat yleensä mafisia andesiittisiä laavoja. Näiden kahden pääasiassa vulkaniiteista koostuvan alimman ryhmän päälle on kerrostunut sedimenttien (kvartsiitteja, kiilleliuskeita ja karbonaattisia kiviä) luonnehtima Sodankylän ryhmä. Stratigrafiassa seuraava ryhmä on Savukosken ryhmä, jonka alimmat muodostumat koostuvat hienorakeisista ja usein grafiittipitoisista sedimenttikivistä (fylliittejä, mustaliuskeita) sekä mafisista tuffeista. Savukosken ryhmän stratigrafisesti ylimmät muodostumat ovat ultramafisia, komatiittisia vulkaniitteja. Kittilän ryhmä on Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeen pinta-alassa eräs suurimmista vulkaniitteja käsittävä ryhmä. Siihen kuuluu myös useita sedimentogeenisiä muodostumia (Porkosen ja Pyhäjärven muodostumat). Nuorimpana litostratigrafisena yksikkönä Keski-Lapin alueella on Lainio- ja Kumpu-ryhmän klastiset sedimenttikivet (arkooseja, kvartsiitteja, konglomeraatteja ja silttikiviä). (Lehtonen ym. 1998; Hanski & Huhma 2005). Taulukkoon 2 on koottu vihreäkivivyöhykkeen litostratigrafisten ryhmien pääpiirteet ja iät.

Nykykäsityksen mukaan Kittilän ryhmä on itäosastaan autoktoninen-parautoktoninen, sillä se on ilmeisesti huomattavasti ylityöntynyt vanhempien ryhmien päälle itäänpäin. Tähän viittaava piirre on Kittilän ryhmän alueelta havaitut serpentiniittiset ”intruusiot”, joiden koostumus vastaa ylämanttelin harzburgiittista osaa, minkä perusteella ne mahdollisesti edustavat ofioliittia. Myös serpentiniittien sijoittuminen tukee hypoteesia ofioliitista, sillä ne muodostavat nauhamaisia jaksoja, joiden kontaktit sivukiviin ovat usein voimakkaasti tektonisoituneita. (Hanski 1997; Lehtonen ym. 1998; Hanski & Huhma 2005).

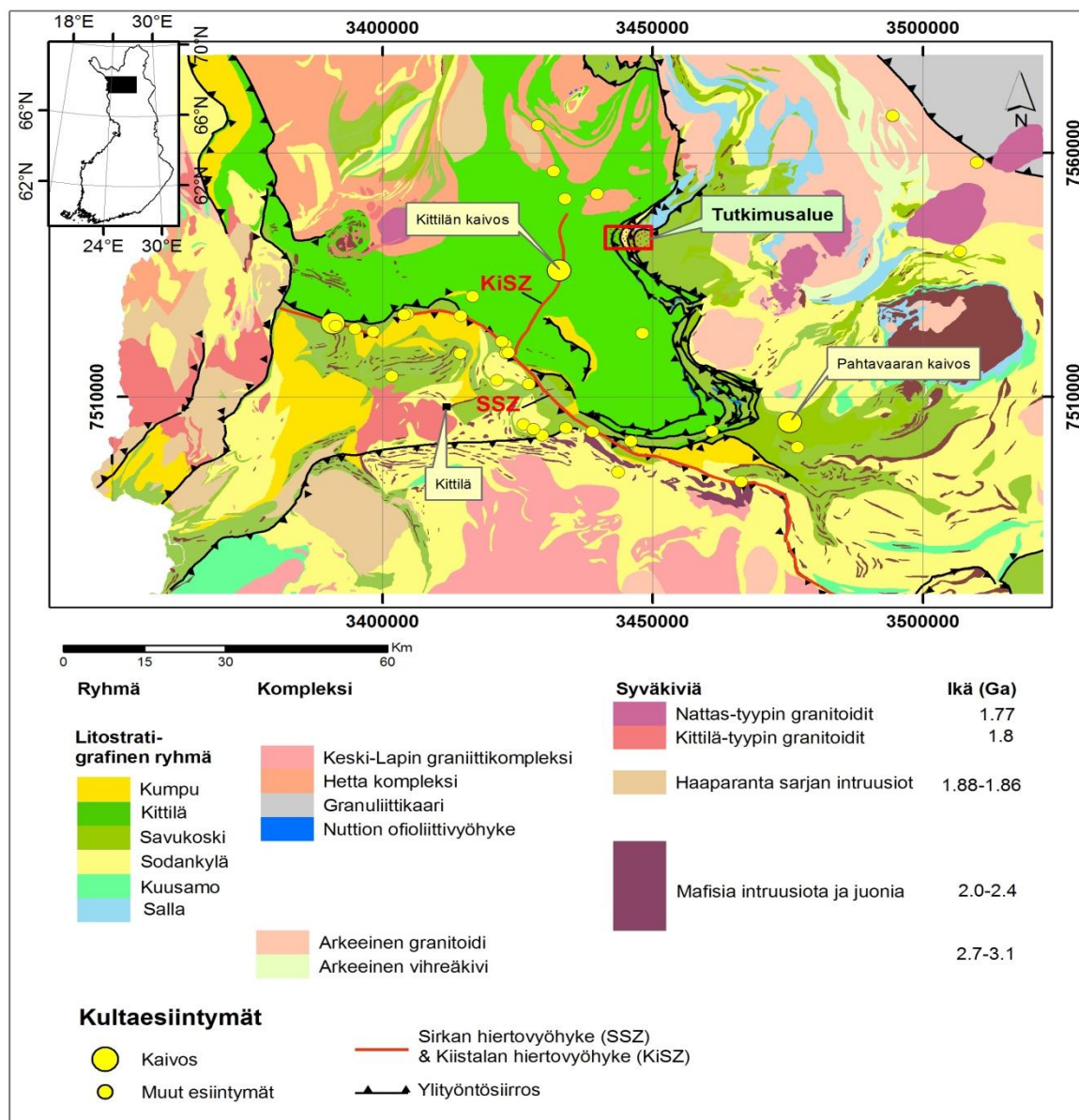
**Taulukko 2.** Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeen litostratigrafia Lehtosen ym. (1998) sekä Hanskin ja Huhman (2005) mukaan. Lithostratigraphic division of the Central Lapland Greenstone Belt according to Lehtonen et al. 1998 and Hanski & Huhma 2005.

Ryhmä	Litologia	Ikä
Kumpu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kvartsiitti, silttikivi, konglomeraatti</li> </ul>	< 1.88 Ga
Lainio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kvartsiitti, konglomeraatti, kiilleliuske, silttikivi</li> <li>Happamia-intermediäärisiä vulkaniitteja</li> </ul>	< 1.88 Ga
Kittilä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kiilleliuske, grauvakka</li> <li>Emäksinen vulkaniitti (Mg-tholeiittinen basaltti),</li> <li>Rautamuodostuman kivilajeja: BIF, grafiittituffiitteja, grafiitti-karbonaattiliuskeita, kemiallisia sedimenttejä</li> <li>Emäksinen vulkaniitti (Fe-tholeiittinen basaltti),</li> </ul>	~2.0 Ga
Savukoski	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grafiittiliuske, fylliitti, kiilleliuske, tuffiitti,</li> <li>Emäksinen-ultraemäksinen vulkaniitti</li> </ul>	< 2.05 Ga
Sodankylä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kvartsiitti, kiilleliuske, kiilleigneissi</li> </ul>	< 2.2 Ga
Kuusamo*	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emäksisiä (tholeiittisia ja kalkki-alkalisia basaltteja, basalttisia andesiitteja ja andesiitteja) ja ultraemäksisiä vulkaniitteja (komatiittisia basaltteja)</li> </ul>	2.40 Ga
Salla	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intermediäärisiä-happamia vulkaniitteja (ryoliitteja, ryodasiitteja, dasiitteja)</li> </ul>	2.5-2.40 Ga

\*Onkamon ryhmä Lehtosen ym. (1998) sekä Hanskin ja Huhman (2005) mukaan. Nimi vaihdettu Suomen 1:200K digitaaliseen kallioperäkartaan vuonna 2009.







**Kuva 5.** Lauttaselän tutkimusalueen sijoittuminen Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä. Location of the Lauttaselkä area in the Central Lapland Greenstone Belt.

Lauttaselän tutkimusalueen sijoittuminen Keski-Lapin alueen geologisella kartalla on esitetty kuvassa 5. Alue edustaa laajaa leikkausta Keski-Lapin vulkaniittialueen stratigrafiasta. Jo Lapin vulkaniittiprojektin (LVP) tutkimusten perusteella tiedetään, että Lauttaselän alueen itäosassa on paljastuneena Sallan ryhmään kuuluvia happamia-intermediäärisiä vulkaniitteja sekä Savukosken ryhmän emäksisiä-ultraemäksisiä vulkaniitteja sekä grafiittiliuskeita ja fyliittejä. Alueen keskellä sijaitsevat kiilleliuskeet on liitetty Sodankylän ryhmään ja länsiosassa sijaitsevat kivilajit on käsitetty edustavan Kittilän ryhmän muodostumia. Länsiosasta tunnetaan myös samanlaisia



mahdollisesti ofioliittikompleksiin kuuluvia serpentiniittejä kuin Nuttion ja Tarpomapään alueelta (Lehtonen ym. 1998).

### 3 SUORITETUT TUTKIMUKSET

#### 3.1 Geofysikaaliset tutkimukset

Kuvassa 6 on nähtävissä geofysiikan mittausten sijainti. Tutkimusalueella tehtiin geofysiikan mittausta, magneettista ja sähkömagneettista VLF-R -mittausta, viiden vuoden aikana. Kaikista maastotöistä kertyi yhteensä 14,85 km<sup>2</sup>:n systemaattinen mittausalue (Taulukko 3).

**Taulukko 3.** *Lauttaselän alueella suoritettujen systemaattisten geofysikaalisten, magneettinen ja VLF-R, mittausten tiedot. Geophysical ground measurements, magnetic and VLF-R in Lauttaselkä.*

Vuosi	Menetelmä	Linjakilometrit
2007	Magneettinen	11.4
	VLF-R	11.4
2008	Magneettinen	8.6
	VLF-R	8.6
2009	Magneettinen	150.2
	VLF-R	42.2
2010	Magneettinen	81.2
	VLF-R	69.2
2011	Magneettinen	62.5
	VLF-R	24.9

Lisäksi vuonna 2008 alueella tehtiin kahdella linjalla painovoimamittausta yhteensä 17.0 lkm; linjat ulottuvat systemaattisen mittausalueen ulkopuolelle sekä idässä että lännessä. Vuonna 2009 suoritettiin systemaattista IP -mittausta tutkimuskohteen länsiosassa 75 lkm dipoli-dipoli –elektrodijärjestelmällä; n:n arvolla 3 ja a:n arvolla 20 m. Magneettista mittausta tehtiin 10 m:n pistevälillä ja 50 m:n linjavälillä; VLF-R- ja IP -mittausta puolestaan 20 m:n pistevälillä ja 100 m:n linjavälillä. VLF-R -mittauksessa käytettiin asemaa DHO38, jonka taajuus on 23.4 kHz.

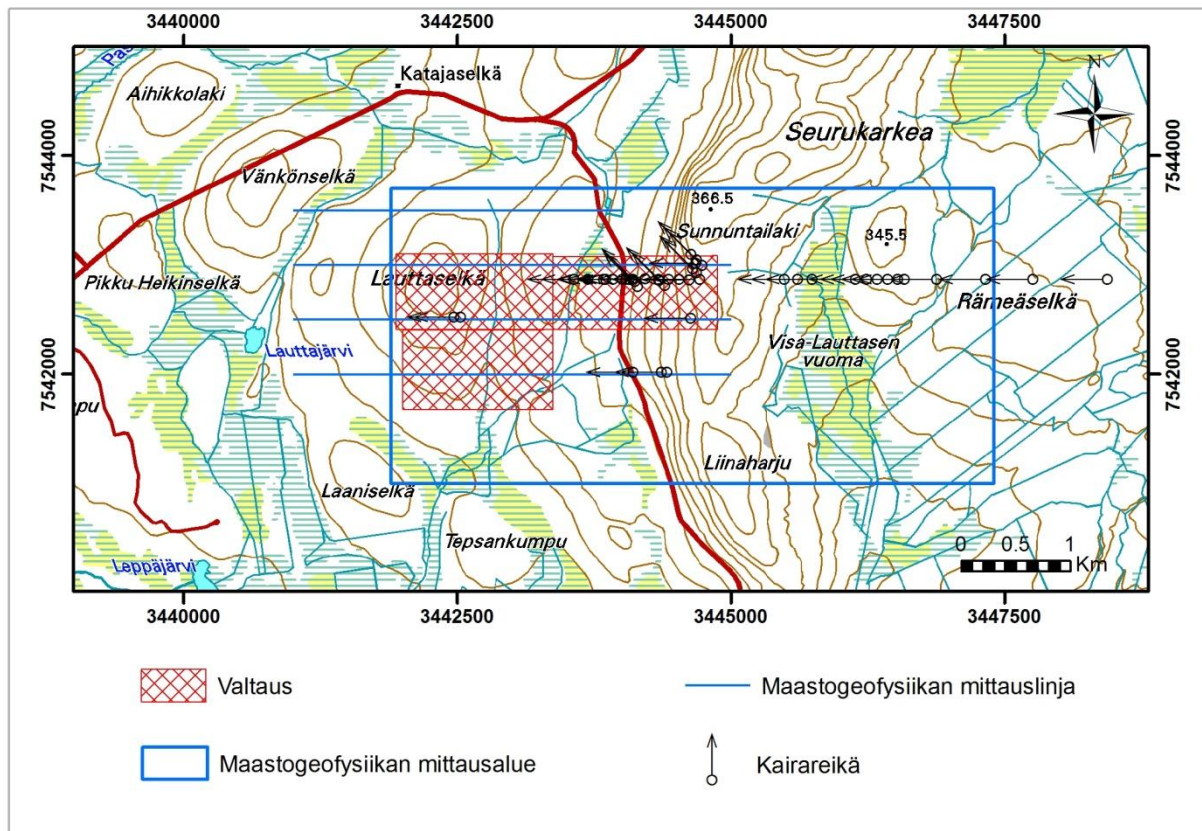
#### 3.2 Kairaukset ja kallioperäkartoitus

Lauttaselän alueella suoritettiin syväkairautta ja kallioperäkartoitusta. Syväkairauspisteiden sijainti esitetään kuvassa 6 ja kairauksiin liittyvät tiedot on koottu taulukoihin 4 ja 5.

Kairasydämistä sekä kallioperäkartoituksen yhteydessä kerättyjä näytteitä analysoitiin kemiallisesti. Kairasydännäytteet halkaistiin timanttisahalla ja toinen puoli sydäimestä jätettiin kairasydänlaatikkoon arkistoitavaksi. Analysoitavat näytteet toimitettiin Labtium Oy:n laboratorioon, jossa ne kuivattiin, murskattiin leukamurskaimella ja jauhettiin hienoksi rengasmyllyllä hiiliteräksisessä astiassa (menetelmät 10, 31 ja 40). Näytteiden petrologista identifiointia varten niiden pää- ja hivenalkuaineiden pitoisuudet määritettiin käyttäen XRF- ja ICP-MS-menetelmiä (175X ja 308M). Näistä näytteistä määritettiin myös hiilen pitoisuus hiilianalysaattorilla (811L). Näytekohtaiset monialkuainemääritykset tehtiin 90 °C kuningasveteen liuotetusta 0.15 g jauhemateriaalista ICP-AES- ja ICP-MS-menetelmillä (511PM). Jalometallien Au, Pd ja Pt pitoisuus määritettiin 25 g jauhemateriaalista käyttäen Fire-assay rikastusta ja analysointiin ICP-AES tek-



niikkaa (704P). Petrologisia analyysejä (175X, 308M, 811L) tehtiin 192 ja malmianalyysejä (511PM ja 704P) tehtiin 1605 näytettä. Kairasydämistä teetettyjen analyyssien tilausnumerot on koottu liitteisiin 1 ja 2.



**Kuva 6.** Lauttaselän tutkimusalueen valtauksien sijainti, kairauspisteet sekä geofysiikan tutkimuslinjat ja -alue. Pohjakartat: © Maanmittauslaitos, lupanro 13/MML/11. Map of the Lauttaselkä area showing claims (valtaus), area of systematic ground geophysics (maastogeofysiikan mittausalue), geophysical profiles (maastogeofysiikan mittauslinja) and drilling sites (kairareikä). Basemaps: © National Land Survey of Finland, license no. 13/MML/11.

**Taulukko 4.** Tutkimusalueella vuonna 2008 tehdyt kairaukset. Details of the GTK's drillings in the Lauttaselkä area in year 2008.

Reikä­tunnus	Koordinaatit		Korkeus*	Suunta/ Kaltevuus	Syvyys	Maata
	X	Y			m	m
3721/2008/R500	7541999,573	3444125,617	299.736	270/50	100.80	5.40
3721/2008/R501	7542847,54	3444029,048	295.726	270/60	53.40	13.60
3721/2008/R502	7542850	3444360	315	270/60	87.70	5.30
3721/2008/R503	7542845,318	3444638,578	342.283	270/60	100.00	3.60
3721/2008/R504	7542500	3442490	283	270/60	100.40	7.60
3721/2008/R505	7542500	3442553	282	270/60	103.40	6.60
3721/2008/R506	7542850	3444060	295	270/60	58.60	8.50
3721/2008/R507	7542850	3444125	299	270/60	110.50	5.70
3721/2008/R508	7542850	3444090	297	270/60	83.00	7.80
3721/2008/R509	7542850	3443586	280	270/45	104.30	12.40
3721/2008/R510	7542850	3443713	285	270/45	112.50	13.50
3721/2008/R511	7542850	3443855	290	270/45	101.80	14.05
3721/2008/R512	7542850	3445508	335	270/45	103.90	11.60
3721/2008/R513	7542850	3445630	330	270/45	130.25	9.50
3721/2008/R514	7542850	3445765	320	270/45	101.00	13.30
3721/2008/R515	7542850	3446360	335	270/45	104.10	6.50
3721/2008/R516	7542850	3446453	335	270/45	104.20	11.60
3721/2008/R517	7542850	3446548	335	270/45	100.35	10.40
3721/2008/R518	7542850	3447347	331	270/45	27.60	9.60
3721/2008/R519	7542850	3447780	331	270/45	31.20	14.50
3721/2008/R520	7542850	3448460	325	270/45	25.00	9.40
3721/2008/R521	7542850	3443945	290	270/45	60.60	26.60
3721/2008/R522	7542850	3443880	290	270/45	113.60	25.50
3721/2008/R523	7542850	3446605	335	270/45	14.40	13.60

\* kolmen desimaalin tarkkuudella ilmoitetut arvot mitattu DGPS:llä, muut arvioitu topografiselta kartalta.

**Taulukko 5.** Tutkimusalueella vuosina 2009 ja 2010 tehdyt kairaukset. Details of the GTK's drillings in the Lauttaselkä area in years 2009 and 2010.

Reikätkunnus	Koordinaatit		Korkeus*	Suunta/ kaltevuus	Syvyys m	Maata m
	X	Y				
V431/2009/R001	7542851,000	3444237,722	306.723	270/45	101.20	9.60
V431/2009/R002	7542845,844	3444453,325	325.885	270/45	101.25	8.10
V431/2009/R003	7542846,906	3444547,272	333.647	270/45	100.20	7.50
V431/2009/R004	7542848,595	3444737,149	347.194	270/45	104.10	3.60
V431/2009/R005	7542850	3446160	329	270/45	124.60	5.30
V431/2009/R006	7542850	3446260	332	270/45	122.30	8.40
V431/2009/R007	7542850	3446900	329	270/45	103.35	7.40
V431/2009/R008	7541997,810	3444435,011	324.872	270/45	124.50	3.80
V431/2009/R009	7542493,988	3444654,086	337.566	270/45	100.80	3.50
V431/2009/R010	7542997,506	3444701,051	351.388	270/45	100.60	5.00
V431/2009/R011	7541997,541	3444387,372	320.442	270/45	106.60	4.50
V431/2010/R015	7542961,502	3444730,126	351.352	315/45	151.80	4.20
V431/2010/R016	7543009,53	3444681,72	350.151	315/45	154.25	5.20
V431/2010/R017	7543060,944	3444631,846	347.813	315/45	106.50	5.20
V431/2010/R018	7542905,35	3444681,442	346.413	315/45	160.20	4.50
V431/2010/R019	7542780	3444390	320	315/45	124.25	4.50
V431/2010/R020	7542830	3444340	315	315/45	119.30	4.20
V431/2010/R021	7542840	3444140	300	315/45	140.30	3.50
V431/2010/R022	7542770	3444140	297	315/60	91.50	5.50
V431/2010/R023	7542840	3444050	295	315/45	152.30	8.50

\*kolmen desimaalin tarkkuudella ilmoitetut arvot mitattu DGPS:llä, muut arvioitu topografiselta kartalta.

### 3.2 Heikkouutonnäytteenotto

Vuonna 2007 Lauttaselässä tutkittiin osana laajempaa GTK:n heikkouuttotestausprojektia MMI-menetelmän toimivuutta alueen malmipotentialisten vyöhykkeiden paikantamisessa. Lauttaselän ja Seurukarkean väliseen painanteeseen tehtiin kaksi itä-läntistä MMI-näytteenottolinjaa n. 40 m:n pistevälillä (kuva 7). Näytteitä otettiin kaikkiaan 115 kpl (M-VIHU-2007-0001-0064, M-JTHO-2007-034-051, M\_MJNU\_2007\_014-046; analyysitilausnumerot (ALS Chemex PI07107229 ja PI07111420). Näytteenottoproseduuri, näytteenkäsittely ja analyysimenetelmä ovat kuvattu Sarala ym. (2008) raportissa.

### 3.3 Tutkimuskaivannot

Tutkimuskaivantoja tehtiin kahdessa eri vaiheessa syksyllä 2006 ja kevättalvella 2008 (Kuva 3). Kaivannot käsittivät sekä tutkimusmonttuja että -ojia. Ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin laajemmin tutkimusalueen maaperän koostumusta ja rakennetta sekä selvitettiin moreeniaineksen kulkeutumista kivi- (á 50 kpl 5-10 cm halkaisijaltaan olevia kiveä, joista määritettiin kivilaji ja pyöristyneisyys 1-5 -asteikolla) ja suuntauslaskujen (á 50 kpl pitkulaista 2-5 cm mittaista kiveä, joiden pituusakselin suunta ja kaade mitattiin) avulla. Toisessa vaiheessa tarkistettiin mm. MMI-analyyseissä ja iskuporanäytteenotossa havaittuja kulta-, kupari- ja telluurianomaliaita.

Tutkimuskaivannoista otettiin kattavasti moreeni- ja rapakallionäytteitä geokemian ja raskasmineralogian analysoimiseksi sekä palanäytteitä tutkimuskaivantojen pohjalta kalliosta. Lisäksi vuonna 2008 kerättiin 8 kpl syanidointianalyysimenetelmän testausnäytteitä. Monttujen seinämät puhdistettiin ja kuvattiin käyttäen sekä havaintolomakkeita että digikameraa. Havainnot on tallennettu GTK:n maaperän tietokantaan.

Geokemian näytteitä (n. 300 g) kerättiin vuonna 2006 86 kpl (2006 POS 000101-122; 59 kpl MR- ja 27 kpl RP-näytettä; til. Nro 89923) ja vuonna 2008 71 kpl (2008 POS-000001-000020; 51 kpl MR-, 1 kpl SR-, 14 kpl RP-näytteitä, 5 kpl rinnakkaisnäytteitä; til. Nro 204956). Kaikki näytteet kuivattiin (< 40°C) ja seulottiin alle 0,06 mm:n fraktioon, jotka liuotettiin kuningasvedellä (90°C 511- ja 20°C 520U-menetelmälle) analysointia varten. Vuoden 2006 näytteistä analysoitiin 511P-menetelmällä (1 g:n punnitus; ICP-OES) 29 alkuainetta ja 520U-menetelmällä (5 g:n punnitus + Hg-kerasaostus; GFAAS) 6 alkuainetta (Au, Bi, Pd, Sb, Se, Te). Vuonna 2008 näytteistä analysoitiin 511P-menetelmällä (kuten edellä) 28 alkuainetta, 511U-menetelmällä (1 g:n punnitus; GFAAS) 5 alkuainetta (As, Bi, Sb, Se, Te) ja 521U-menetelmällä (5 g:n punnitus + Hg-kerasaostus; GFAAS) 2 alkuainetta (Au, Pd). Analyysit tehtiin Labtium-laboratoriossa.

Syanidointianalyysiin menneiden näytteiden (8 kpl; 1 kpl MR- ja 7 kpl RP-näytettä) näytekokoo oli n. 1 kg. Näytteet seulottiin kentällä alle 2 mm:n fraktioon. Näyttemateriaalin valinnassa oli tärkeää välttää grafiittia ja savea sisältäviä aineksia, jotka häiritsevät analyysimenetelmää. Näytteet toimitettiin Labtiumin Sodankylän laboratorioon, jossa ne analysoitiin PAL-analysaattorilla (jauhatus ja syaniduuettosamanaikaisesti käyttäen Leachwell-kiihdytintä), jota varten luonnonkosteaa näytettä otettiin 500 g. Saadusta uutoksesta määritettiin kultapitoisuus FAAS-menetelmällä (määritysraja 100 ppb).

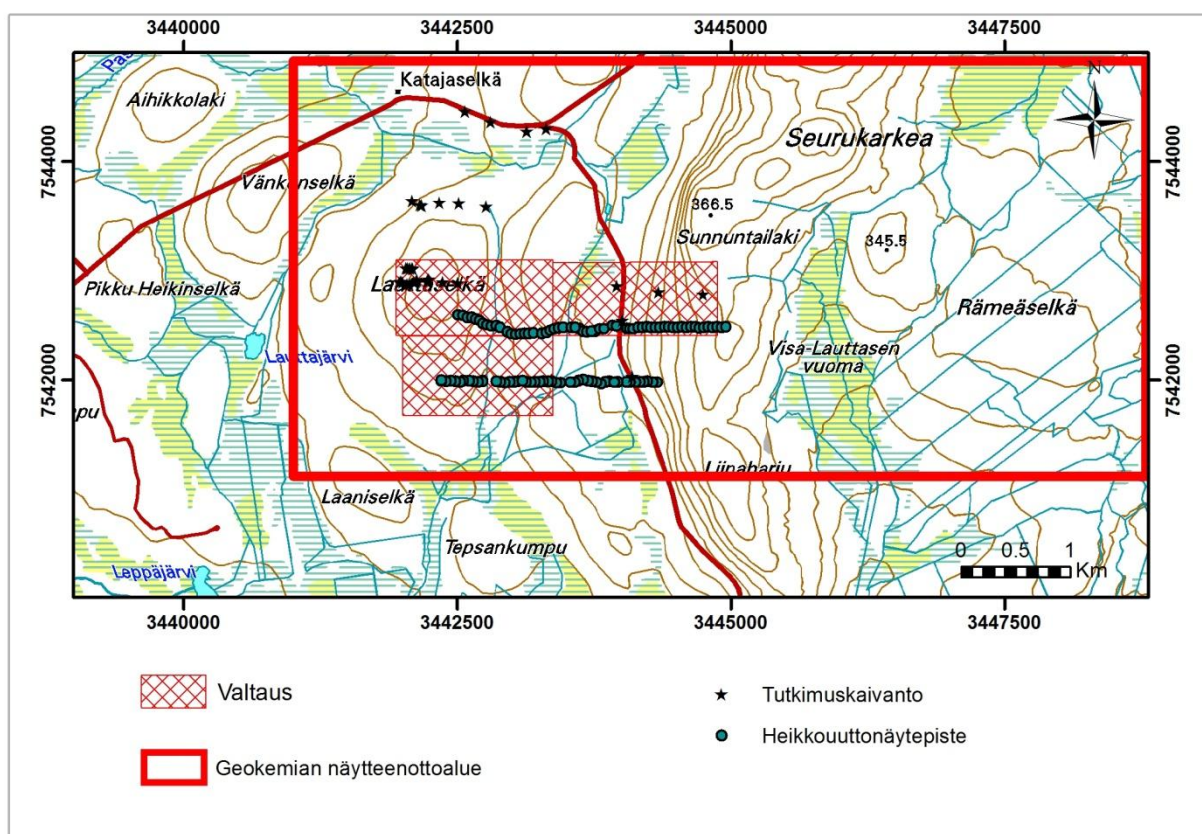
Raskasmineraalinäytteitä (á 12 l eli n. 20-25 kg) kerättiin vuonna 2006 65 kpl (43 kpl MR-, 22 kpl RP-näytteitä) ja vuonna 2008 35 kpl (22 kpl MR-, 1 kpl SR-, 12 kpl RP-näytteitä). Vuoden 2006 näytteet käsiteltiin PSY:ssä, jossa ne vesiseulottiin 2 mm:n fraktioon ja sen jälkeen seulottu fraktio konsentroitiin spiraalirikastimella (kultakoira) raskaimman mineraaliaineksen erottamiseksi. Muutaman gramman kokoisesta rikasteesta erotettiin käsimagneetilla magnetiitti. Vuoden 2008 näytteet konsentroitiin 3" Knelson-rikastimella GTK:n Kuhmon toimipisteessä. Ennen rikastamista näytteet pesuseulottiin < 1 mm:n fraktioon. Noin desilitran kokoiset rikasteet lähetettiin GTK:n mineraalitutkimuslaboratorioon Otaniemeen, jossa niistä erotettiin magnetiitti ennen jatkorikastamista raskasnestellä (metyleenijodidi;  $d=3,3 \text{ g/cm}^3$ ). Kummatkin näyte-erät tutkittiin PSY:ssä visuaalisesti mikroskoopilla. Tutkimusta varten näyttemateriaali jaettiin vielä kahteen osaan seulomalla ne 0,25 mm:n nylonseulalla. Näytteistä laskettiin kultarakeiden ja sulfidien määrät sekä arvioitiin muiden raskaiden mineraalien (esim. magnetiitti, hematitiitti, ilmeniitti, granaatti, zirkoni jne.) määriä. Osa mineraaleista kuvattiin mikroskoopin alla ja muutaman epävarman rakeen koostumus määritettiin SEM:llä Otaniemessä.



### 3.4 Geokemiallinen verkkonäytteenotto

Tutkimusalueelle tehtiin GM50BW-iskuporakoneella systemaattinen geokemiallinen verkkonäytteenotto 8×4 km kokoisella alueella (kuva 7), jossa näytteenoton pisteväli oli 200 m ja suunnitellusta 800 näytepisteestä näytteitä saatiin 671 kpl rapakalliosta ja 799 kpl moreenista. Näytteenotossa porattiin läpivirtausterällä näyte rapakalliosta, jonka jälkeen otettiin 1-2 m ylempää moreeninäyte. Rapakallionnäytteet identifioitiin visuaalisesti kivilajien suhteen.

Näytteet toimitettiin Labtium Oy:lle analysoitavaksi. Rapakallionnäytteet kuivattiin 70 °C lämpötilassa, murskattiin leukamurskaimella ja hienojauhettiin rengasmyllyllä hiiliteräksisessä astiassa (menetelmät 10, 31 ja 40). Moreeninäytteet kuivattiin ja seulottiin <0.5 mm fraktioon, jonka jälkeen seulottu aines jauhettiin hienoksi (menetelmät 10, 27 ja 40). Rapakallio- että moreenifraktionäytteille käytettiin samoja analyysimenetelmiä alkuainepitoisuuksien määrittämiseen. Monialkuainemääritykset tehtiin 90 °C kuningasveteen liuotetusta 0.15 g jauhemateriaalista ICP-AES- sekä ICP-MS-menetelmillä (511PM). Jalometallien Au- ja Pd-pitoisuus määritettiin 5 g jauhemateriaalista käyttäen esikäsittelynä kuningasvesiliuotusta (90 °C) ja Hg-kerasaostusta sekä analysointimenetelmänä GFAAS-tekniikkaa (520U tai 521U). Moreeninäytteiden analyysituloksien numerot ovat 89710 sekä 218354 ja rapakallionnäytteiden analyysien tilausnumerot ovat 89711 sekä 218355.



**Kuva 7.** Lauttaselän tutkimusalueen valtauksien, geokemian näytteenottoalueen, tutkimuskaivantojen sekä heikkouutonäytepisteiden sijainti. Pohjakartat: © Maanmittauslaitos, lupanro 13/MML/11. Map of the Lauttaselkä area showing the area of claims (valtaus), systematic geochemical studies of till and wea-



*thered surface of bedrock (geokemian näytteenottoalue), trenches (tutkimuskaivanto) and MMI sampling (heikkouuttonäytepiste). Basemaps: © National Land Survey of Finland, license no. 13/MML/11.*

## 4 TUTKIMUSTEN TULOKSET

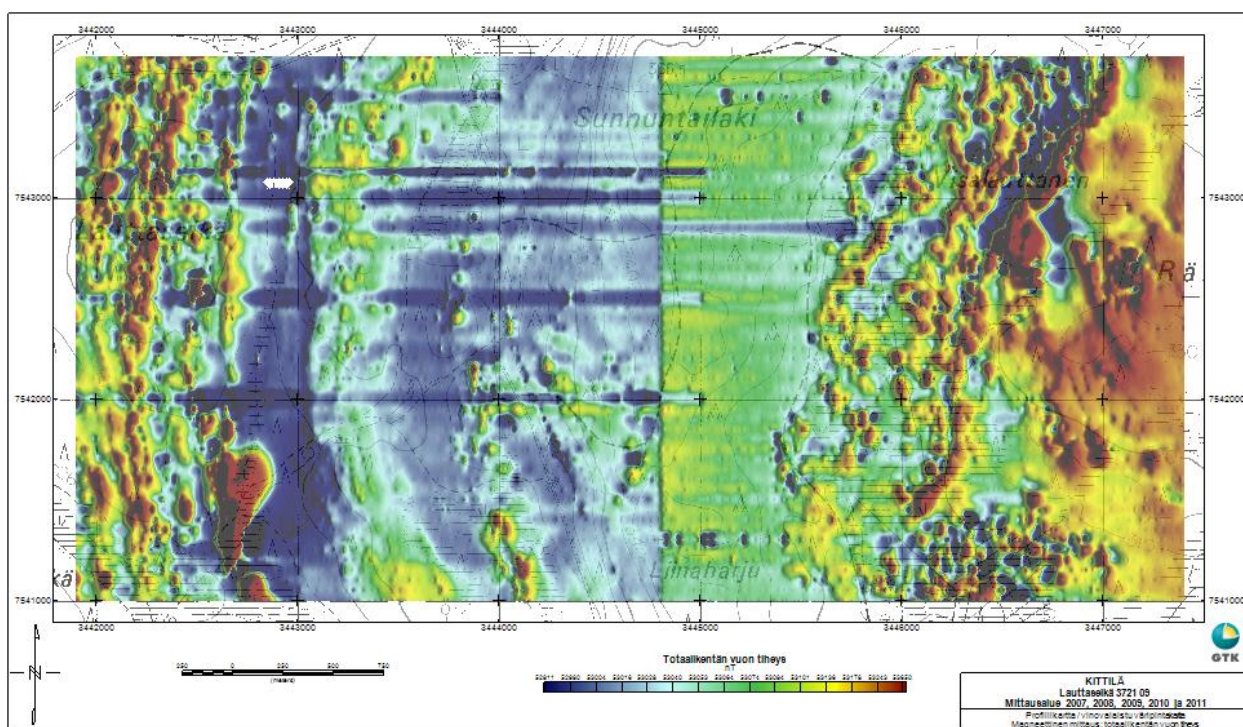
### 4.1 Geofysikaaliset tutkimukset

Geofysiikan systemaattisen magneettisen mittauksen tuloksista havaitaan eri vuosina tehtyjen mittausten tuloksissa oleva pieni tasoero, joka johtuu ajan kuluessa tapahtuvasta maan magneettikentän voimakkuuden muuttumisesta (kuva 8). Mittauksia tehtiin kaikkiaan viiden eri vuoden aikana: 2007, 2008, 2009, 2010 ja 2011.

Systemaattisen magneettisen mittauksen tuloksissa on nähtävissä kolme etelä-pohjoinen-suuntaista vyöhykettä. Ne sijaitsevat mittausalueen länsilaidassa, alueen keskellä ja alueen itäosassa. Nämä vyöhykkeet ovat kaikissa tulokartoissa kivilajien magnetoituman vaihtelusta johdun katkonaisia. Magneettisessa tuloksessa keskellä mittausaluetta oleva vyöhyke on mittaustulosten jakaumaltaan kaikkein hajanaisin ja intensiteetiltään heikoin. Edellä mainitulla alueella on olemassa olevan kivilajitiedon mukaan emäksisiä vulkaniitteja sekä happamia intermediäärisiä vulkaniitteja.

Mittausalueen länsiosassa sijaitseva vyöhyke on pinta-alaltaan edellistä suurempi ja koostuu useista rinnakkaisista magnetoitumaltaan katkeilevista rakenteista. Tässä vyöhykkeessä magneettiset yksiköt näyttävät olevan kapeita ja pystyrakenteisia. Tälle vyöhykkeelle tyypillisiä kivilajeja on emäksinen vulkaniitti ja mm. raitaisia rautamuodostumia sisältävä grafiittipitoinen tuffiitti.

Magneettisen mittausalueen itäosassa sijaitsee pinta-alaltaan kohteen suurin ja runsaimmin erikokoisten ja erimuotoisten yksiköitten kuvittama jakauma. Se sisältää pisimmän yhtenäisen koillinen - lounas -suuntaisen kapean vyöhykkeen ja alueen itäreunalle sijoittuvan suurehkon lähes pyöreän rakenteen. Tämän itäosan kallioperää tyypittävät grafiittiliuske, fylliitti, kiilleliuske ja ultraemäksinen vulkaniitti.



**Kuva 8.** Systemaattisen magneettisen mittauksen, totaalikentän vuon tiheys, vinovalaistuu väripintakartta. The colour-shaded map of the systematic ground magnetic, total field, measurements.

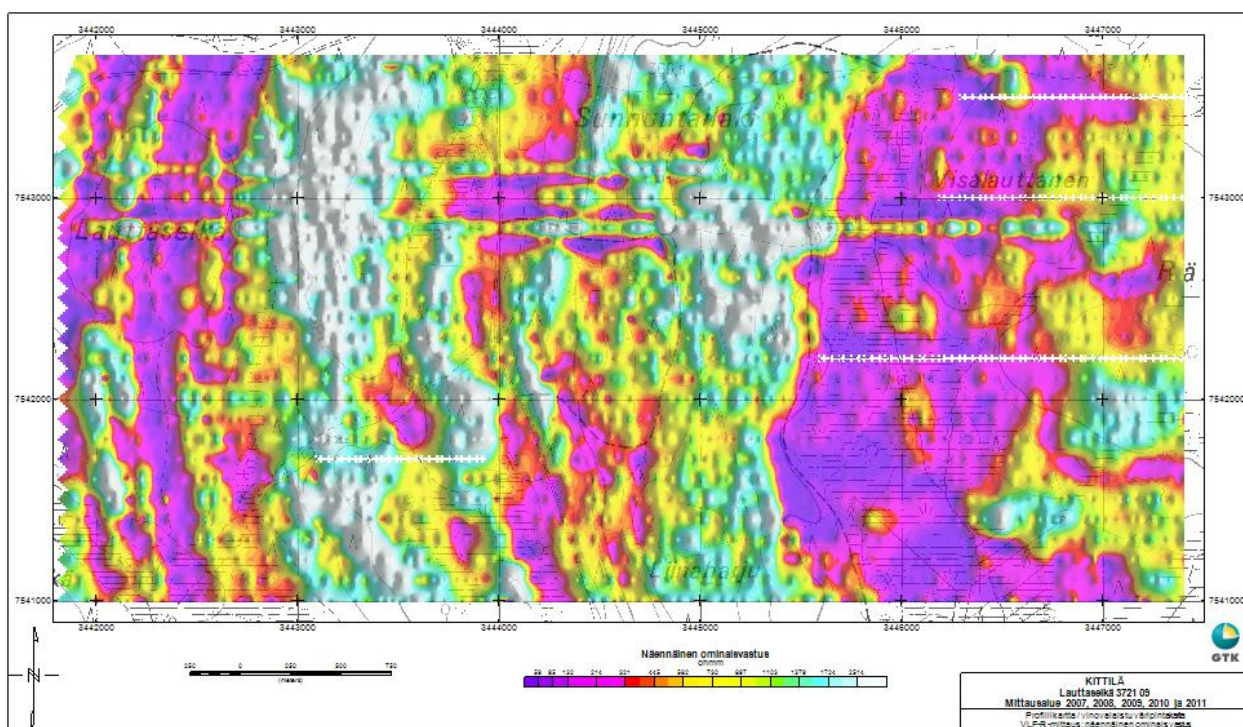
Sähkömagneettisen VLF-R –mittauksen tulokset esitetään kuvassa 9, näennäinen ominaisvastus, ja kuvassa 10, vaihekulma. Molemmassa kuvassa on magneettisen mittauksen tuloskarttaan verrattuna nähtävissä pidemmät yhtenäiset ja laaja-alaisemmat rakenteet. Tämän piirteen selittää ainakin osaltaan suurempi piste- ja linjaväli.

Mittausalueen länsiosassa sijaitsevan Porkosen muodostumassa VLF-R:n näennäinen ominaisvastus laskee johdelukemiin ja vaihekulma nousee osoittaen kallioperän sisältävän johtavaa materiaalia. Sinne mittaustuloksissa sijoittuvat lähes yhtenäiset etelä-pohjoinen -suuntaiset vyöhykkeet.

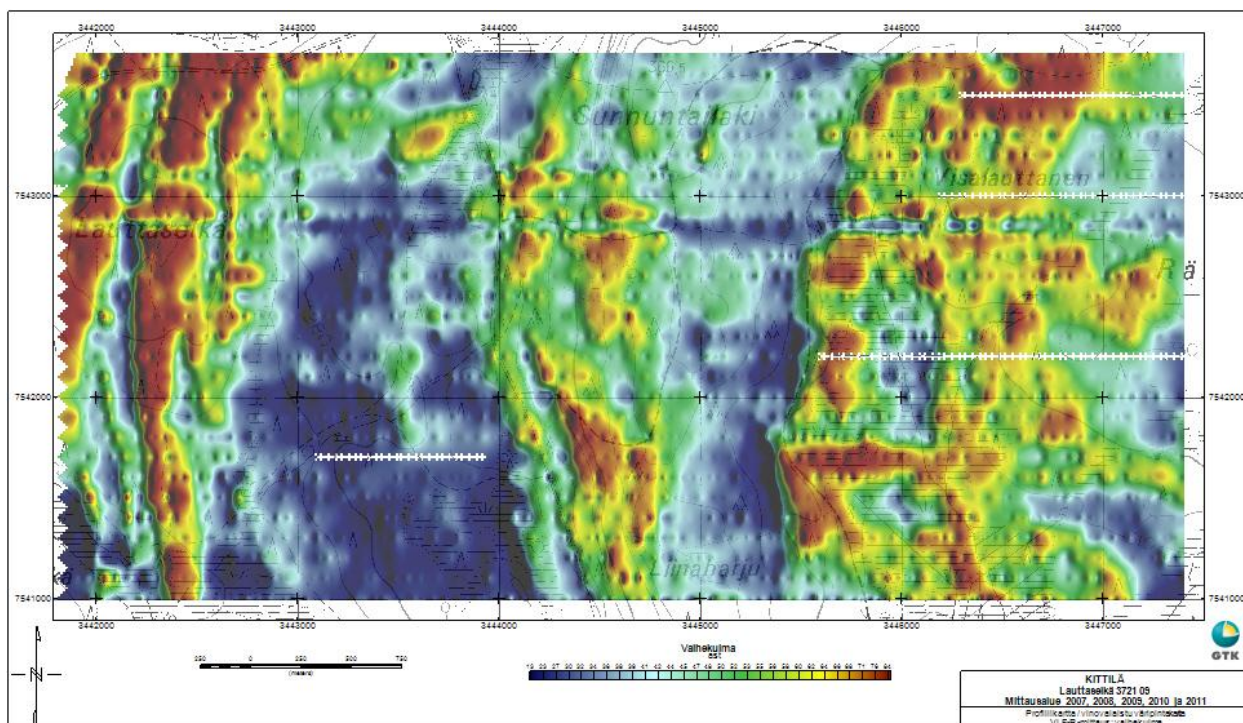
Tutkimusalueen keskiosassa näennäisen ominaisvastuksen ja vaihekulman mittaustuloksissa on magneettiseen mittaustulokseen verrattuna enemmän vaihtelua ja mielenkiintoisia kohteita. Sieltä löytyy useita sellaisia piirteitä, jotka tarkoittavat johtavia mineraaleja sisältävän yksikön olemassaoloa kallioperässä.

Tutkimusalueen itäosassa VLF-R:n tuloksessa on kuten myös magneettisessa tuloksessa alueen laajin, erityisesti näennäisen ominaisvastuksen tuloksessa, lähes yhtenäinen johtavia mineraaleja sisältävän kallioperän vyöhykettä kuvastava luonne. Vaihekulman tuloksessa on useita korkean mittausravon kohteita, joissa johtavan irtomaan alla on vielä johtavampia mineraaleja sisältäviä kivilajeja.





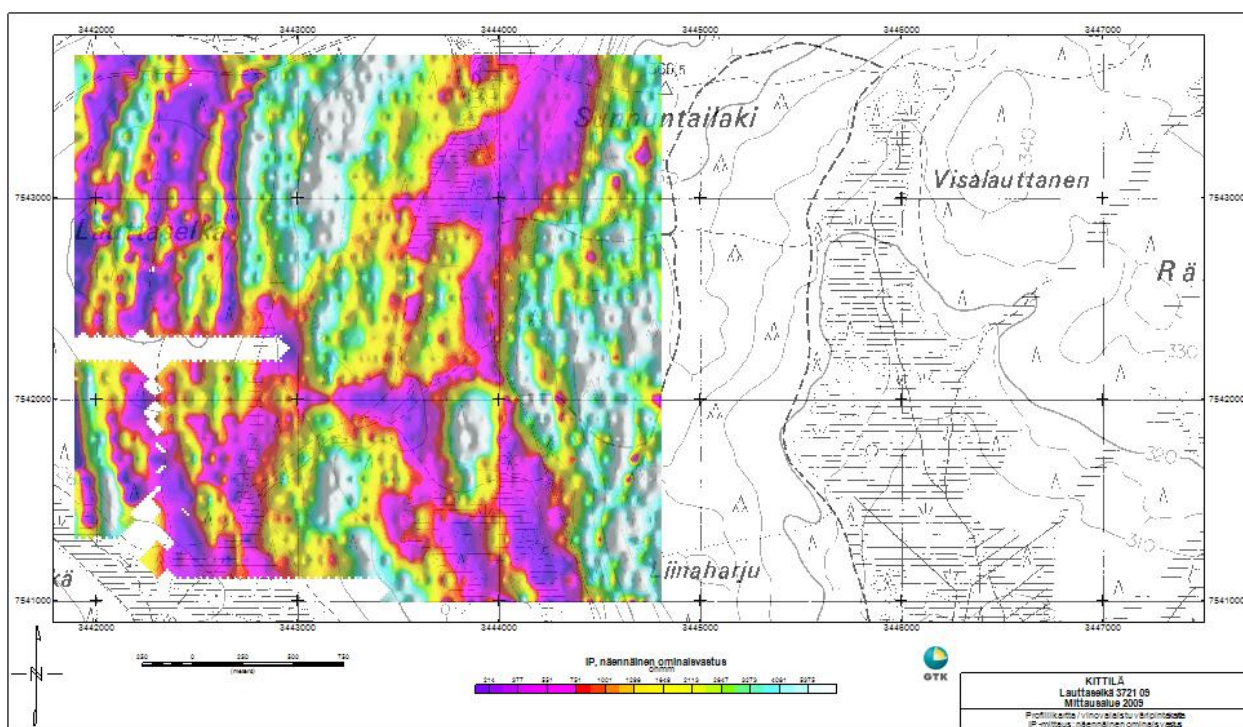
**Kuva 9.** Systemaattisen VLF-R -mittauksen, näennäinen ominaisvastus, vinovalaistu väripintakartta. The colour- shaded map of the systematic VLF-R, apparent resistivity measurements.



**Kuva 10.** Systemaattisen VLF-R -mittauksen, vaihekulma, vinovalaistu väripintakartta. The colour- shaded map of the systematic VLF-R, phase angle, measurements.

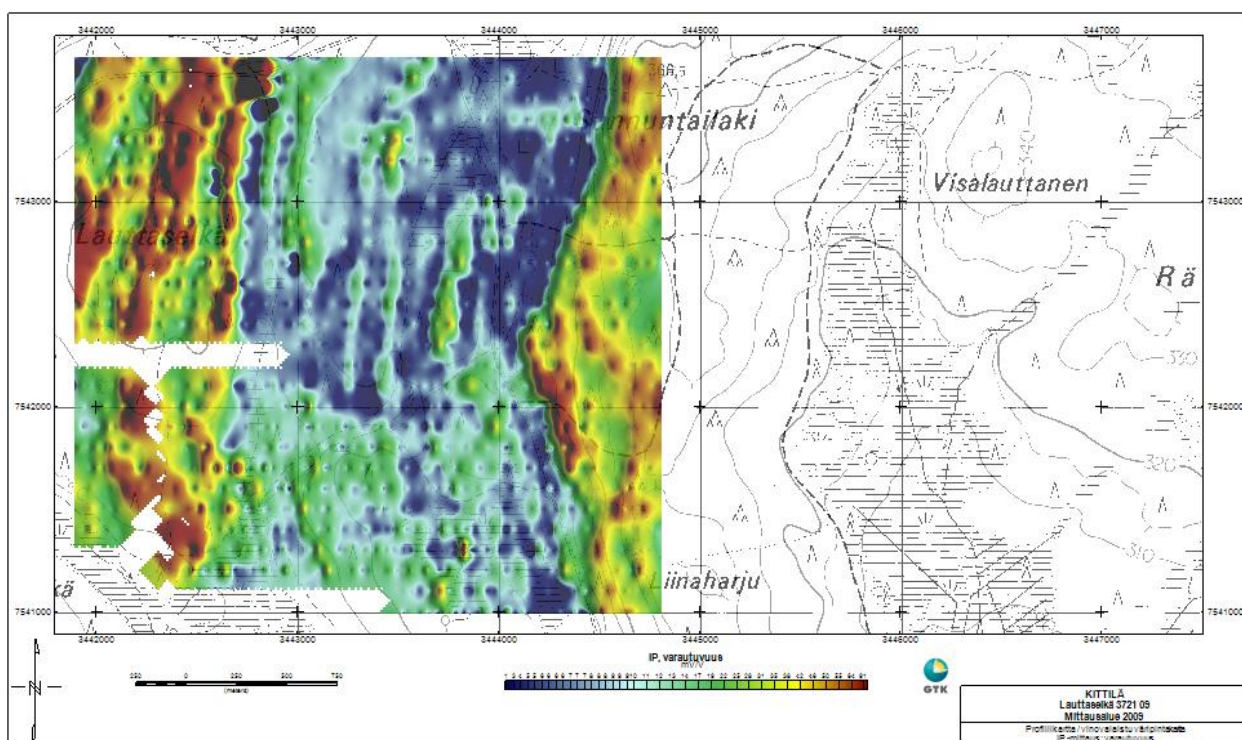
Vuonna 2009 tehdyn systemaattisen IP –mittauksen tulokset esitetään kuvassa 11, näennäinen ominaisvastus, ja kuvassa 12, varautuvuus. Porkosen muodostuman sisältämät sähköä johtavat mineraalit mittausalueen länsiosassa aiheuttavat näennäisen ominaisvastuksen pienet ja varautuvuudessa korkeat lukemat.

IP:n mittausalueen itäosassa näennäisen ominaisvastuksen matalat lukemat, jotka indikoivat johtavia mineraaleja kallioperässä, ja varautuvuuden korkeat lukemat, jotka indikoivat sulfidien olemassaoloa kallioperässä, sijaitsevat vierekkäin. Em. varautuvuuden piirteet sijaitsevat näennäisen ominaisvastuksen matalien lukemien itäpuolella.



**Kuva 11.** Systemaattisen IP -mittauksen, näennäisen ominaisvastuksen, vinovalaistu väripintakartta.  
The colour-coded map of the systematic IP, apparent resistivity, measurements.





**Kuva 12.** Systemaattisen IP -mittauksen, varautuvuus, vinovalaistu väripintakartta. The colour-coded map of the systematic IP, chargeability, measurements.

## 4.2 Kallioperägeologiset tutkimukset

### 4.2.1 Lauttaselän alueen kivilajien korrelointi Keski-Lapin vulkaniittialueen stratigrafiaan

Tutkimusalueen kallioperäkarttaa laadittaessa ja eri muodostumien stratigrafisessa korreloinnissa on vulkaniittien koostumuksen tarkastelulla ollut suuri merkitys. Analyysiaineisto on kerätty GTK:n tietokannasta sekä tämän raportin hankkeiden toiminnan aikana teetetyistä kartoitus- ja kairasydännäytteiden pää- ja hivenalkuaineanalyyseistä (kuvat 13 ja 14). Alueen uuden kallioperäkartan (kuva 14) laadinnassa on lisäksi käytetty hyväksi geofysikaalista matalalentokarttaa ja tutkimusalueella suoritettuja maastogeofysiikan mittaustuloksia.

Uusi kallioperäkartta poikkeaa LVP:n kartasta (kuva 13) merkittävimmin tutkimusalueen keski-osan kivilajeilta, jotka nyt tulkitaan kuuluvan Kittilän ryhmän sijasta Sallan ja Savukosken ryhmään. Tutkimusalueen länsiosan kivilajit kuuluvat yhä Kittilän ryhmään, mutta valtaosa kivilajeista edustaa uudella kartalla Porkosen muodostumaa.

Kuvissa 15 ja 16 on koottuna vulkaniitti- ja serpentiniittinäytteiden analyysejä TAS- ja Jensenin diagrammeille. Sallan ryhmään, joka Lauttaselän alueella edustaa Kuortisojan muodostumaa, kuuluvat vulkaniitit ovat yleensä kalkki-alkalisia ja tholeiittisia andesiitteja-dasiitteja. Savukosken ryhmän analyytit on jaettu Sattasvaaran ja Sotkaselän muodostumaan. Näistä ensimmäiseen muodostumaan kuuluvat analyytit sijoittuvat TAS-diagrammilla pikrobasalttien ja basalttien kenttään ja Jensenin kationisuhdediagrammilla pääasiassa komatiittisten basalttien kenttään. Sotkaselän muodostuman analyytit muodostavat laajan trendin TAS-diagrammilla. Kittilän ryhmään kuuluvat Kautoselän ja Vesmajärven muodostuman vulkaniitit ovat pääalkuaineiltaan samanlai-



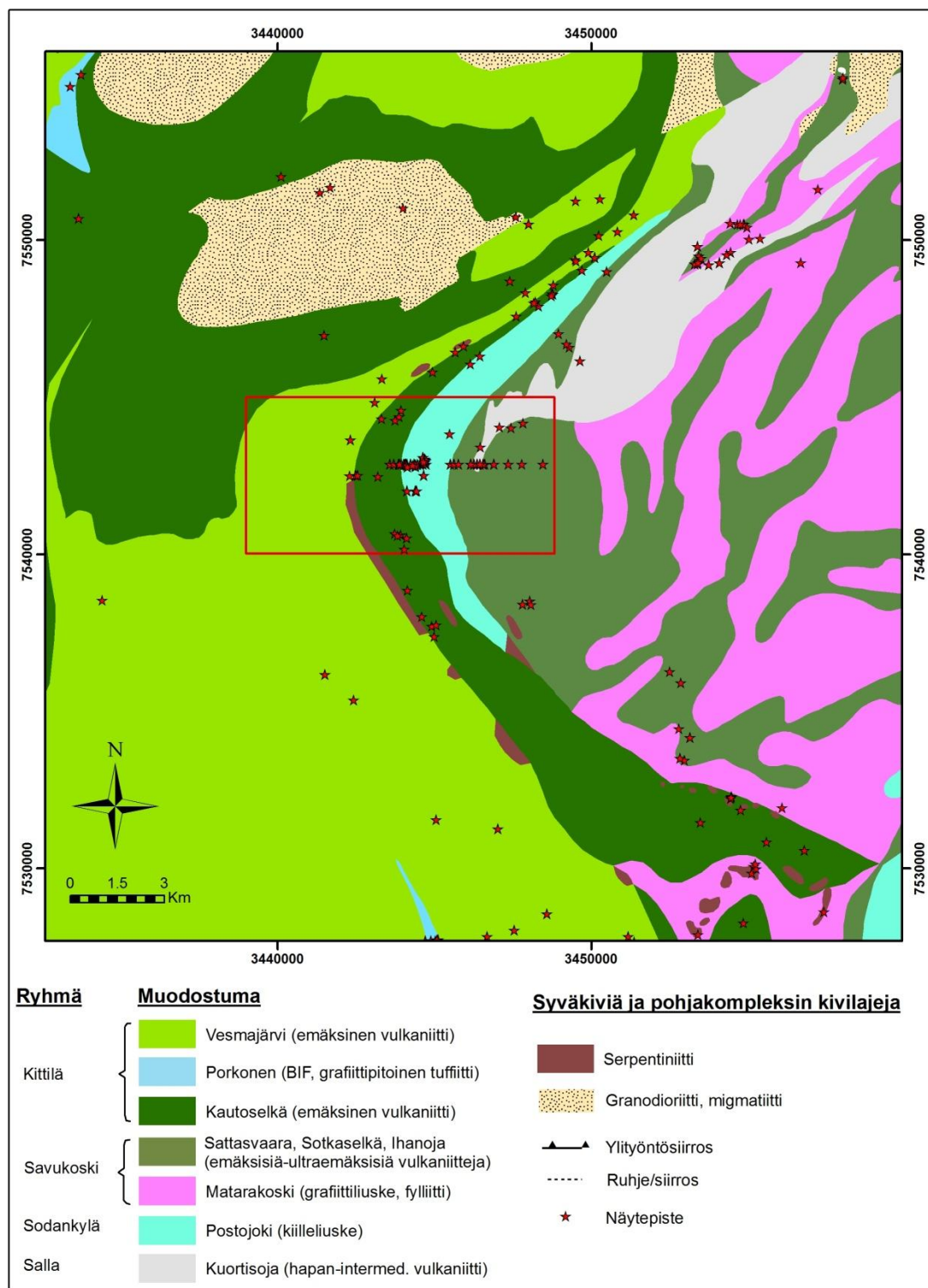
**GTK**

sia ja sijaitsevat TAS-diagramilla basalttien kentässä. Kautoselän muodostuman vulkaniitit sijoittuvat Jensenin kationisuhdediagramilla Fe-tholeiittien kenttään ja Vesmajärven muodostuman analyysit Mg-tholeiittien kenttään. Serpentiinitiset, mahdollista ofioliittia edustavat näytteet ovat usein hyvin paljon MgO-rikkaampia kuin Sattasvaaran muodostumaan luetut komatiittiset vulkaniitit.

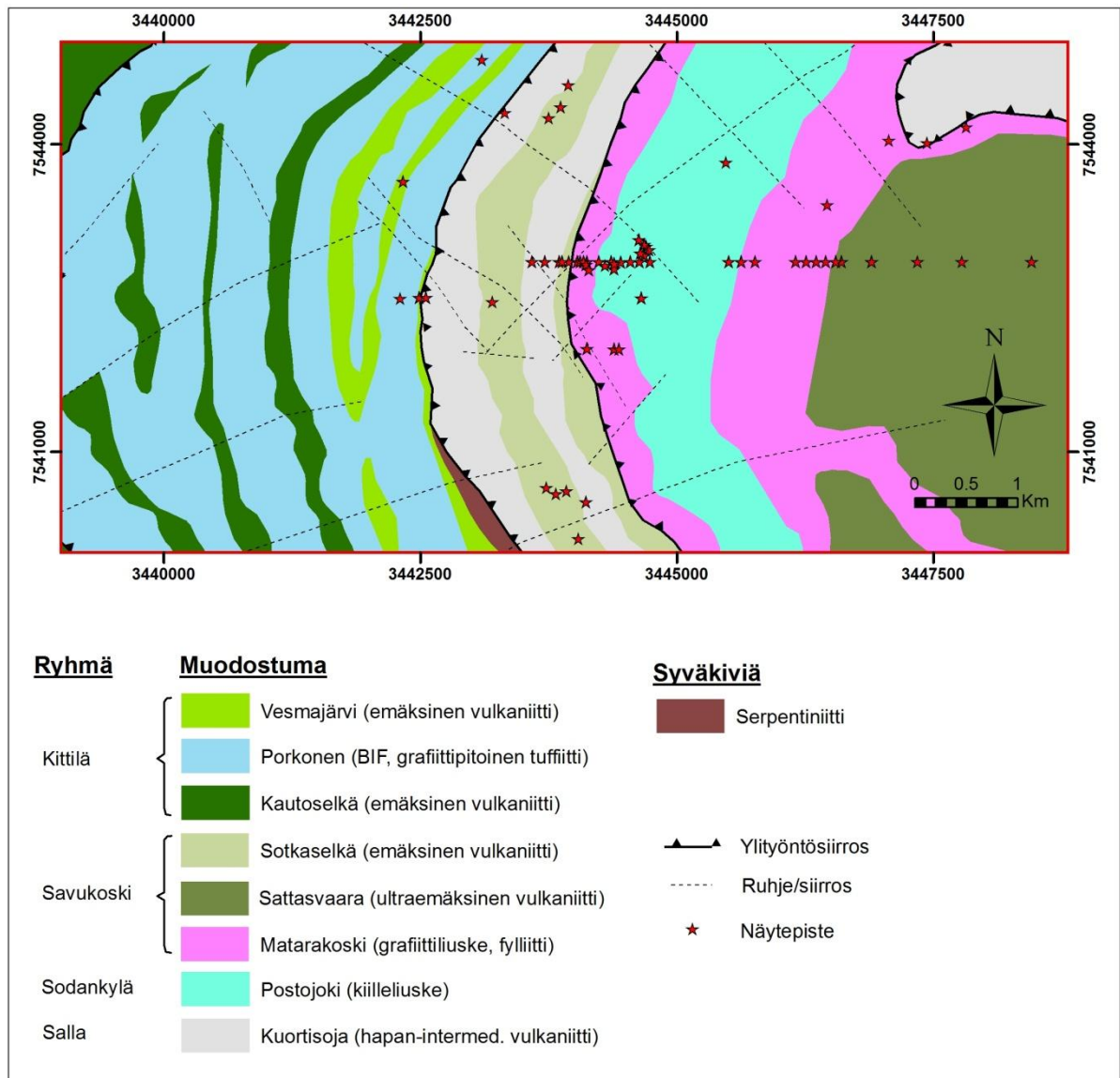
Sallan ryhmän vulkaniittien kondriittinormalisoidut hivenalkuainejakaumat ovat keskenään yhdenmukaisia ja niistä havaitaan selvä kevyistä rikastunut trendi. Savukosken ryhmän vulkaniittien hivenalkuainejakaumista Sotkaselän muodostuman analyysit ovat vain hieman kevyistä (La-Sm) REE-alkuaineista rikastuneita ja analyysien pitoisuustaso on  $10-100 \times C1$ -kondriittien pitoisuudesta. Sattasvaaran muodostuman analyyseistä suuri osa muodostaa komatiittisille laavoille tyypillisen kevyistä REE-alkuaineista köyhtyneen trendin. Osa Sattasvaaran muodostumaan luokitelluista analyyseistä on hivenalkuainejakaumiltaan samanlaisia kuin Sotkaselkään luokitellut. Kautoselän muodostumasta on Lauttaselän alueella vain yksi hivenalkuaineanalyysi. Kevyiden REE-alkuaineiden pitoisuuksien perusteella muodostuman mafiset laavat ovat koostumukseltaan selvästi pidemmälle fraktioituneita kuin Vesmajärven muodostuman laavat. Serpentiinitiset näytteet ovat hivenalkuainepitoisuuksiltaan yleensä alle määrittäysrajan. (Kuvat 17, 18 ja 19).

Hanskin (2005) mukaan Sallan (ja Kuusamon) ryhmän vulkaniittimuodostumien Th-pitoisuudet poikkeavat selvästi muista Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeen eri ryhmien vulkaanisten muodostumien koostumuksista. Tämä piirre havaitaan Th vs.  $TiO_2$  diagrammissa, missä Sallan ryhmään kuuluvien vulkaniittien Th/ $TiO_2$  on selvästi ylitse lukuarvon 3 (Kuva 20).

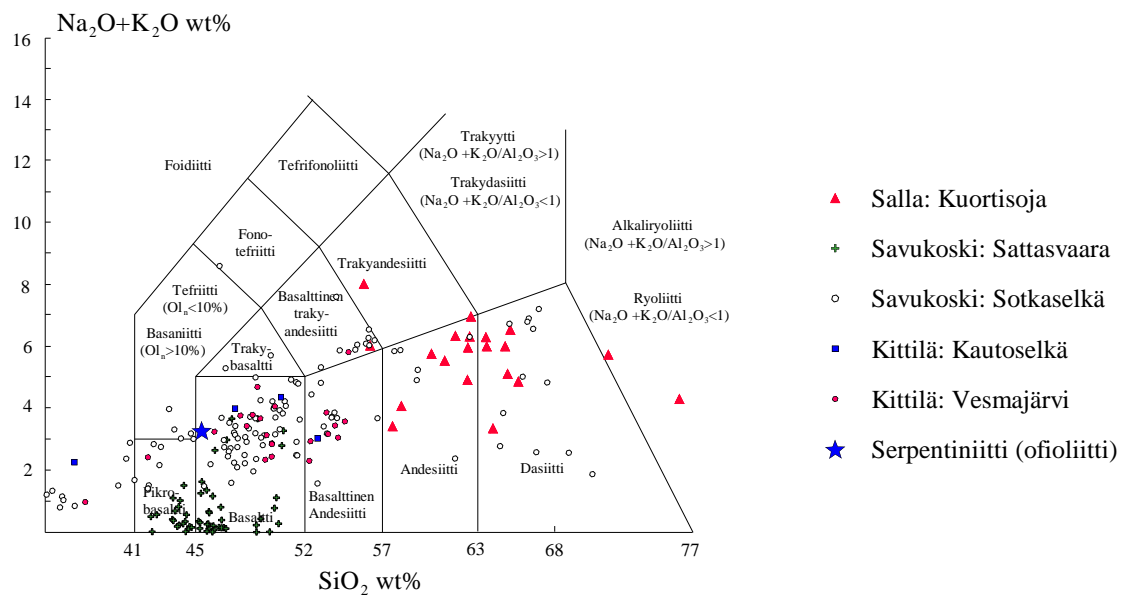




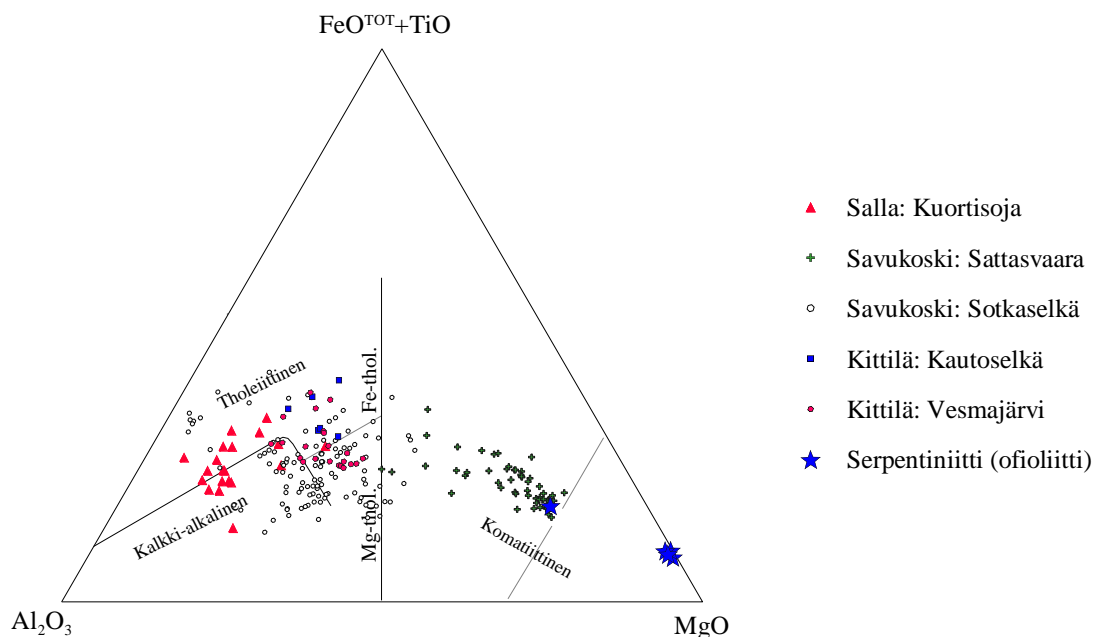
**Kuva 13.** Lauttasetälän tutkimusalueen ja sen ympäristön kallioperäkartta (LVP:n kartta), johon merkitty petrologisesti (175X, 308M, 811L) analysoitujen näytteiden sijainnit. Tutkimusalue rajattu kuvaan punaisella. Geological map of the Lauttasetälä and its surroundings by the LVP project (Lehtonen et al. 1998). The map displays the sampling points that include petrologically (175X, 308M, 811L) analysed samples. The study area shown by red line.



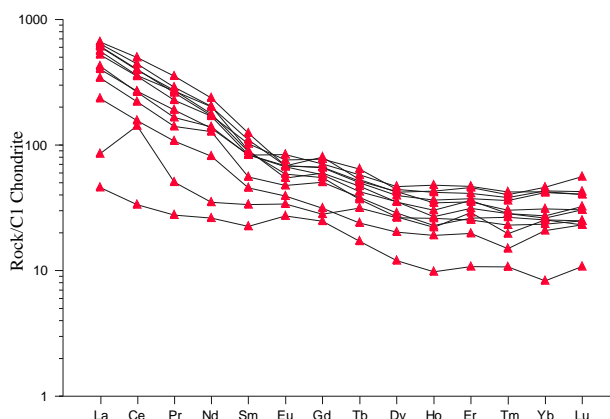
**Kuva 14.** Lauttaselän tutkimusalueen uusi kallioperäkartta. Petrologisten (175X, 308M, 811L) näytteiden sijainnit on merkitty karttaan. New geological map of the study area showing the locations of petrological (175x, 308M, 811L) sampling points.



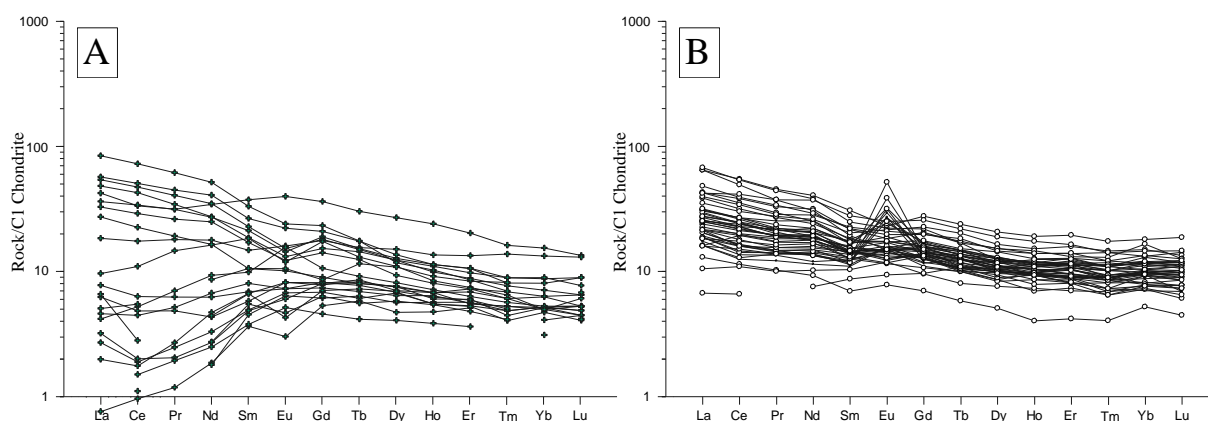
**Kuva 15.** Tutkimusalueen ja sen ympäristön laavakivi- ja serpentiiniittinäytteiden koostumukset esitettyinä TAS-diagrammilla (Le Bas ym. 1986). Tas-diagram (Le Bas ym. 1986) compiled for the igneous rocks of the research area.



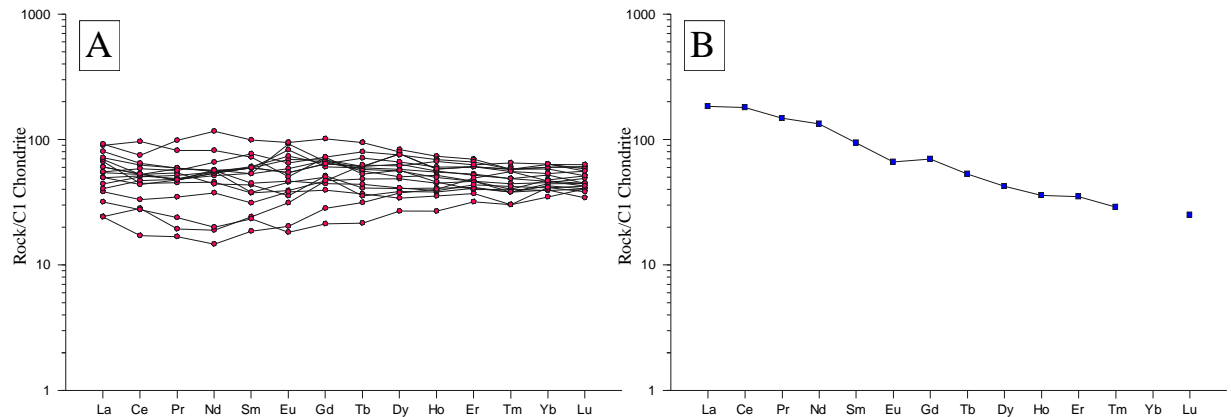
**Kuva 16.** Tutkimusalueen ja sen ympäristön laavakivi- ja serpentiiniittinäytteiden koostumukset esitettyinä Jensenin kationisuhdediagrammilla (Jensen 1976) Jensen's cation plot (Jensen 1976) compiled for the igneous rocks of the research area.



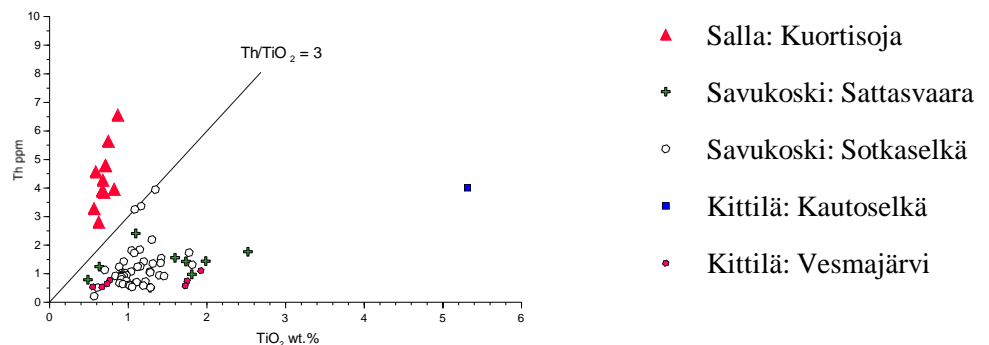
**Kuva 17.** Tutkimusalueen ja sen ympäristöstä kerättyjen Sallan ryhmän laavakivinäytteiden hivenalkuaineiden koostumukset esitettynä REE-normalisoidulla jakaumalla (normalisointiarvot McDonough & Sun 1995). Chondrite-normalized REE abundances of volcanic rocks representing the Salla Group. Normalizing values are from McDonough & Sun 1995.



**Kuva 18.** Tutkimusalueen ja sen ympäristöstä kerättyjen Savukosken ryhmän laavakivinäytteiden hivenalkuaineiden koostumukset esitettynä REE-normalisoidulla jakaumalla (normalisointiarvot McDonough & Sun 1995). A) Sattasvaaran muodostuma ja B) Sotkaselän muodostuma. Chondrite-normalized REE abundances of volcanic rocks of the Savukoski Group where A) represents the Sattasvaara formation and B) represents the Sotkaselkä Formation. Normalizing values are from McDonough & Sun 1995.



**Kuva 19.** Tutkimusalueen ja sen ympäristöstä kerättyjen Kittilän ryhmän laavakivinäytteiden hivenalkua-aineiden koostumukset esitettynä REE-normalisoidulla jakaumalla (normalisointiarvot McDonough & Sun 1995). A) Vesmajärven muodostuma ja B) Kautoselän muodostuma. Chondrite-normalized REE abundances of volcanic rocks of the Kittilä Group where A) represents the Vesmajärvi formation and B) represents the Kautoselkä Formation. Normalizing values are from McDonough & Sun 1995.

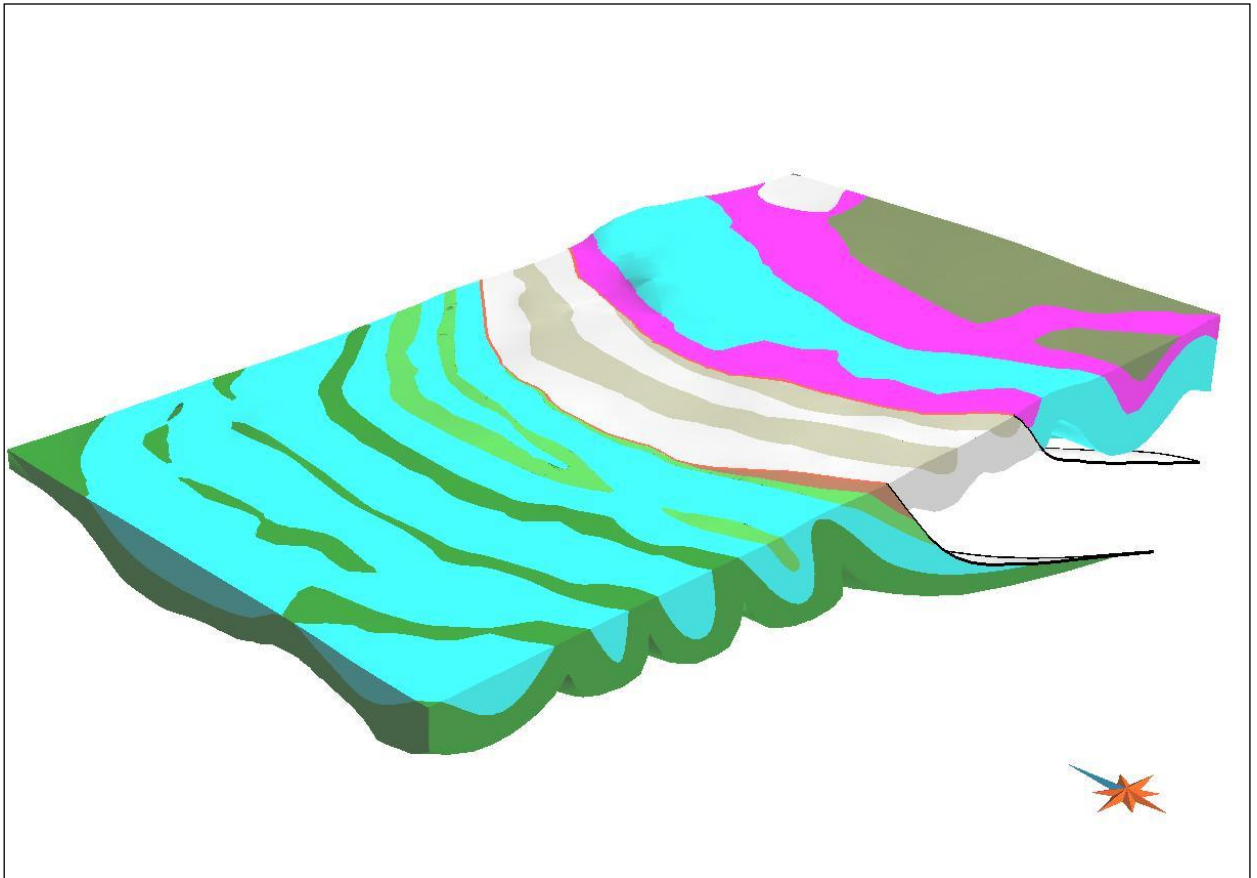


**Kuva 20.** Th-TiO<sub>2</sub>-diagrammi, johon koottu tutkimusalueen ja sen ympäristön laavakivi- ja serpentiniittinäytteiden koostumuksia. Th-TiO<sub>2</sub> plot compiled for the igneous rocks of the research area.

#### 4.2.2 Lauttaselän alueen rakenteesta

Kallioperäkartoituksen, kairausten ja geofysiikan perusteella tiedetään, että Lauttaselän alueella kivilajien kerroksellisuus on yleensä hyvin loivasti 20-30° itään päin kaatuvaa. Alueen isot, N-S-suuntaiset ja itään kaatuvat ylityöntöpinnoiksi tulkitut ruhjevyöhykkeet on mahdollista havaita esimerkiksi topografiasta ja eräs tällainen ruhje sijaitsee kiilleliuskeiden länsikontaktin tuntumassa. Kun nämä rakenteelliset seikat yhdistetään alueen uuteen kallioperäkartaan, hahmottuu tutkimusalueesta suur rakenne, jossa eri muodostumat kertaantuvat poimutuksen ja ylityöntösiirron myötä (Kuva 21).





**Kuva 21.** Lauttaselän alueen kolmiulotteinen malli. Kuvassa Z-akseli on kaksinkertaistettu. Vertaa kuvan 14 kallioperäkartaan litostratigrafista koodistoa varten. 3D-model of the Lauttaselkä area where the Z-scaling factor is 2 (vertical exaggeration). For lithostratigraphic codes, compare to Fig. 14.

### 4.3 Syväkairaus

Tutkimusalueelta paikallistettiin ensimmäisessä kairausvaiheessa vuonna 2008 (Taulukko 4) kultapitoisia kiviä kairasydämistä 3721/2008/R502 (74.60 m-75.60 m: 2.1 ppm), 3721/2008/R503 (5.65 m - 7.15 m: 0.4 ppm) ja 3721/2008/R507 (59.70 m - 60.70 m: 0.8 ppm). Lisäksi idempää Visalauttasesta paikallistettiin profiilikairauksen yhteydessä mineralisoitunut kohta kairasydämestä 3721/2008/R516 (45.00 m - 45.70 m: 1.3 ppm ja 51.90 m - 52.20 m: 2.2 ppm). Näiden tulosten pohjalta päätettiin kairauksia jatkaa.

Vuoden 2009 (Taulukko 5) kairausten tuloksena vain kairareiässä V431/2009/R010 välillä 46,00-46,40m tavattiin 5.18 ppm:n kultapitoisuus. Kivi on serisiittiytynyttä kiilleliusketta, jossa on kvartsisuonia ja suuria arseenikiisukiteitä. Kullan lisäksi myös Ag-, S-, As-, Sb-, Te- ja Bi-pitoisuudet ovat huomattavasti kohonneina.

Vuonna 2010 kairaussuuntaa muutettiin lännestä ( $270^\circ$ ) luoteeseen ( $315^\circ$ ) (Taulukko 5). Kairatuista neljästä profiilista koillisin (Kuva 19)) on selvästi mielenkiintoisin, koska profiilikuvasta (Liite 4) nähdään, että kaakkoisimmassa reiässä R015 on selvästi eniten kvartsi-, kvartsi- karbonaattijuonia sekä tummia breksioivia kvartsijuonia. Tämän kairareiän juoniin liittyy vähäisiä



määriä arseenikiisua ja kultaa, mutta kvartsijuonten määrä näyttää olevan tärkeämpi tekijä kullan esiintymiselle kuin arseenikiisun suuri määrä.

Muuttuminen, joka ilmenee arseenirikkaana heikosti kultapitoisena kiisuuntumisena on voimakainta itään loivasti kaatuvassa ruhjeessa. Ruhje sijaitsee Matarakoski-muodostumaan kuuluvassa grafiittiliuske-fylliitti”pakettissa” siten, että koko em. paketti on ruhjoutunut ja serisiittytynt. Sodankylä-ryhmään kuuluvien kiilleliuskeiden länsikontaktissa nuoremmat Matarakoski-muodostuman kivet painuvat vanhempien kiilleliuskeiden alle (Kuvat 14 ja 21). Hydrotermisessä muuttumisprosessissa liuskeet ovat voimakkaasti kiisuuntuneet ja serisiittytyneet.

Sunnuntailaella e.m. kontaktista koilliseen päin kultapitoisia juonia esiintyy epätasaisesti. Niitä näyttää kontrolloivan kaksi SW-NE –suuntaista ruhjetta (Kuvat 14 ja 22), joiden välissä kairaus-ten perusteella vähäisiä kultamääriä esiintyy. Kivet ovat vaihtelevasti serisiittytyneitä kvartsi+karbonaatti -juoniston pilkkomia kiilleliuskeita.

Visalauttasessa mineralisoitumista esiintyy Matarakoski-muodostumaa edustavissa fylliiteissä ja tuffiiteissa (Kuvat 6 ja 14)). Vuonna 2009 tehdyissä kairauksilla ei saatu kultapitoisuuksia tältä alueelta.

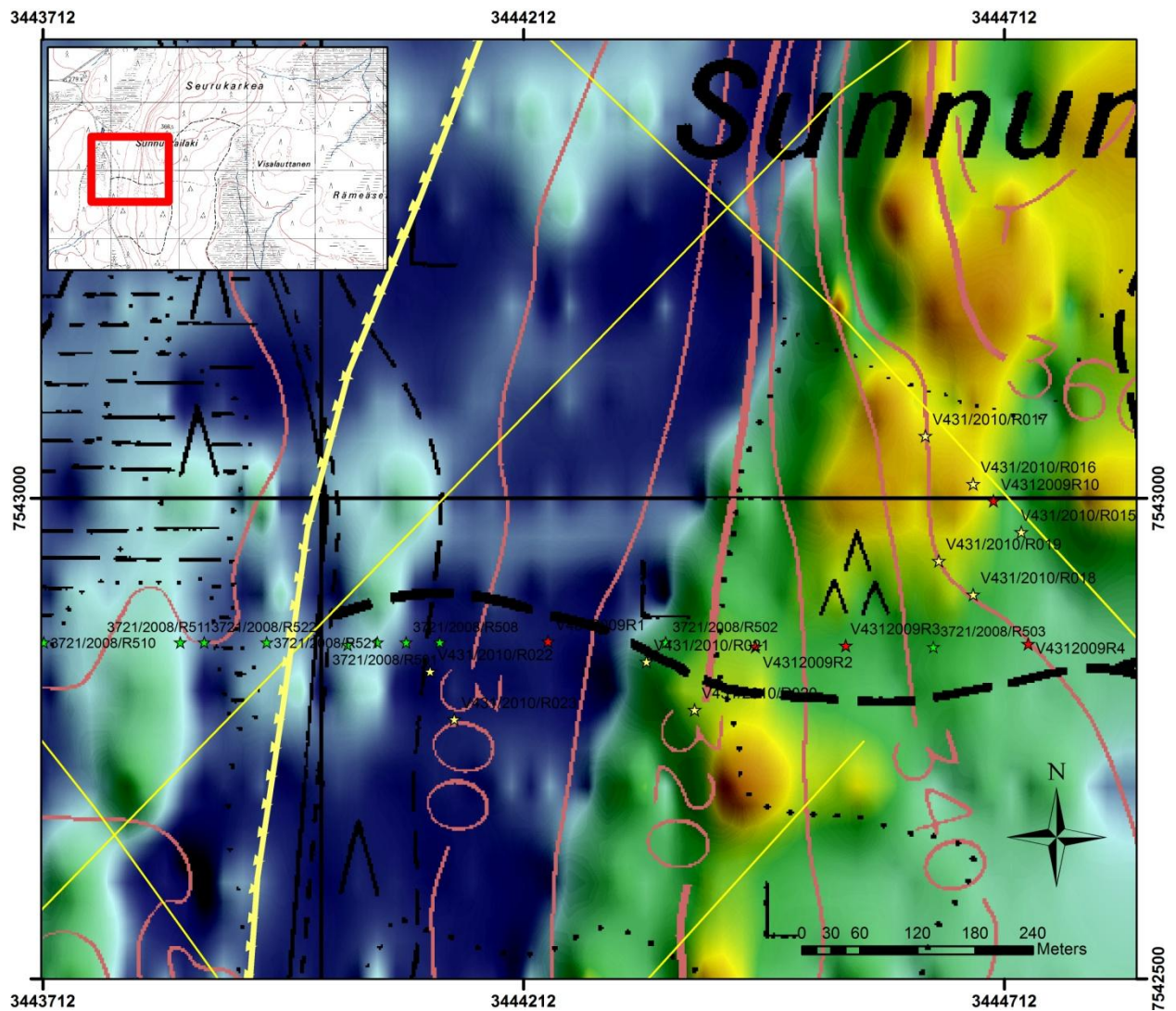
Sekä Sunnuntailaen että Visalauttasen alueella ei kairauksilla havaittu jatkuvia kultapitoisia vyöhykkeitä. Sunnuntailaen kairareissä (R502, R503, R1-R4, R8-R11 ja R015-R021) näyttää siltä, että tummat kvartsi- tai kvartsi-karbonaattijuonet ovat jossain määrin kullan kantajia. Esimerkiksi kairareissä R19 välillä 43.25 m – 43.65 m esiintyvässä kvartsi-karbonaattijuonessa on runsaasti karkeaa, kultapitoista arseenikiisua. Muut selvästi anomaaliset alkuaineet ovat Bi, Mo, Sb ja vähän myös Se.

Kairareissä R21 esiintyy serisiittytyneessä kiilleliuskeessa välillä n. 62 m – 65 m selvästi kultapitoinen vyöhyke, jossa kullan lisäksi on kohonnut Te-, W- ja As-pitoisuus. Au-pitoista arseenikiisua esiintyy kvartsi-karbonaattijuonissa (62.75 m – 63.2m; Au-pitoisuus 1,47ppm).

Vuoden 2009 kairauksella tutkittiin Visalauttasen Au-pitoisten kivilajien N-S ulottuvuutta kuitenkin unohtamatta profiilikairauksen merkitystä. Vuonna 2009 kairattiin 1189 m 11:llä kairareillä: Visalauttasen kairareissä V431/2009/R7 havaittiin pyriittytyneitä, mielenkiintoisia osia ja visuaalisen tarkastelun perusteella ne vastaavat Visalauttasen alueen R516:sta havaittua minera-lisaatiota. R7 sijaitsee muutama sata metriä R516:sta itään ja on itäisin vuoden 2009 kairaus-paikoista. Pyriittytyneet osat eivät kuitenkaan olleet kultapitoisia.

Sunnuntailaen muuttuneiden kiilleliuskeiden ja Sunnuntailaen läntisen alarinteen serisiittytynei-den mustaliuskeiden kultapitoisuuksien korrelaatioita tavallisimpien pathfinderalkuaineiden kanssa verrataan taulukoissa 7 ja 8. Taulukosta 7 nähdään, että, muuttuneiden kiilleliuskeiden kullalla on selkeä korrelaatio arseenin, tellurin, antimonin ja vismutin kanssa. Tilanne mustalius-keissa on erilainen (Taulukko 8) sillä korrelaatio on positiivinen ainoastaan kullalla ja arseenilla. Tämä tarkoittaa sitä, että kiilleliuskeissa kultaa esiintyy yhdessä erilaisten telluridien kanssa, mutta mustaliuskeissa vain arseenikiisun kanssa, todennäköisesti sulkeumina siinä.





**Kuva 22.** Lauttasetkään tehtyt kairareivät. Pohjalla IP-varautuvuus. Vihreät tähdet ovat vuonna 2008 kairattuja, punaiset 2009 kairattuja ja keltaiset vuonna 2010 kairattuja reikiä. Siirrokset on esitetty keltaisilla viivoilla ja suuri ruhje/ylityöntäpinta paksulla keltaisella. Drill holes in Lauttasetkää on the IP chargeability map. Drill holes made in 2008 are marked as green stars, in 2009 as red and in 2010 as yellow. Faults are marked as yellow lines and great shear/over thrust plane as thick yellow line.

**Taulukko 7.** Kairareikien RO15, RO16 ja RO17 valikoitujen alkuaineiden välisiä korrelaatioita. Correlation coefficients of selected elements from the diamond drill hole RO15, RO16 and RO17 assay data.

	Au	As	Te	Sb	Bi	Ag	Mo		
Au	1,000								
As	0,918	1,000							
Te	0,806	0,336	1,000						
Sb	0,863	0,934	0,314	1,000					
Bi	0,769	0,226	0,929	0,225	1,000				
Ag	0,174	0,146	0,102	0,143	0,075	1,000			



<b>Mo</b>	<b>0,108</b>	<b>0,012</b>	<b>0,008</b>	<b>-0,07</b>	<b>0,028</b>	<b>-0,11</b>	<b>1,00</b>		
-----------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------	--	--

**Taulukko 8.** Kairareikien RO22 ja RO23 valikoitujen alkuaineiden välisiä korrelaatioita. *Correlation coefficients of selected elements from the drill hole RO22 and RO23 assay data.*

	<b>Au</b>	<b>As</b>	<b>Te</b>	<b>Sb</b>	<b>Bi</b>	<b>Ag</b>	<b>Mo</b>
<b>Au</b>	<b>1.000</b>						
<b>As</b>	<b>0.518</b>	<b>1,000</b>					
<b>Te</b>	<b>-0.03</b>	<b>0,18</b>	<b>1,000</b>				
<b>Sb</b>	<b>0.027</b>	<b>0,18</b>	<b>0,862</b>	<b>1,000</b>			
<b>Bi</b>	<b>-0.03</b>	<b>0,18</b>	<b>0,756</b>	<b>0,603</b>	<b>1,000</b>		
<b>Ag</b>	<b>-0,09</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,18</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>	<b>1,000</b>	
<b>Mo</b>	<b>0.009</b>	<b>-0,07</b>	<b>0,141</b>	<b>0,116</b>	<b>-0,08</b>	<b>0,192</b>	<b>1,00</b>

#### 4.4 Maaperägeologiset tutkimukset

Lauttaselän alueen maaperää tutkittiin tutkimuskaivantoja hyväksi käyttäen kahdessa vaiheessa vuosina 2006 (22 kpl) ja 2008 (20 kpl). Ensimmäisen montutusohjelman tarkoitus oli saada yleiskuva alueen maapeitteen rakenteesta ja koostumuksesta sekä geokemiallisesta luonteesta. Kaivantoja tehtiin alueen pohjoisosaan Kiistalan tien varteen, Lauttaselän keskiosaan ja Seurukarkean länsirinteeseen (Kuva 3). Tutkimustietoa oli tarkoitus myös hyödyntää suunnitteilla olleessa iskuporanäytteenotossa. Vuoden 2008 montutus toteutettiin kevättalvella ja sen tarkoituksena oli tarkistaa niin MMI- ja iskuporatuloksissa esiin nousseita eri metallianomaliaita, mm. Au-, Cu-, Te- ja Bi-anomaliaita.

#### 4.5 Tutkimuskaivannot

Tutkimuskaivannoissa tuli esille alueelle tyypillinen piirre maapeitteestä ja sen rakenteesta. Loivapiirteisillä mäkialueilla rapautuman verhoamaa kalliota peittää 1-2 metrin paksuinen moreenipeite (Kuva 23). Moreenissa on yleensä havaittavissa kaksi erillistä yksikköä, joiden kontakti on vaihtuva (Kuva 24). Alaosa koostuu hiekkaisesta tai hienoainespitoisesta, paikallista särmikästä kiviainesta sisältävästä moreeniaiineksesta ja yläosa hiekkaisemmasta, enemmän pyörityneempiä, pidemmän matkaa jäätikön mukana kulkeutuneesta aineksesta (Kuva 25). Alaosassa esiintyy paikoin lamellirakennetta, joka indikoi jäätikön pohjalla tapahtunutta kerrostumista. Alempi osa edustaakin etenevän vaiheen alustaansa kuluttavaa ja pohjamoreenia kerrostavaa jäätikön liikevaihetta (suunta 240-270°). Siinä on myös enemmän alla olevasta kallioperästä/rapakalliosta peräisin olevaa hienoainesta (Kuva 25).





**Kuva 23.** Tyypillinen Lauttaselän alueen 1-2 m paksu moreenipeite tutkimusojassa 2006-POS-000110. Kuva P. Sarala. Till cover over weathered bedrock surface in test trench 2006-POS-000110. The thickness is 1-2 m which is typical for the Lauttaselkä area. Photo P. Sarala.





**Kuva 24.** Kaksi moreeniyksikköä rapakallion päällä tutkimuskaivannossa 2006-POS-000117. Kuva P. Sarala. Two till units above weathered bedrock surface in the test pit 2006-POS-000117. Photo P. Sarala.



**Kuva 25.** Kaksi moreenia tutkimusojassa 2006-POS-000119, joista alemmassa on runsaasti lyhytmatkaisu-  
ta, lähes alla olevasta kalliosta peräisin olevaa ainesta. Kuva P. Sarala. Two till units above weathered  
bedrock surface in the test pit 2006-POS-000119. The lower till unit consist a lot of short-transported  
stones. Photo P. Sarala.





**Kuva 26.** Hienoainespitoinen (alempi) ja hiekkainen (ylempi) moreeniyksikkö rapakallion päällä tutkimusojassa 2006-POS-000106. Kuva P. Sarala. Fines rich (lower) and sandy (upper) till units above weathered bedrock surface in the test trench 2006-POS-000106. Photo P. Sarala.

Alavemmilla alueilla maapeite on selkeästi lakialueisiin verrattuna paksumpi. Painanteisiin kaivettujen monttujen keskisyvyys oli 4 m, mutta osassa ei kalliota tavoitettu vielä reilussa viidessä metrissäkään. Maapeite koostuu kolmesta moreeniyksiköstä, jotka näkyvät erityisesti kiviaineksen koostumuseroina (Kuva 23.), mutta myös hienoaineksen koostumuksessa. Kivilajien määrä ja kivien pyöristyneisyys ovat tyypillisesti suurimpia ylimmässä moreenissa ja paikallisen kiviaineksen osuus kasvaa syvempänä. Myös alimmassa moreenissa on paikoin nähtävissä pitkämatkaisen kiviaineksen määrän kasvu, mikä heijastelee pidempää jäätikkökuljetusta verrattuna keskimääräiseen moreeniin. Se näkyy myös kivien pyöristyneisyydessä, mikä on graniiteille ja kiilleliuskeille 4-5 ja emäksisille vulkaniiteille tyypillisesti 2-3. Kivien suuntaus on yläosassa 270°, alemmista moreeneista ei suuntauslaskuja ole tehty.

#### 4.6 Heikkouuttonäytteiden geokemia

Heikkouuttonäytteenottolinjat ylittivät keskeisen alueen Lauttaselän tutkimusalueella. Tehdyt linjat kattavat useita erilaisia kallioperäyksiköitä ja ylittävät keskiosissaan paksun maapeitteen alueen Lauttaselän ja Seurukarkean välissä. Näytteenotto ja tulosten käsittely olivat osa GTK:n laajempaa heikkouuttomenetelmätestausta, jonka tuloksista on kerrottu Sarala et al. (2008) raportissa.

Analyysituloksissa havaitaan selvästi anomaalisia As-, Au-, Ni- ja Zn- pitoisuuksia (kts. Kuvat 18-21 Sarala et al. 2008 raportissa). Voimakkaimmat As- ja Zn-anomaliat sijoittuvat Lauttaselän itäosan ja Seurukarkean länsireunan väliin, jossa on kallioperässä mafisten vulkaniittien ja kiilleliuskeen kontakti. Samaan vyöhykkeeseen sijoittuu myös Au-anomalia. Toinen selkeä Au-anomalia tulee näytteenottolinjojen länsipäähän, jossa on toinen kontaktivyöhyke ja siihen liittyvä serpentiniittikerros. Serpentiineihin liittyy myös Ni-pitoisuuden kohoaminen, mikä näkyy myös MMI-tuloksissa.

#### 4.7 Geokemialliset tutkimukset kaivannoista

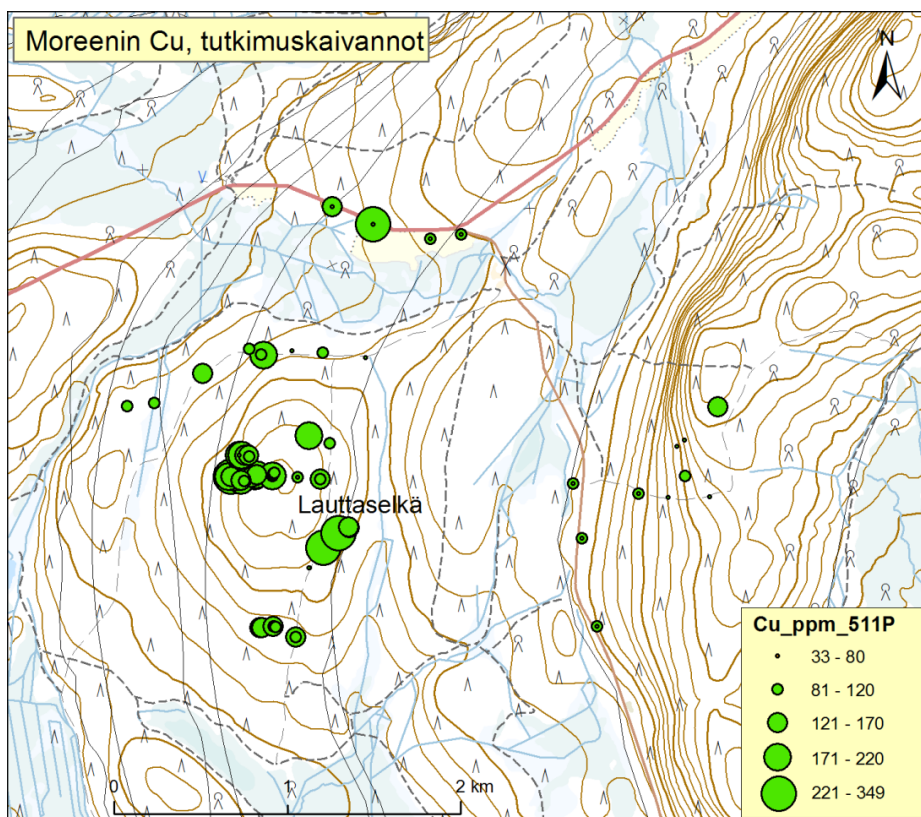
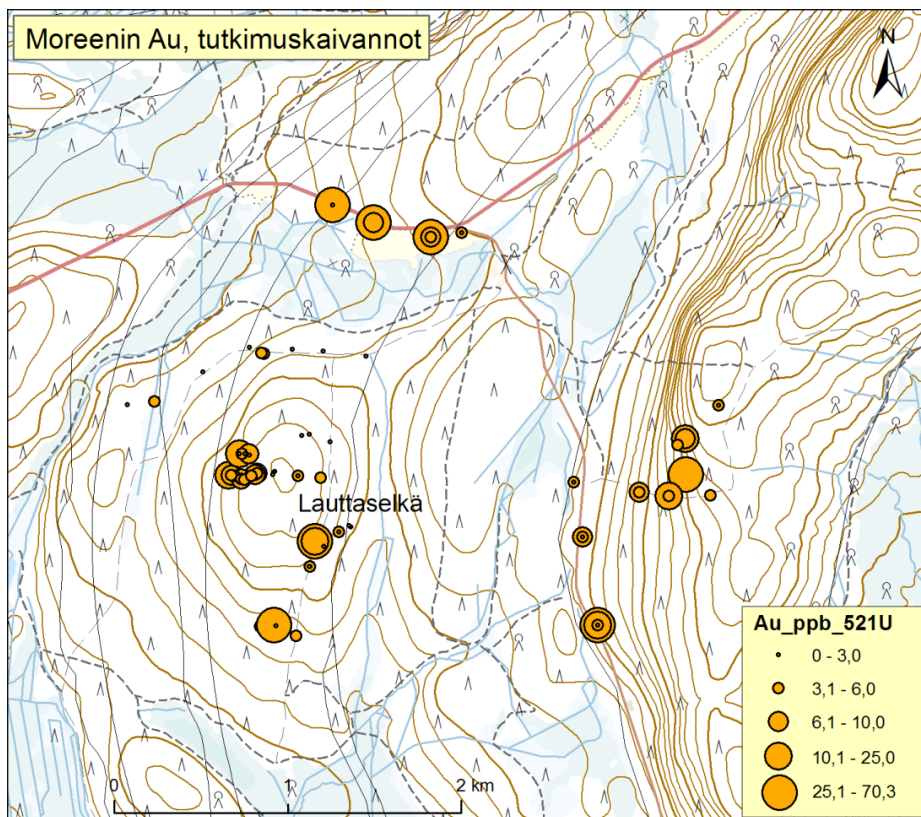
Moreenigeokemiassa kallioperän kivilajien vaihtelu näkyy selkeästi lännestä itään edettäessä (Kuvat 27-29). Montutusalueen länsi- ja pohjoisosassa, emäksisen vulkaniitin alueella moreenigeokemiassa korostuvat kohonneet Cu- (100-350 ppm), Sb- (runsaasti 700-1100 ppb) ja Te (30-50 ppb). Rapakalliossa samat alkuaineet korostuvat myös ja erityisesti Sb, jonka korkein pitoisuus nousee ppm:n tasolle. Lisäksi As- (maks. 714 ppm), Ba- (maks. 905 ppm), Ni-pitoisuudet (maks. 1210 ppm) ovat anomaalisia, mutta eivät aiheuta merkittävää pitoisuuksien kohoamista moreenissa. Sen sijaan, kultapitoisuudet eivät ole selkeästi kivilajien kontrolloimia, vaan korkeita pitoisuuksia (useita yli 10 ppb; maks. 70 ppb) esiintyy koko alueella (kuva Au). Tämä viittaa laaja-alaiseen mineralisoitumiseen ja hydrotermiseen toimintaan Lauttaselän alueella.

Kallioperässä (1:200 000) Lauttaselän keskiosaan etelästä ulottuva serpentiniitti-yksikkö näkyy sekä moreenissa että rapakalliossa kohonneina ja paikoin selkeästi anomaalisina As-, Cr-, Mn-, Ni-, Pd-, Sb-, V- ja myös Au-pitoisuuksina (maks. 52 ppb). Serpentiniittejä tavattiin erityisesti vuoden 2008 tutkimuskaivannoissa (2008 POS-4 - 9).

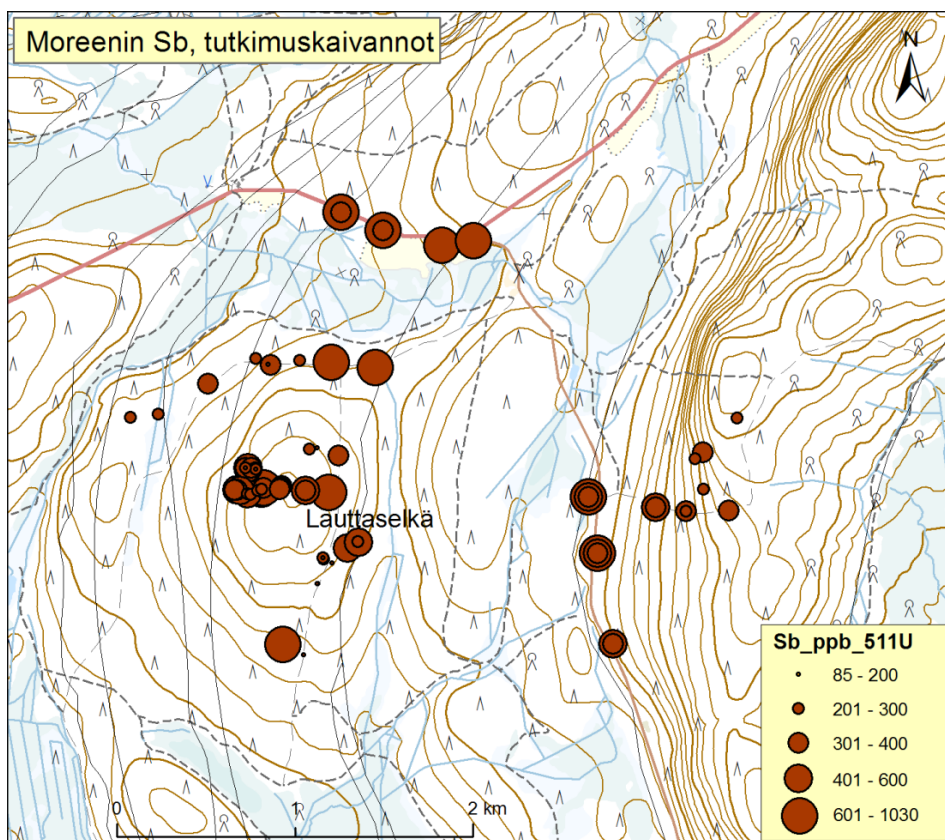
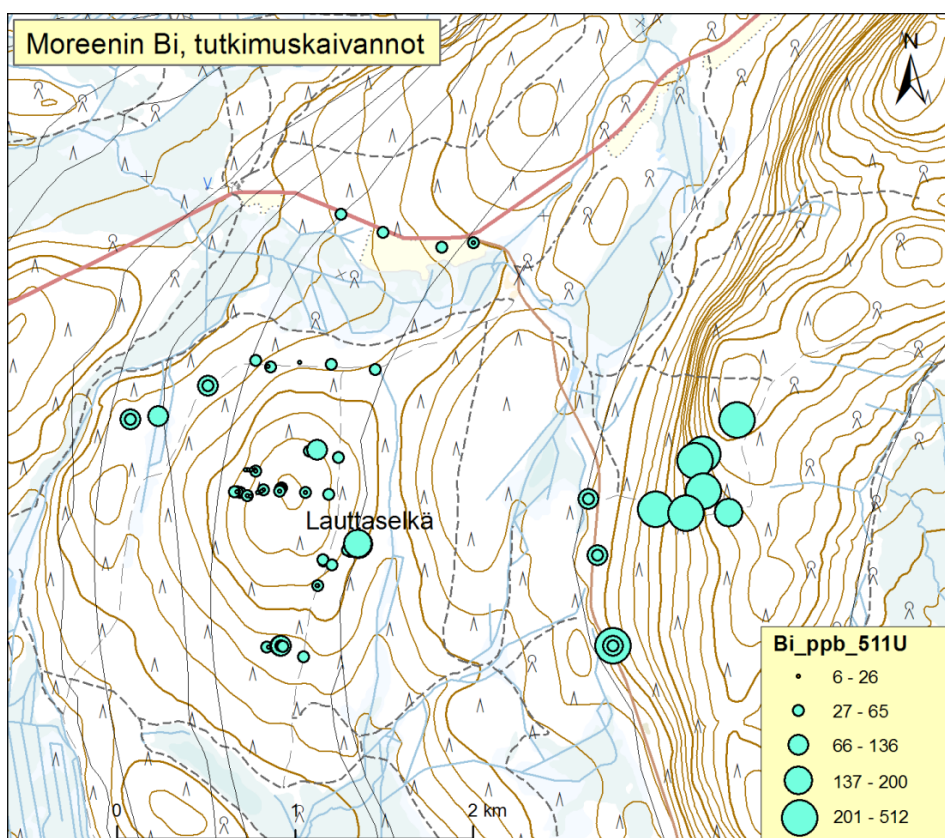
Itään päin siirryttäessä kallion kivilaji vaihtuu vulkaniiteista kiilleliuskeeseen, mikä näkyy myös moreenigeokemiassa. Useilla metalleilla (esim. Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Sb, V ja Zn) pitoisuustasot laskevat lännen vulkaniitteihin verrattuna. Sen sijaan As- (50-300 ppm; maks. 971 ppm) ja Bi-pitoisuudet (200-500 ppb; maks. 727 ppb) kohoavat huomattavan anomaalisiksi. Myös Au-pitoisuudet ovat paikoin anomaalisia (maks. 58 ppb). Sama piirre on sekä moreenin hienoaineksessä että rapakalliossa.

Moreeni- ja rapakallioaineistojen tilastollisia tunnuslukuja tarkasteltaessa nähdään, että useiden alkuaineiden keski- ja mediaanipitoisuudet ovat huomattavan korkeita (liitteet 3-6). Vaihtelukerroin  $c$  on korkea ( $> 1$ ) usealle alkuaineelle, kuten As, Au, Bi, K, Mn, Ni, S, Sb, Te. Tämä osoittaa, että Lauttaselän tutkimuskohteessa on potentiaalia erilaisille, paikoin kiisupitoisille mineralisoitumille. Lisäksi kohonneet K-pitoisuudet indikoivat laajaa hydrotermistä muuttumista tutkimusalueella.



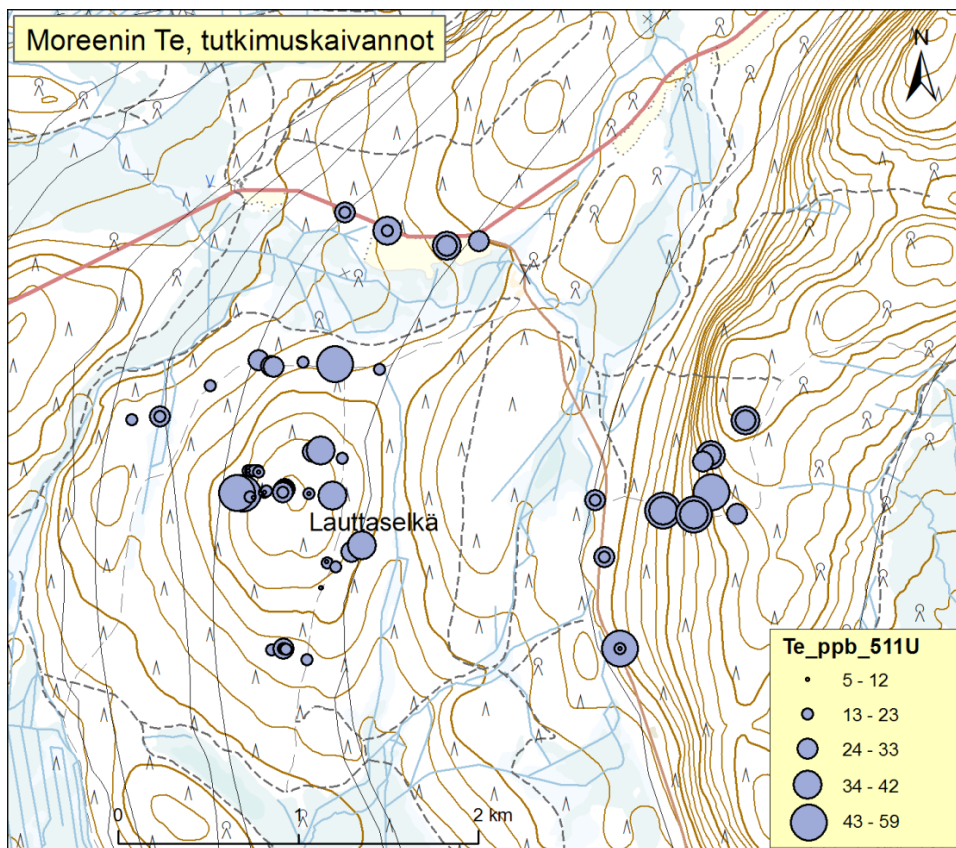


**Kuva 27** a) Au- ja b) Cu-pitoisuudet moreenin hienoainekses- sa Lauttasejän tutki- muskaivannoissa. Dis- tribution of a) Au and b) Cu in till (<0.06 mm) in the test pits at Lauttasekä.



**Kuva 28 a) Bi- ja b) Sb-pitoisuudet moreenin hienoaineksessa Lauttasejän tutkimuskaivannoissa. Distribution of a) Bi and b) Sb in till (<0.06 mm) in the test pits at Lauttasekä.**

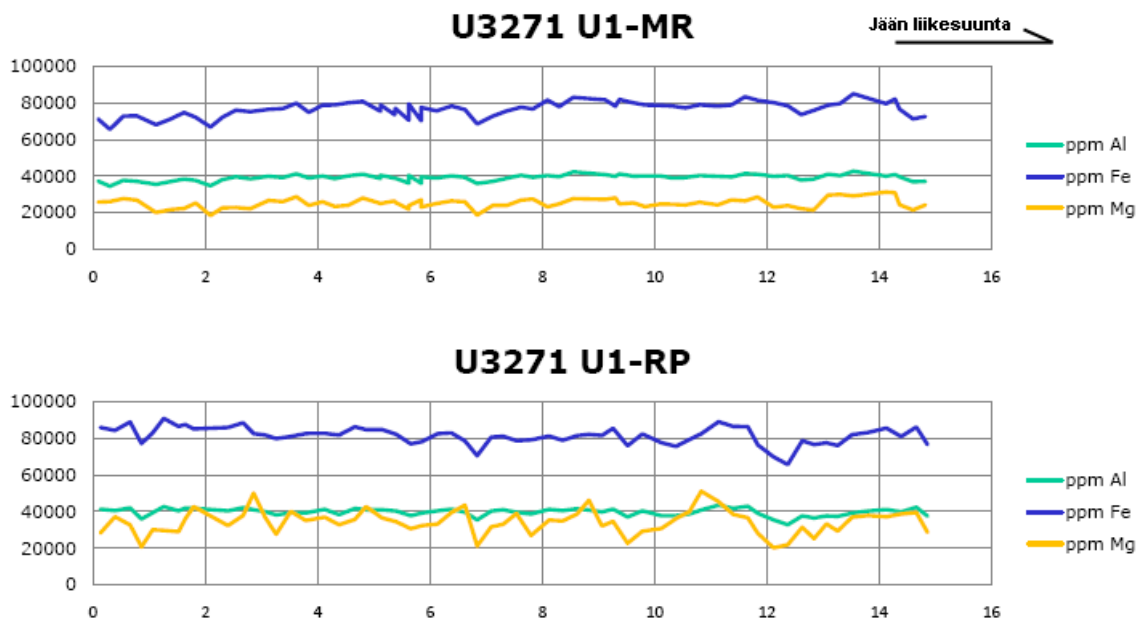




**Kuva 29.** Te-pitoisuus moreenin hienoaineksessa Lauttaselän tutkimuskaivannoissa. *Distribution of Te in till (<0.06 mm) in the test pits at Lauttaselkä.*

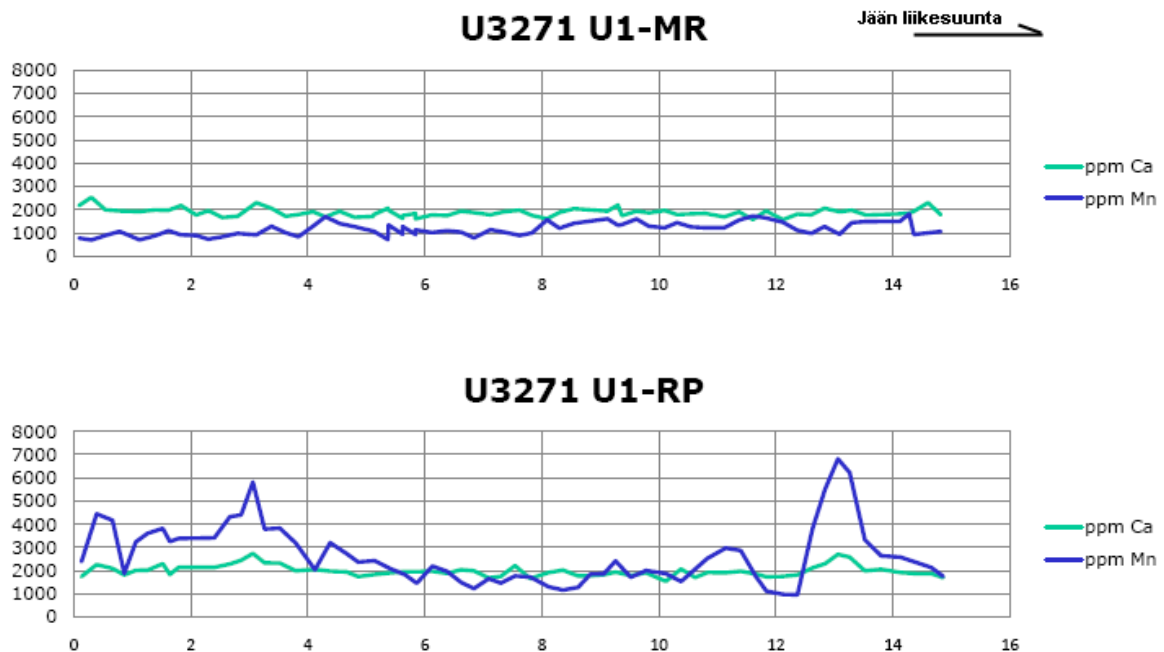
XRF-testauksen tuloksena saatiin mielenkiintoista tietoa moreeniatteen kuljetusmatkasta. Vaikka rapakalliossa vaihtelut ovat huomattavasti moreenia suurempia, pystytään vastaavuudet havaitsemaan selkeästi alkuaineprofiileissa. Moreenilla vaihtelut ovat luonnollisesti pienempiä jäätikkökuljetuksen laimentavasta vaikutuksesta johtuen. Esimerkiksi profiilissa 2008 POS-U1 nähdään raudan ja magnesiumin (kuva 6) sekä kalsiumin ja mangaanin (kuva 7) pitoisuuskäyrissä vastaavat trendit, jotka näkyvät moreenissa n. 2-3 m:n siirtymän jälkeen jäätikön liikesuunnassa (kasvavassa metrimäärässä). Myös As-pitoisuudet näyttävät korreloivan hyvin. Sen sijaan mittausraporteissa näytetyt Au- ja Te-pitoisuudet eivät ole todellisia (todelliset pitoisuudet ppb-tasoa eli selkeästi alle XRF-menetelmän määrittäysrajan), vaan heijastelevat muiden seuralaisalkuaineiden kuten As:n pitoisuusvaihtelua. XRF-analysaattorin kalibrointi käyttäen olemassa olleita geokemian näytteitä ja mittauksen tulokset on esitetty kahdessa erillisessä tiedostossa (liittyy 1-2). Tulosten perusteella voidaan päätellä, että kuvattu näytteiden keräys- ja varastointimenetelmä ja liikutettava XRF-analysaattoriyksikkö ovat käyttökelpoinen yhdistelmä kohteellisessa malminetsinnässä esim. mineralisoituneita juonia tai vyöhykkeitä paikannettaessa.

## Ura U3721-08 U1 –profiilit – Al Fe Mg



**Kuva 30.** Scanmobile XRF-analysaattorilla mitatut Fe- ja Mg-pitoisuudet rapakalliossa (alempi) ja moreenissa (ylempi) tutkimusprofiilissa 2008 POS-U1. Alkuainepitoisuuksien siirtymä moreenissa on 2-3 m jäätikön liikesuuntaan. Fe and Mg contents of till (upper) and weathered bedrock surface (lower) in the study profile 2008 POS-U1 based on Scanmobile XRF-analyser.

## Ura U3721-08 U1 profiilit – Ca Mg



**Kuva 31.** Scanmobile XRF-analysaattorilla mitatut Ca- ja Mn-pitoisuudet rapakalliossa (alempi) ja moreenissa (ylempi) tutkimusprofiilissa 2008 POS-U1. Alkuainepitoisuuksien siirtymä moreenissa on 2-3 m



**GTK**

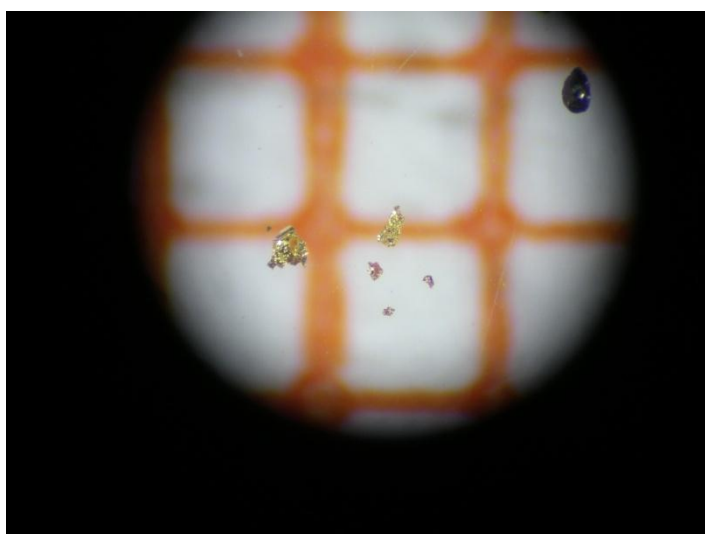
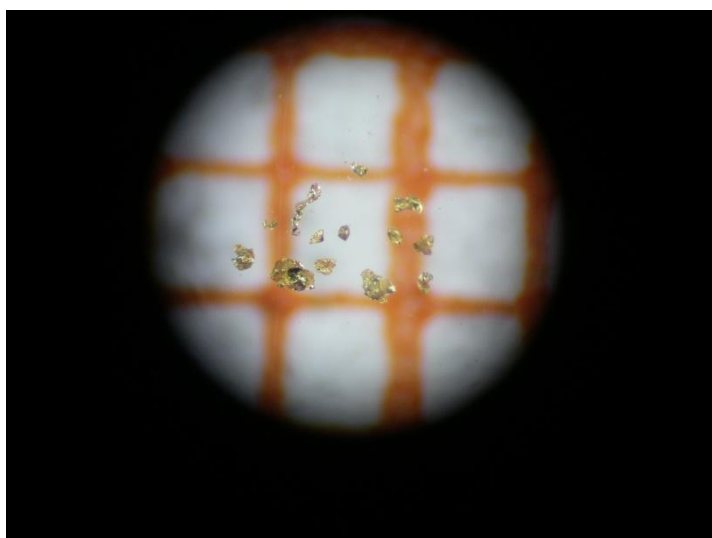


*jäätikön liikesuuntaan. Ca and Mn contents of till (upper) and weathered bedrock surface (lower) in the study profile 2008 POS-U1 based on Scanmobile XRF-analyser.*

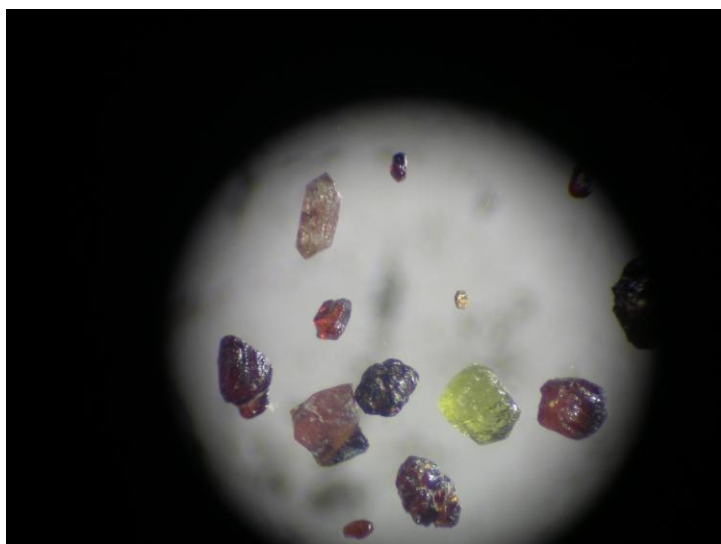
Syanidointianalyysituloksissa ei yhdessäkään näytteessä ylitetty määritysrajaa (100 ppb). Se on looginen tulos, koska moreeni- ja rapakallionäytteidenkin korkein pitoisuus 70 ppb oli selkeästi rajan alapuolella. Syanidointitulokseen on myös osaltaan voinut vaikuttaa grafiitin esiintyminen kalliossa ja paikoin suuri savipitoisuus, joiden on todettu aiheuttavan ongelmia ko. menetelmälle (H. Niskavaaran suullinen tiedonanto vuonna 2008).

#### 4.8 Raskasmineraalitutkimukset

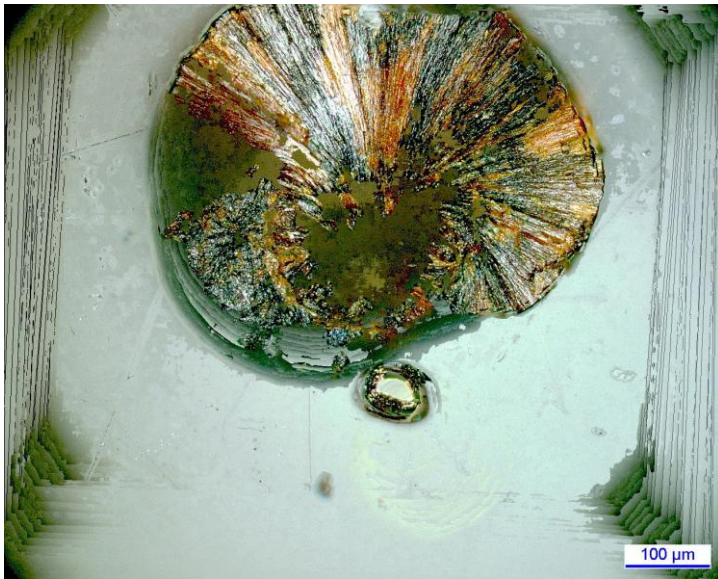
Raskasmineraaleista erityisesti kultahiput/-rakeet olivat havainnoinnin kohteena, mutta myös muita raskasmineraaleja pyrittiin tunnistamaan ja niiden määriä arvioimaan. Kultarakeita löydettiin vuoden 2006 näytteistä 59 kpl (69 näytteestä) ja vuonna 2007 6 kpl (36 näytteestä). Hippujen koko oli yleensä 100-300 µm ja ne olivat muodoltaan särmikkäitä tai hieman pyörityneitä (kuva 8a). Itäosan kaivantojen näytteissä oli myös hyvin terävsärmäisiä ja repaleisia kultarakeita niin rapakalliossa (kuva 8b) kuin moreenissakin merkinä erittäin lyhyestä kuljetusmatkasta (kuva 8c). Muutamia isompiakin kultahippuja esiintyi, joista paras esimerkki on noin 1,5 mm pitkä kulta-kvartsi-sekarae (kuva 9a). Muita tyypillisiä raskasmineraaleja olivat magnetiitti, granaatit, epidootti, hematiitti, erilaiset rautasaostumat, zirkoni ja rikkikiisu (kuva 9b). Rapautumisprosessissa syntyy erilaisia rautasaostumia, joista tutkimuskaivannosta 2006 POS-000110 havaittu simpukkamainen götiittirae on hyvä esimerkki (kuva 9c). Raskasmineraalinäytteet ja niistä tehdyt havainnot on listattu liitteisiin 6 ja 7.



**Kuva 32.** a) Kulmistaan pyöristyneitä Au-rakeita moreeninäytteessä tutkimuskaivannossa 2006 POS-000113, b) teräväsärmäisiä/tähtimäisiä kultarakeita rapakallionäytteessä tutkimuskaivannossa 2006 POS-000119 ja c) teräväsärmäisiä kultarakeita moreeninäytteessä tutkimuskaivannossa 2006 POS-000122. Taustalla millimetripaperi mittakaavana. Kuvat A. Peltoniemi-Taivalkoski. a) Rounded gold grains in till at the test pit 2006 POS-000113, b) angular/star-like gold grains in weathered bedrock at the test pit 2006 POS-000119 ja c) angular gold grains in till at the test pit 2006 POS-000122. Box size 1 mm in the background. Photos A. Peltoniemi-Taivalkoski.



**Kuva 33.** a) Millimetrin pituinen kulta-kvartsisekahippu moreeninäytteessä tutkimuskaivannossa 2006 POS-000118, b) tyypillisiä raskasmineraaleja (granaatti, epidootti, hematiitti, zirkoni, kulta) moreeninäytteessä tutkimuskaivannossa 2006 POS-000113 (kuvan halkaisija noin 2,5 mm) ja c) simpukkamainen götiittirae ja pyöristynyt kultarae rapakallionäytteessä tutkimuskaivannossa 2006 POS-000110. Kuvat a ja c R. Lampela, b J. Valkama. Gold-quartz grain (length 1 mm) in till at the test pit 2006 POS-000118, b) typical heavy minerals (garnet, epidote, hematite, zircon, gold) in till at the test pit 2006 POS-000113 (diameter 2.5 mm) and c) shell-like goethite grain and rounded gold grain in weathered bedrock at the test pit 2006 POS-000110. Photos a and c R. Lampela, b J. Valkama.



Raskasmineraalien käsittelyssä käytettiin tässä tutkimuksessa kahta eri menetelmää: vuonna 2006 kultakoira-spiraalirikastusta ja vuonna 2008 Knelson-rikastus + raskasnesteseparointi. Kultakoiralla tehdyissä rikastuksissa löydettiin kultarakeita tasaisesti ja useasta näytteestä kohtalaisen runsaasti, mutta vuoden 2008 näytteissä kultarakeita havaittiin heikosti vaikka näytteitä otettiin samoilta alueilta. Näyttäisi siltä, että jälkimmäisessä näyte-erässä käytetyissä rikastusmenetelmissä kultarakeita on hävinnyt ja tulos ei siten ole luotettava. Mahdollisia virhelähteitä ovat esim. lehtimäisten kultarakeiden katoaminen johtuen kellumisesta pintajännityksen seurauksena tai pienten hitusten tarttuminen savi- tai rautaoksidipartikkeleihin raskasnesteseparoinnissa. Osa kultarakeista on myös niin pieniä (< 50 mikronia), että niiden luotettava tunnistaminen mikroskoopin alla vaikeaa varsinkin, jos kiillemineraaleja on vielä jäänyt näytteisiin. Näytteiden rikastusmenetelmien ja mineraalien tunnistamisen seurantaan on syytä kiinnittää jatkossa huomiota.

#### 4.6 Geokemiallinen verkkonäytteenotto

Kohdentavan geokemiallisen näytteenoton rapakallion ja moreenin alkuainepitoisuuksia on esitetty kuvissa 19-26. Eri alkuaineiden pitoisuudet on esitetty käyttäen IDW-interpolointia.

Rapakallioaineksen alkuainejakaumakartoilla näkyy kolme selkeää N-S-suuntaista rajapintaa, jotka näyttäisivät kohtalaisen hyvin korreloituvan alueen kivilajikontakteihin (vrt kuvat 19-26 ja Kuva 14). Geokemiallisista rajapinnoista kaksi läntisintä yhtyy alueelta tulkittuihin N-S-suuntaisiin ylityöntöpintoihin. Läntisin ylityöntöpinta ja samalla kivilajikontakti näkyy hyvin Te-, Cu-, Ni- K-, Ti-kartoilla ja jossain määrin myös Fe- ja Mn-kartoilla. Itäinen N-S-suuntainen ylityöntöpinta näkyy lähes kaikilla alkuainekartoilla, mutta erityisen terävästi se näkyy Te-, Bi-, Li-, La-, Ti-, Sc- ja V-alkuainejakaumakuvissa. Kolmas geokemiallinen rajapinta on noin 2 km itään itäisestä N-S-suuntaisesta ylityöntöpinnaasta ja se ilmenee terävästi mm. Ni-, Mg- Cr-kartoilla.

Tutkimuskohteen itäosissa on N-S-suuntainen ja noin 1.3 km leveä alue, jossa Ni-, Mg-, Cr- ja jossain määrin myös Cu-, Fe-, Sc- ja V-pitoisuudet ovat koholla. Tämän lohkon länsireunaan liittyy selkeästi kohonneita As ja Sb-pitoisuuksia. Tätä aluetta kallioperäkartalla edustaa Matara-

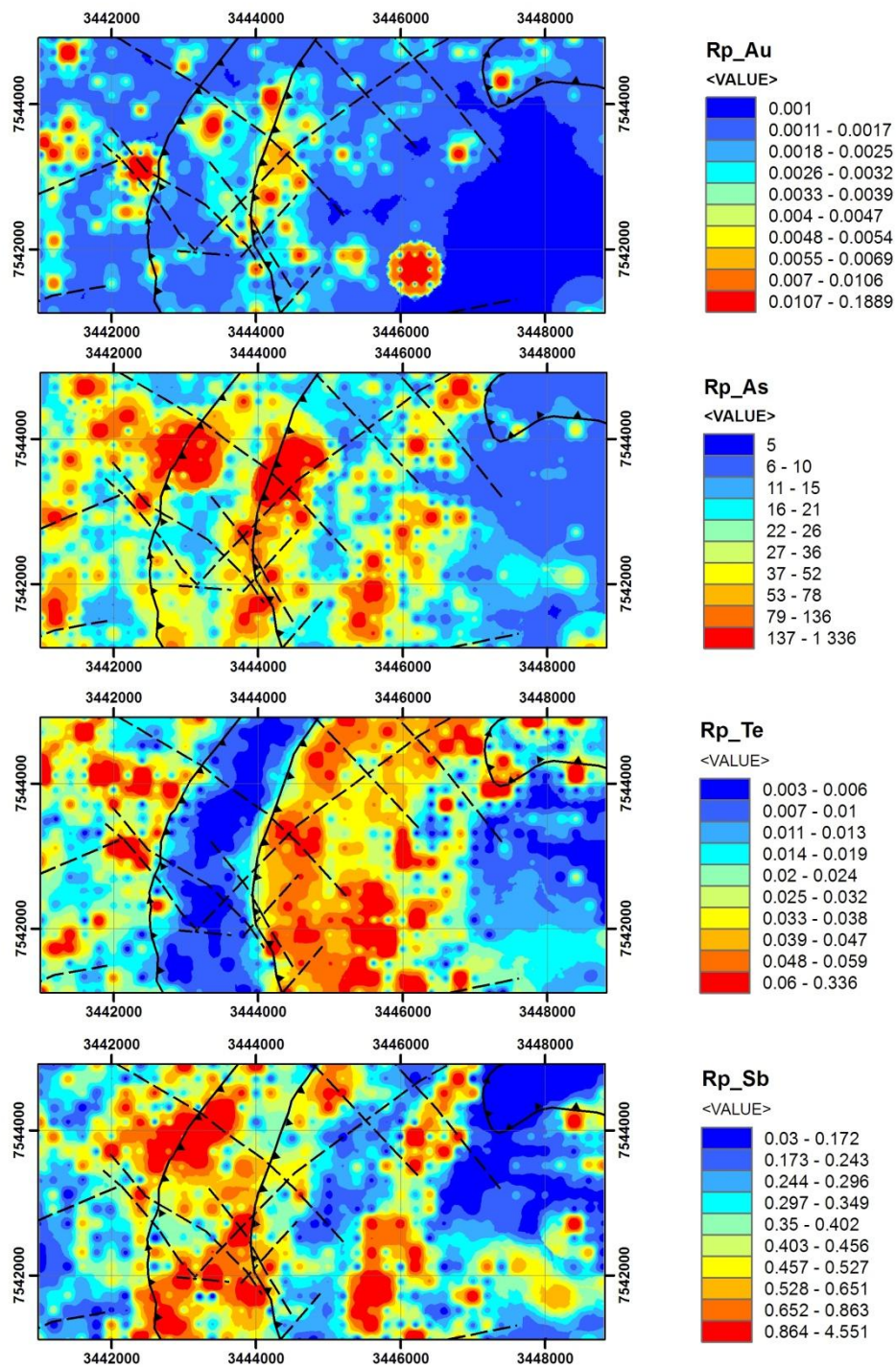




kosken grafiittinen yksikkö ja sen pohjoisosissa Sallan ryhmä. Todennäköisesti kohonneet As- ja Sb-pitoisuudet indikoivat Matarakosken grafiittista muodostumaa ja kohonneet Ni-, Mg-, ja Cr-pitoisuudet viittaavat ultramafisiin kiviin. Tällöin tutkimusalueen kallioperäkartalle piirretty itäinen Matarakosken grafiittinen yksikkö koostuisikin kapeasta grafiittisesta yksiköstä ja Sattasvaaran muodostuman ultramafiiteista. Rapakallioaineiston perusteella kallioperäkartan pohjoisosiin piirretty Sallan ryhmän Kuortisojan muodostuma ei ole todellinen.

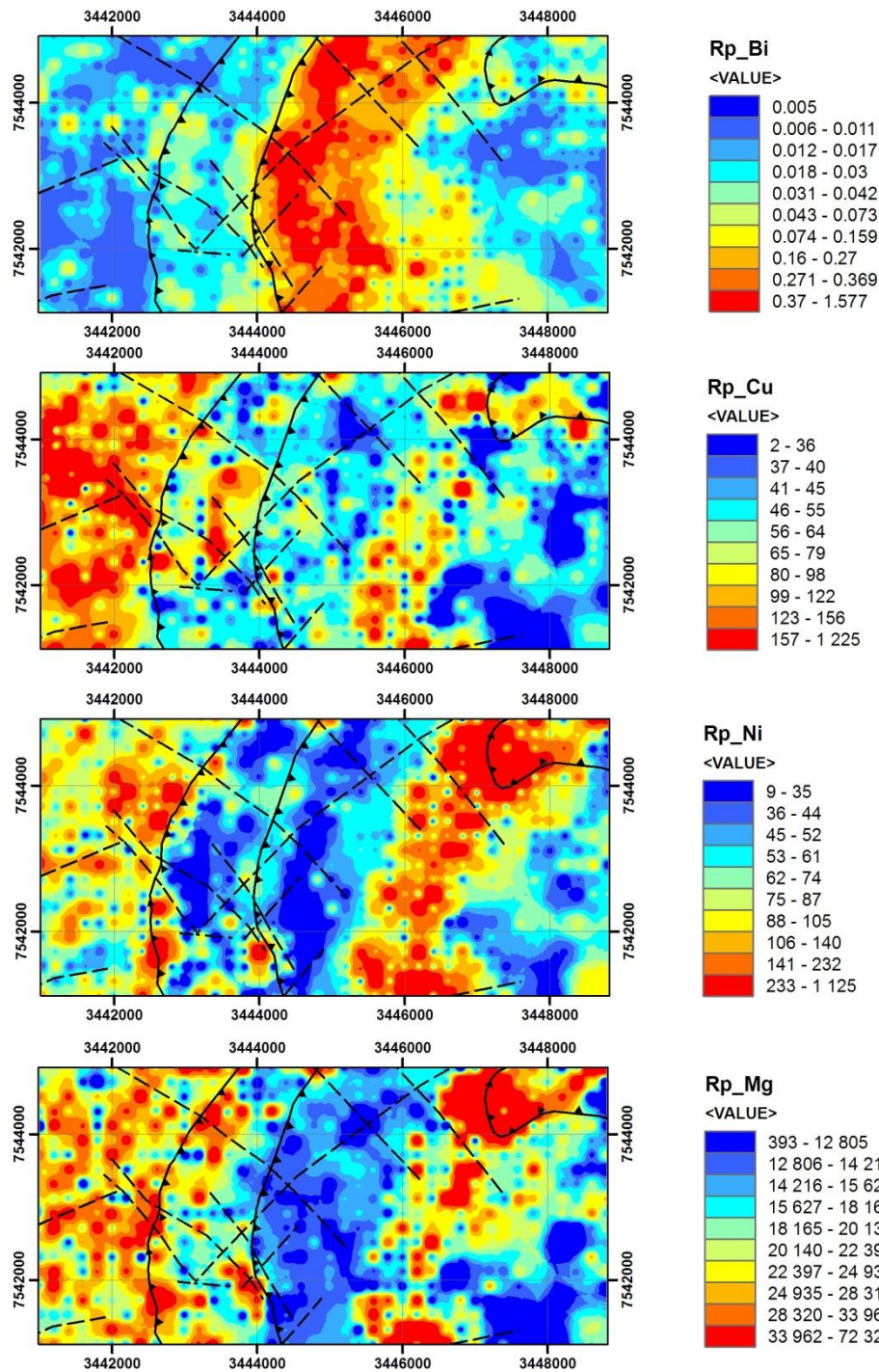
Rapakallioaineksen geokemia heijastaa alueen kallioperää ja sen kivilajivaihtelua. Geokemiallisilta kartoilta on siten vaikea hahmottaa mineralisoitumiseen tai malmimuodostukseen viittaavia piirteitä. Rapakallion kultapitoisuudet ovat vain lievästi anomaalisia (max. 0.19 ppm) ja osin aineksen luonteesta johtuen, pistemäisiä. Kuitenkin, lievästi kohonneet Au-pitoisuudet muodostavat aluetta halkovan ESE-WNW-suuntaisen vyöhykkeen. Kohonneet Au-pitoisuudet korreloituivat vain osittain kohonneisiin As-pitoisuuksiin. Syväkairausten analyysitulosten perusteella korkeat kulta-pitoisuudet kuitenkin liittyvät arseenikiisun esiintymiseen. Alueen Bi-jakauma on mielenkiintoinen sillä korkeimmat Bi-pitoisuudet muodostavat selkeän oman alueen. Tähän ”Bi-lohkoon” liittyy myös korkeita Te-, K-, La- ja Li-pitoisuuksia. Kallioperäkartalla Bi-lohko kuitenkin korreloittuu Sodankylän ryhmän sedimenttiseen Postojoki-muodostumaan eikä Bi siten suoraan osoita esim. kultakriittisiä kohteita.

Moreeniaineksen eri alkuaineiden pitoisuusjakaumakartat (Kuvat 23-26) ovat pääsääntöisesti samankaltaisia kuin vastaavat rapakallioaineksen kartat (Kuvat 19-22). Kuitenkin, esim. tutkimusalueen itäosissa sijaitseva N-S-suuntainen Ni-Mg-Cr-Cu-Fe-Sc-V-vyöhyke näkyy eteläosiltaan huonosti moreenikartoilla. Au- ja As-pitoisuusjakaumissa on havaittavissa selviä eroja, jos verrataan toisiinsa rapakallion ja moreenin vastaavia geokemiallisia karttoja. Moreenin Au-kartta antaa todennäköisesti paremman kuvan alueen kultapotentialista kuin rapakallion vastaava. Moreenin kultakartalla korkeimmat kulta-anomaliat muodostavat NW-SE-, NE-SW- sekä osin N-S-suuntaisia vyöhykkeitä liittyen todennäköisesti alueen rakenteellisiin heikkousvyöhykkeisiin. Myös moreeniaineksen kohonneet Au-pitoisuudet näyttäisivät korreloituvat vain osittain kohonneisiin As-pitoisuuksiin.



**Kuva 34.** Au-, As-, Te- ja Sb-pitoisuudet (ppm) rapakalliossa, interpoloitu aineisto (IDW). Katkoviivalla on esitetty mahdolliset siirros- ja hiertovyöhykkeet. Distribution of Au, As, Te and Sb (ppm) in weathered bedrock, IDW interpolation method. Interpreted faults and thrusts are drawn as dashed lines.

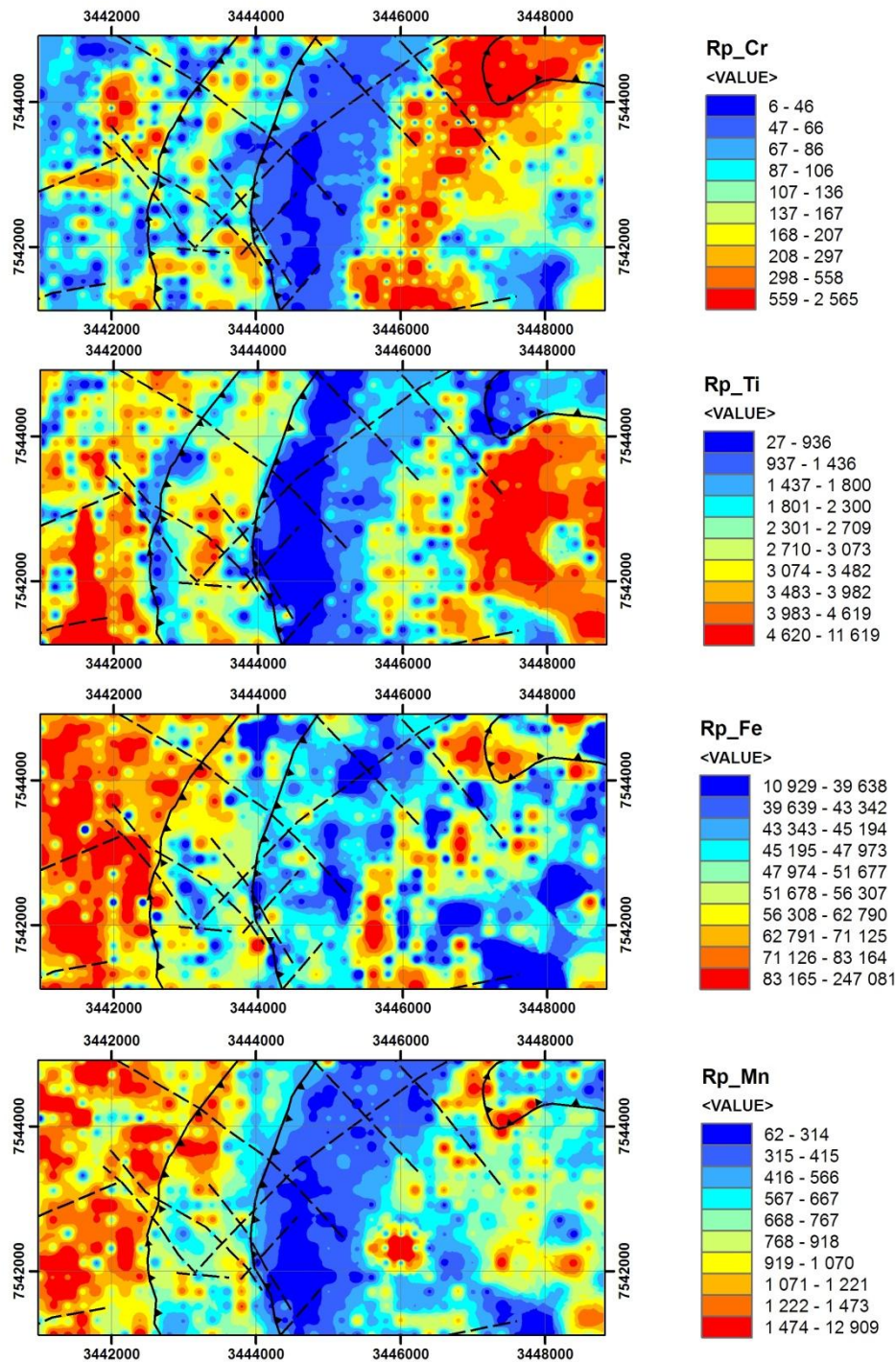




**Kuva35.** Bi-, Cu-, Ni- ja Mg-pitoisuudet (ppm) rapakalliossa, interpoloitu aineisto (IDW). Katkoviivalla on esitetty mahdolliset siirros- ja hiertovyöhykkeet. Distribution of Bi, Cu, Ni and Mg (ppm) in weathered bedrock, IDW interpolation method. Interpreted faults and thrusts are drawn as dashed lines.

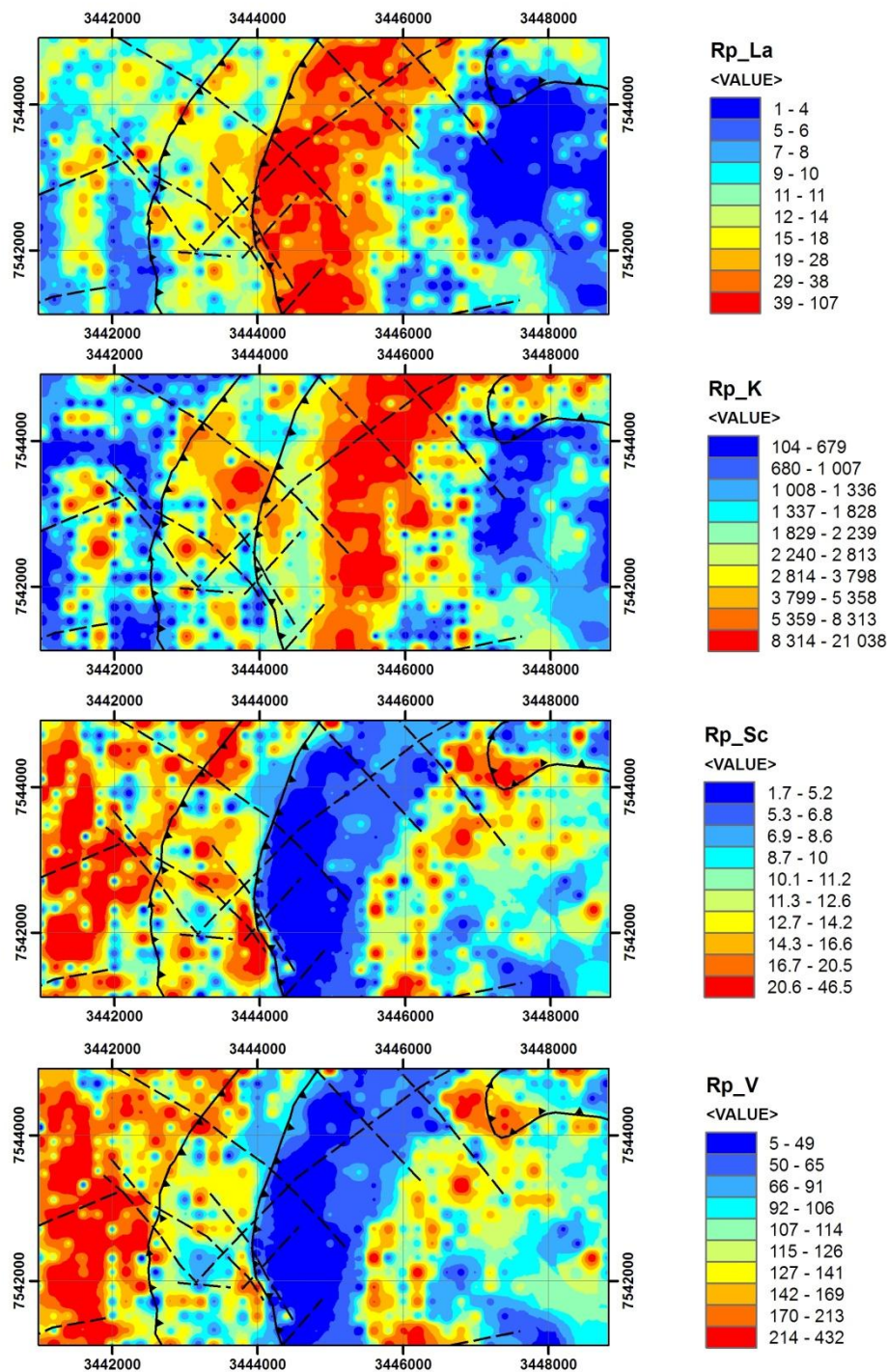




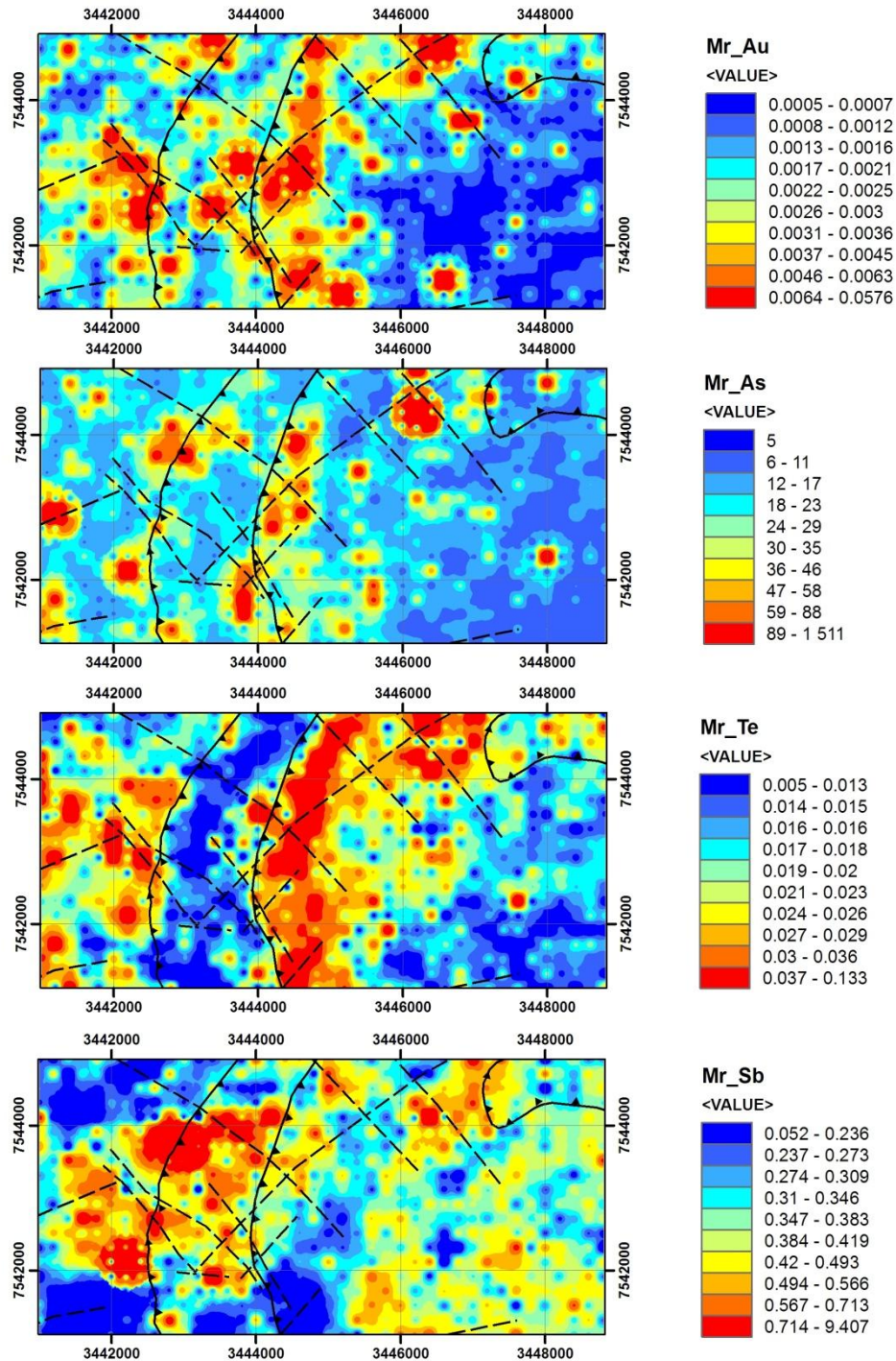


**Kuva 36.** Cr-, Ti-, Fe- ja Mn-pitoisuudet (ppm) rapakalliossa, interpoloitu aineisto (IDW). Katkoviivalla on esitetty mahdolliset siirros- ja hiertovyöhykkeet. Distribution of Cr, Ti, Fe and Mn (ppm) in weathered bedrock, IDW interpolation method. Interpreted faults and thrusts are drawn as dashed lines.





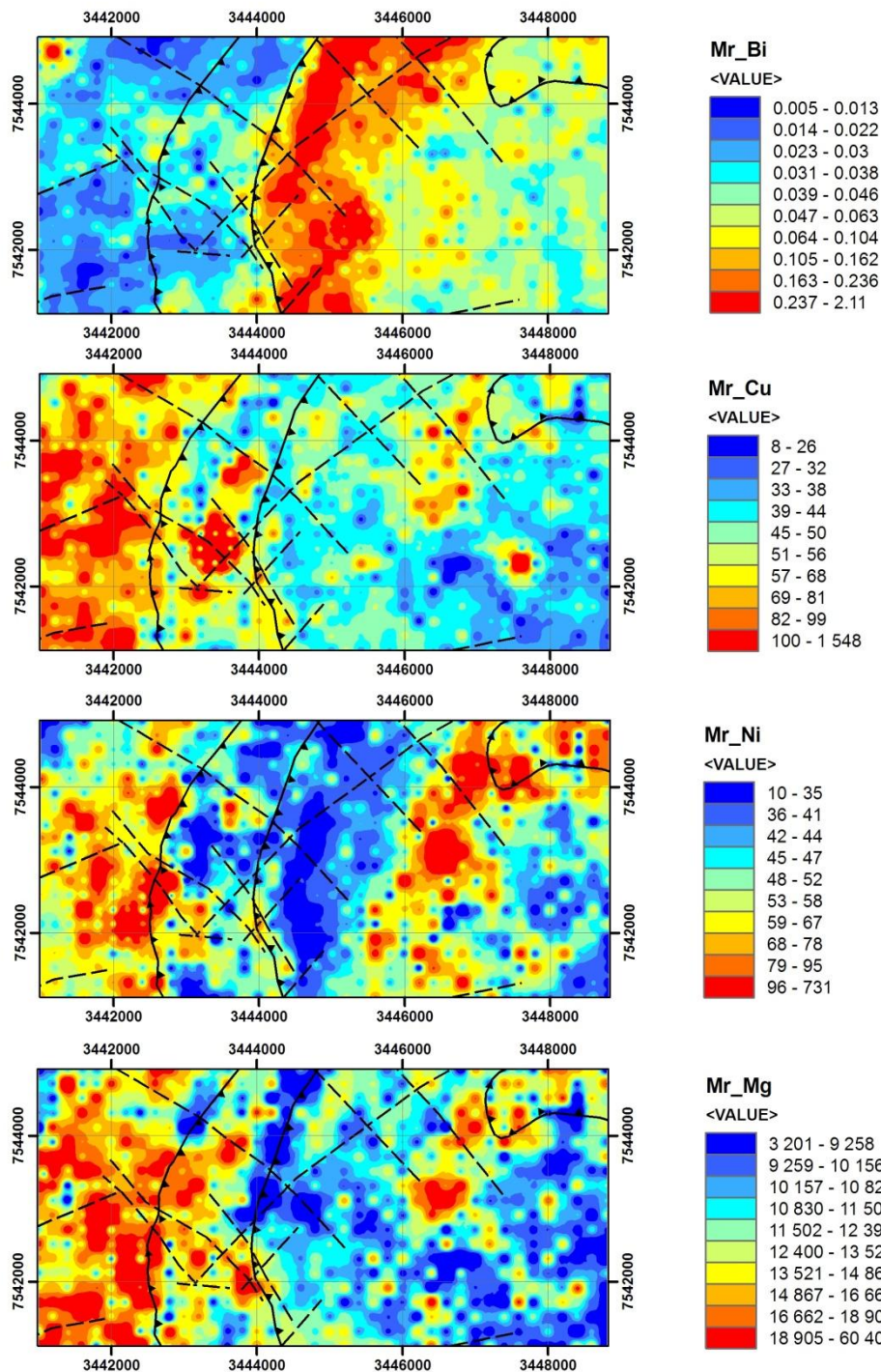
**Kuva 37.** La-, K-, Sc- ja V-pitoisuudet (ppm) rapakalliossa, interpoloitu aineisto (IDW). Katkoviivalla on esitetty mahdolliset siirros- ja hiertovyöhykkeet. Distribution of La, K, Sc and V (ppm) in weathered bedrock, IDW interpolation method. Interpreted faults and thrusts are drawn as dashed lines.



**Kuva 38.** Au-, As-, Te- ja Sb-pitoisuudet (ppm) moreenissa, interpoloitu aineisto (IDW). Katkoviivalla on esitetty mahdolliset siirros- ja ylityöntövyöhykkeet. Distribution of Au, As, Te and Sb (ppm) in till, IDW interpolation method. Interpreted faults and thrusts are drawn as dashed lines.

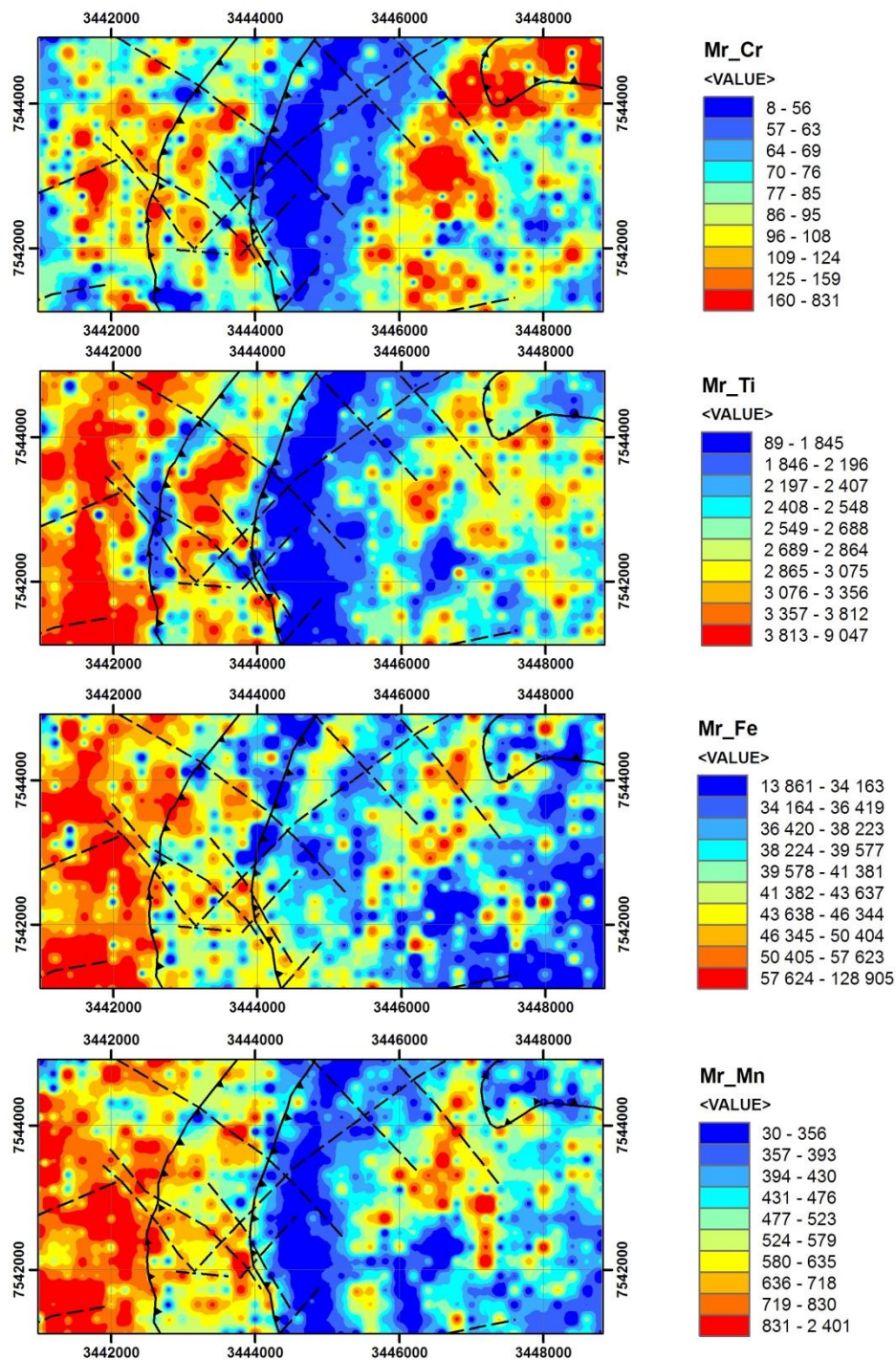




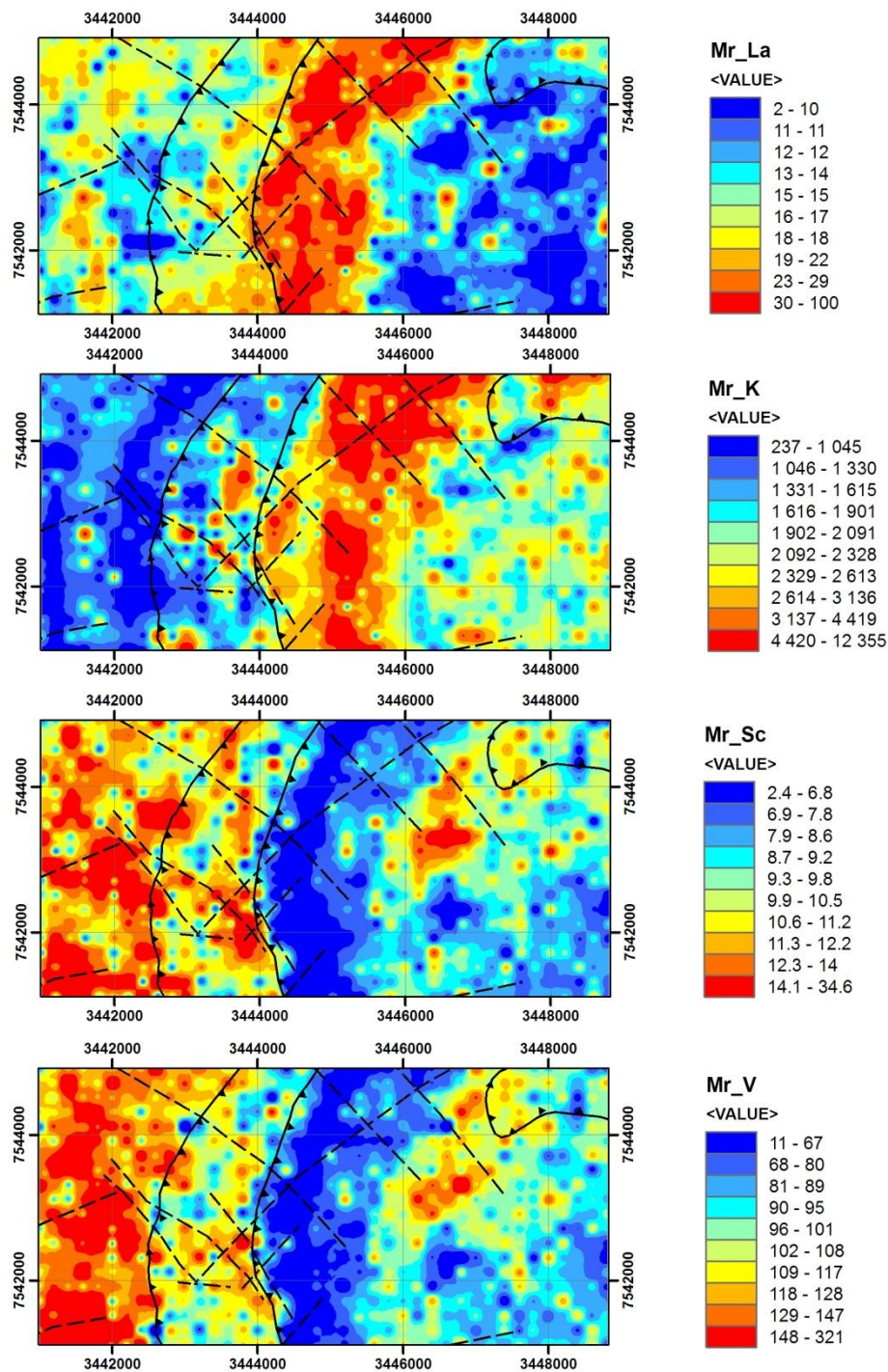


**Kuva 39.** Bi-, Cu-, Ni- ja Mg-pitoisuudet (ppm) moreenissa, interpoloitu aineisto (IDW). Katkoviivalla on esitetty mahdolliset siirros- ja ylityöntövyöhykkeet. Distribution of Bi, Cu, Ni and Mg (ppm) in till, IDW interpolation method. Interpreted faults and thrusts are drawn as dashed lines.





**Kuva 40.** Cr-, Ti-, Fe- ja Mn-pitoisuudet (ppm) moreenissa, interpoloitu aineisto (IDW). Katkoviivalla on esitetty mahdolliset siirros- ja ylityöntövyöhykkeet. Distribution of Cr, Ti, Fe and Mn (ppm) in till, IDW interpolation method. Interpreted faults and thrusts are drawn as dashed lines.



**Kuva 41.** La-, K-, Sc- ja V-pitoisuudet (ppm) moreenissa, interpoloitu aineisto (IDW). Katkoviivalla on esitetty mahdolliset siirros- ja ylityöntövyöhykkeet. Distribution of La, K, Sc and V (ppm) in till, IDW interpolation method. Interpreted faults and thrusts are drawn as dashed lines.



## 5 AIHEEN ARVIOINTI

### 5.1 Pohdintaa Lauttaselän alueen tektoniikasta

Lauttaselän alueen poimutuksen ja ylityönnön vergenssi on erikoinen pohdittaessa ofioliittikompleksin genetiikkaa, sillä tutkimusalueen eteläpuolella, Nuttion alueella, vergenssi on päinvastaiseen suuntaan. Tästä huolimatta Kittilän ryhmän alueella kivilajit ovat Lauttaselän ja Nuttion alueella yhteneväisiä eli samat pintasyntyiset muodostumat ja mahdollista ofioliittia edustavat serpentiniittiset kappaleet jatkuvat alueiden välillä. Nykykäsityksen mukaan Kittilän ryhmän itäosaa pidetään autoktonisena-parautoktonisena ja sen käsitetään ylityöntyneen vanhempien ryhmien päälle itäänpäin. Lauttaselän alueella tilanne on vergenssistä johtuen päinvastainen ja havaitaan esimerkiksi, että vanhempia muodostumia makaa nuorempien päällä (kuva 21).

Selitys Lauttaselän alueen rakenteelle on, että vanhat ofioliittien ylityöntymiseen liittyneet siirrokset ovat invertoituneet myöhemmässä tektonisessa vaiheessa, esimerkiksi granuliittikaaren syntyaikana. Hölttä ym. (2007) jakavat Keski-Lapin vihreäkivialueen rakennehistorian kolmeen vaiheeseen, joista D<sub>2</sub>-vaihe liittyi em. Kittilän ryhmän ylityöntymiseen, sillä deformaatiovaihetta luonnehti laaja alainen poimutus ja pohjoiskoilliseen suuntautunut tektoninen kuljetus. Viimeistä D<sub>3</sub>-vaihetta luonnehti kulkusiirrokset ja epäsäännöllisempi tektonisen kuljetuksen suunta. Eilu ym. (2007) mukaan D<sub>2</sub>-vaiheen minimi-ikä on 1880 Ma. Korja ym. (1996) mukaan granuliittien synty metamorfoosissa tapahtui 1930-1900 Ma ja kaaren ylityöntyminen tapahtui 1900-1870 Ma.

### 5.2 Pohdintaa malmimallista

Tutkimusalueen keskellä, Sunnuntailaessa, Sodankylän muodostuman alueella on antiformi. Siirros on todellinen koska se on kairaamalla todettu. Siirrosta pitkin on tullut arseeni-kultapitoisia fluideja jotka ovat jääneet antiformiin ”loukkuun”. Malmiaines näyttää mobiloituneen myöhemmässä siirrostuksessa.

### 5.3 Pohdintaa käytetyistä tutkimusmenetelmistä

Lauttaselän tutkimukset aloitettiin ”oikeaoppisesti” maaperän koostumuksen ja rakenteen selvittämällä, koska aiemmat viitteet alueen kultapotentialista oli saatu moreenista (kulta-anomalia alueellisessa moreenigeokemiassa). Tutkimuskaivannoilla saatiin nopeasti ja edullisesti hyvä ja kattava käsitys maapeitteen paksuudesta, rakenteesta ja kuljetusmatkoista, joiden perusteella alueelle voitiin suunnitella ja toteuttaa kohteellinen iskuporanäytteenotto geokemiallista kartoitusta varten. Samaan aikaan toteutetun kallioperä- ja lohkekartoituksen, geofysiikan maastomittauksen ja heikkouutonenäytteenoton kanssa saatiin riittävät perusteet syväkairaukselle. Syväkairaustulosten perusteella voitiin laatia tarkennettu kallioperäkartta ja malli alueen tektoniikasta malminetsinnän pohjaksi. Maaperänäytteenottoa ja -geokemian aineistoja käytettäessä on syytä huomioida maapeitteen ominaisuuksien vaihtelut paksumpiperiteisissä laaksoissa ja ohuen peitteen lakialueilla.

### 5.4 Jatkotoimenpidesuositukset

Lauttaselkään tehdyillä tutkimuksilla pystyttiin selvittämään alueen kallio- ja maaperän rakenne sekä malminetsinnällisesti potentiaalisia rakenteita. Vaikka tavoitteena ollut kultamineralisaatiota ei löydetty, tutkimusaineistojen pohjalta voidaan todeta Lauttaselän alueella olevan potenti-





aalia malmimineralisaation(oiden) löytymiselle. Kohteen kallioperän kivilajikoostumus, rakenne ja sijainti sekä geokemialliset viitteet indikoivat sopivia olosuhteita esim. hydrotermiselle malmimuodostukselle. Esimerkiksi kairarei'issä R015, R016 ja R017 on kultapitoisia juonia 85 kpl, tosin juonten Au-pitoisuudet ovat pääosin vain kymmeniä milligrammoja tonnissa. Lisäksi kairareikä V431/2009/R010, jossa on 5,18 ppm:n Au-pitoisuus 0,4 m:n matkalla, sijaitsee hieman em. profiilin eteläpuolella. Näitä havaintoja voidaan pitää selvänä merkinä kohteen kultamalmipotentiaalisuudesta.

Jatkotutkimukset vaativat tiheämpää geokemiallista näytteenottoa ja syväkairausta sekä näitä tukevaa tutkimusojien kaivamista. Tutkimusten suunnittelua varten on olemassa mittava määrä varsinkin geokemiallista ja geofysikaalista dataa, joita analysoimalla voi tutkimuksia jatkaa. Tektoonisia kontaktipintoja niin Lauttaselän laella kuin Seurukarkean länsirinteellä sekä Seurukarkean rinnettä ja lakea kannattaa tutkia geokemiallisesti käyttämällä tiheää, esim. 25 metrin näytteenottoverkkoa. Tällä tiheydellä saadaan kohteen geokemiasta jo hyvin tarkka kuva. Tutkimuskaivannoilla saadaan tehokkaasti selvitettyä anomalioiden alkuperää niin maapeitteessä kuin rapakalliossa/kalliossa ja saadaan selvitettyä kallioperän koostumusta ja rakenteita varsinkin ohuiden maapeitteiden alueilla. Myös heikkouutto- ja XRF-menetelmät ovat käyttökelpoisia ja tehokkaita alueen malminetsinnässä. Yhdistämällä uudet havainnot ja uusi geokemiallinen tieto aiempaan magneettiseen, VLF-R- ja IP-aineistoihin sekä malmimalleihin voidaan kairausta jatkaa luotettavamman tiedon pohjalta.

## 6 TUTKIMUSAINESTON SÄILYTYS JA AINEISTOTALLENNE

Kairasydämiä säilytetään toistaiseksi GTK:n Rovaniemen yksikön kairasydänvarastossa ja arkistoidaan myöhemmin Lopen valtakunnalliseen kairasydänarkistoon. Kairasydämistä otettuja digitaalisia kuvatiedostoja säilytetään GTK:n Rovaniemen yksikössä, missä säilytetään myös kairasydämistä tehtyjä kiilloitettuja ohuthieitä. Numeerinen aineisto on tallennettu sekä paperitulosteina että digitaalisessa muodossa. Kairasydänraportit ja kemialliset analyysit on tallennettu GTK:n geotietoytimeen. Raporttiin liittyvä maastogeofysiikan data on tallennettu ASCII-muotoisina GEOSoft xyz-tiedostoina.

DataCD:llä ovat numeerisessa muodossa geofysikaalinen data, kairasydänraportit, kemialliset analyysit ja valtausraportti. Raportin kuvat ovat niin ikään tallennettu CD:lle tiedostoina.

## 7 KIRJALLISUUS

- Jensen, L. S. 1976. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. Ontario Division of Mines, Miscellaneous paper 66. 22 p.
- Eilu, P., Pankka, H., Keinänen, V., Kortelainen, V., Niiranen, T. & Pulkkinen, E. 2007. Characteristics of gold mineralisation in the greenstone belts of Northern Finland. Geologian tutkimuskeskus, Special Paper 44, ss. 57-106.
- Hanski, E. 1997. The Nuttio serpentinite belt, Central Lapland: An example of Paleoproterozoic ophiolite mantle rocks in Finland. *Ofioliti* 22 (1), 35-46.

- Hanski, E. & Huhma, H. 2005. Central Lapland Greenstone Belt. Teoksessa: Lehtinen, M., Nurmi, P. A. & Rämö, O. T. (toim.). Precambrian Geology of Finland - Key to Evolution of the Fennoscandian Shield. Elsevier B.V., Amsterdam, ss. 139-194.
- Hölttä, P., Väisänen, M., Väänänen, J. & Manninen, T. 2007. Paleoproterozoic metamorphism and deformation in Central Lapland, Finland. Geologian tutkimuskeskus, Special Paper 44, ss. 7-56.
- Kallio, M. 1980. Keski-Lapin liuskealue Itä-Kittilän ja Länsi-Sodankylän osalta. Osa II: Rakenne ja stratigrafia. Pro gradu-tutkielma. Oulun yliopiston geologian laitos, 67 s.
- Korja, T., Tuisku, P., Pernu, T. & Karhu, J. 1996. Field, petrophysical and carbon isotope studies on the Lapland Granulite Belt: implications for deep continental crust. Terra Nova 8, ss. 48-58.
- Kärkkäinen, O. 1980. Keski-Lapin liuskealue Itä-Kittilän ja Länsi-Sodankylän osalta. Osa IV: Alueellisesta metamorfoosista. Pro gradu-tutkielma. Oulun yliopiston geologian laitos, 88 s.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. & Zanettin, B. 1986. A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. Journal of Petrology 27, 745-750.
- Lehtonen, M., Airo, M.-L., Eilu, P., Hanski, E., Kortelainen, V., Lanne, E., Manninen, T., Rastas, P., Räsänen, J. ja Virransalo, P. 1998. Kittilän vihreäkivialueen geologia: Lapin vulkaniittiprojektin raportti Summary: The stratigraphy, petrology and geochemistry of the Kittilä greenstone area, northern Finland: A report of the Lapland Volcanite Project. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 140, Geologian tutkimuskeskus, 144 s.
- McDonough W. F. and Sun S.-s. 1995. The composition of the Earth. Chemical Geology 120, 223-253.
- Nykänen, V., Groves, D. I., Ojala, V. J. & Gardoll, S. J. 2008. Combined conceptual/empirical prospectivity mapping for orogenic gold in the northern Fennoscandian Shield, Finland. Australian Journal of Earth Sciences 55 (1), 39-59.
- Nykänen, V. ja Salmirinne, H. 2007. Prospectivity analysis of gold using regional geophysical and geochemical data from the Central Lapland Greenstone Belt, Finland. In: Gold in the Central Lapland Greenstone Belt. Geological Survey of Finland. Special Paper 44. Espoo: Geological Survey of Finland, 251-269.
- Paakkola, J., Piirainen, T., Koivumaa, S., Lanne, E., Saarnisto, M. & Taipale, K. 1981. Kuhmon ja Kittilän malmiprojektien loppuraportti. Raportti 49. Oulun yliopiston geologian laitos, 93 s.
- Sarapää, O. 1980. Keski-Lapin liuskealue Itä-Kittilän ja Länsi-Sodankylän osalta. Osa III: Vulkaniittien geokemia. Pro gradu-tutkielma. Oulun yliopiston geologian laitos, 56 s.
- Sarapää, O., Pankka, H., Hulkki, H., Karvinen, A., Keinänen, V., Pulkkinen, E., Lahti, I., Salmirinne, H. & Sarala, P. 2008. Pohjois-Suomen kultavarojen kartoitus vuosina 2003-2008. Loppuraportti, hanke 2108002, 2901005. Arkistoraportti M10.4/2008/77. Geologian Tutkimuskeskus.
- Sarapää, O., Pankka, H., Hulkki, H., Karvinen, A., Keinänen, V., Pulkkinen, E., Lahti, I., Salmirinne, H. & Sarala, P. 2008. Pohjois-Suomen kultavarojen kartoitus vuosina 2003-2008. Loppuraportti. Hanke 2108002, 2901005. Geologian tutkimuskeskus, Arkistoraportti M10.4/2008/77, 91 s.
- Sarala, P. 2009. Heikkouuttomenetelmät malminetsinnässä Suomen olosuhteissa. Teoksessa: Sarala, P. (toim.), 9. Geokemian Päivät 2009 - 9th Finnish Geochemical Meeting 2009, 25.-26.3.2009, GTK, Espoo, Finland. Tiivistelmät - abstracts. Vuorimiesyhdistys, Sarja B 90. Espoo: Vuorimiesyhdistys, 54-60.



- Sarala, P. (toim.); Kirjoittajat: Hartikainen, A., Sarapää, O., Iljina, M., Korkiakoski, E., Kousa, J., Heikura, P., Hulkki, H., Pulkkinen, E., Törmänen, T. & Sarala, P. 2008. Mobile Metal Ion (MMI) -menetelmän testaus malminetsintätutkimuksissa Itä- ja Pohjois-Suomessa vuonna 2007. Geologian tutkimuskeskus, Arkistoraportti S44/2008/37, 62 s., 3 liitettä.
- Sarala, P., Nykänen, V. Sarapää, O., Peltoniemi, A. & Ojala, V. J. 2007a. Quaternary geological and till geochemical studies in verifying GIS-based prospectivity mapping in the Central Lapland Greenstone Belt, northern Finland [Electronic resource]. Teoksessa: 23rd International Applied Geochemistry Symposium (IAGS): exploring our environment, Oviedo, Spain, 14-19 June 2007: extended abstracts. Oviedo: University of Oviedo, 162-168. Optical disc (CD-ROM).
- Sarala, P. & Ojala, V.J. 2008. Implications of complex glacial deposits for till geochemical exploration: Examples from the central Fennoscandian ice sheet. Teoksessa: Ólafur Stefánsson (toim.), Geochemistry Research Advances, Chapter 1. Nova Publishers, s. 1-29.
- Sarala, P., Sarapää, O., Nykänen, N. & Peltoniemi, A. 2007b. Maaperämuodostumat ja stratigrafia malminetsinnässä sekä esimerkkejä moreenigeokemian ja raskasmineraalitutkimusten hyödyntämisestä kullan etsinnässä Lapissa. Teoksessa: Salminen, R. (toim.), Kahdeksannet Geokemian päivät 13.-14.2.2007, Tiivistelmät. Vuorimiesyhdistys, Sarja B, No 86, 97-100.



**LIITE 1.** Kairasydämistä XRF-, ICP-MS- menetelmillä ja C- analysaattorilla (175X, 308M, 811L) tehtyjen analyysien tilaustiedot.

Analyysitilaus Analysis order No.	Kairareikätnus Hole-id	175X	308M	811L
85631	3721/2008/R500	2	2	2
216513	3721/2008/R521, R522	7	7	7
216521	3721/2008/R509	5	5	5
216523	3721/2008/R504,R505	8	8	8
216527	3721/2008/R501-R508, R510-R512, R515-R517, R522, R523	127	127	127
216864	3721/2008/R518-R520 3721/2008/R523	6	6	6
216867	3721/2008/R515	1	1	1
216873	3721/2008/R513, R514	7	7	7
216877	3721/2008/R512	2	2	2
216879	3721/2008/R502, R503	3	3	3
217801	V431/2009/R002, R004, R008	3	3	3
217965	V431/2009/R005, R006	6	6	6
217967	V431/2009/R007	2	2	2
217976	3721/2008/R504, R505	8	8	8
218431	V431/2010/R023	5	5	5

**LIITE 2.** Kairasydämistä ICP-AES- ja ICP-MS-menetelmillä (511PM ja 704P) tehtyjen analyysien tilaustiedot.

Analyysitilaus Analysis order No.	Kairareikätnus Hole-id	511PM	704P
85630	3721/2008/R500, R507	16	16
216242	3721/2008/R504	17	17
216243	3721/2008/R505	13	13
216244	3721/2008/R511	26	26
216245	3721/2008/R506	35	35
216246	3721/2008/R507	45	45
216271	3721/2008/R501	10	10
216272	3721/2008/R503	42	42
216273	3721/2008/R508	32	32
216274	3721/2008/R500	10	10
216509	3721/2008/R518-R520	4	4
216512	3721/2008/R510, R521, R522	76	76
216519	3721/2008/R516	15	15



216520	3721/2008/R509	1	1
216522	3721/2008/R504, R505	4	4
216529	V431/2009/R011	64	64
216530	V431/2009/R002	14	14
216532	V431/2009/R003	34	34
216533	V431/2009/R010	22	22
216534	V431/2009/R009	37	37
216535	V431/2009/R004	55	55
216541	3721/2008/R516, R517	27	27
216556	3721/2008/R502	9	9
216557	3721/2008/R500	6	6
216865	3721/2008/R523	30	30
216866	3721/2008/R515	14	14
216868	3721/2008/R513, R514	15	15
216876	3721/2008/R512	7	7
216878	3721/2008/R502, R503	21	21
217820	V431/2010/R016	108	108
217821	V431/2010/R017	85	85
217824	V431/2009/R001	16	16
217828	V431/2009/R008	43	43
217964	V431/2009/R005, R006	38	38
217966	3721/2008/R517, V431/2009/R007	23	23
217968	3721/2008/R516	17	17
217975	V431/2009/R002, R003, R004, R008, R009, R010	112	112
217977	3721/2008/R504, R505	4	4
217978	3721/2008/R515	3	3
218426	V431/2010/R020	69	69
218438	V431/2010/R015	119	119
218439	V431/2010/R022	29	29
218440	V431/2010/R023	43	43
218441	V431/2010/R021	69	69
502886	V431/2010/R019	73	73
502891	V431/2010/R018	48	48

**LIITE 3.** Vuoden 2006 tutkimuskaivantojen rapakallionäytteiden tilastollisia tunnuslukuja (til.nro 89923). x = keskiarvo, md = mediaani, s = keskihajonta, c = vaihtelukerroin, min = minimi, max = maksimi, N=27.

	AG_PPM	AL_PPM	AS_PPM	B_PPM	BA_PPM	BE_PPM	CA_PPM	CD_PPM	CO_PPM
x	1	37131,9	106,4	5,1	152	0,5	2504,1	1,1	64,3
md	1	38350	65	5	86,5	0,5	2235	1	58,9
s	0,1	10908,7	155,4	0,4	190,1	0,1	1376,9	0,3	29,2
c	0,1	0,3	1,5	0,1	1,3	0,2	0,5	0,3	0,5
min	1	1730	15	5	44	0,5	743	1	15,3
max	1,5	51400	714	7	905	1	6150	2,1	124
	CR_PPM	CU_PPM	FE_PPM	K_PPM	LA_PPM	LI_PPM	MG_PPM	MN_PPM	MO_PPM
x	140,4	294,6	96507,7	1960,7	16,3	15,9	22773,8	2732,9	3,7
md	113	258	90550	1200	17	16	23200	1725	2
s	116,9	216,6	30662,8	2223,8	11,6	5,9	9460,5	2653,2	4,4
c	0,8	0,7	0,3	1,1	0,7	0,4	0,4	1	1,2
min	7,7	28,1	39000	200	3	2	3210	415	2
max	521	1040	155000	11200	56	32	44800	11800	19,5
	NA_PPM	NI_PPM	P_PPM	PB_PPM	S_PPM	SC_PPM	SR_PPM	TI_PPM	V_PPM
x	264,1	176	648,1	12,9	215,6	24,9	13,1	2594,8	226,5
md	241	125	665,5	10	37,5	25,9	12	2260	249
s	95,1	234,7	230,3	8,4	549,7	11,2	4,9	1566,8	84,3
c	0,4	1,3	0,4	0,7	2,5	0,5	0,4	0,6	0,4
min	174	36	241	10	20	2,5	7,6	14	17,1
max	709	1210	1090	46	2730	49,7	29,2	6520	382
	Y_PPM	ZN_PPM	AU_PPb	BI_PPb	PD_PPb	SB_PPb	SE_PPb	TE_PPb	N
x	17,1	157,8	4,5	46,2	12,9	1240,7	213,1	48,7	27
md	15,9	150	3,5	27	9,5	529,5	138	32,5	
s	5,1	70,7	2,8	60,8	9,9	2219,3	211,8	46,5	
c	0,3	0,4	0,6	1,3	0,8	1,8	1	1	
min	9,4	10	1,7	7	3,2	73	35	5	
max	30,8	352	12	268	44	9710	926	216	



**LIITE 4.** Vuoden 2006 tutkimuskaivantojen moreeninäytteiden tilastollisia tunnuslukuja (til.nro 89923). Lyhenteet kuten Liitteessä 3. N=59.

	AG_PPM	AL_PPM	AS_PPM	B_PPM	BA_PPM	BE_PPM	CA_PPM	CD_PPM	CO_PPM
x	1	31757,6	37,7	5,2	69,4	0,5	2925,6	1	30,5
md	1	31100	23	5	69	0,5	2940	1	28,9
s	0	6447	46,2	0,8	19,3	0,1	1171	0	11,4
c	0	0,2	1,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0	0,4
min	1	18700	10	5	39	0,5	819	1	12,4
max	1	49700	336	10	147	0,9	5900	1	66,3
	CR_PPM	CU_PPM	FE_PPM	K_PPM	LA_PPM	LI_PPM	MG_PPM	MN_PPM	MO_PPM
x	104,8	115,8	54564,4	1233,8	18,1	15,8	16628	735,2	2
md	100	98,7	51200	995	17	15	16400	666	2
s	41,7	64,6	14175,1	775,5	7,2	4	6229,8	333,3	0
c	0,4	0,6	0,3	0,6	0,4	0,3	0,4	0,5	0
min	51,5	38,6	26700	380	9	7	8350	290	2
max	301	349	88300	5270	51	30	41600	2100	2
	NA_PPM	NI_PPM	P_PPM	PB_PPM	S_PPM	SC_PPM	SR_PPM	TI_PPM	V_PPM
x	297,2	65,8	426,8	10	39,6	14,2	14,7	2781,7	143,7
md	294	64,4	405	10	33	12,7	12,9	2780	137
s	31,6	21,8	151,8	0	23,7	6,3	5,8	594,3	44,9
c	0,1	0,3	0,4	0	0,6	0,4	0,4	0,2	0,3
min	226	30,3	148	10	20	4,7	6,5	1440	60,5
max	368	129	867	10	136	37,3	27,2	4150	289
	Y_PPM	ZN_PPM	AU_PPb	BI_PPb	PD_PPb	SB_PPb	SE_PPb	TE_PPb	N
x	11,7	87,7	8,2	54,5	6,9	481	114,9	25,5	59
md	11,8	84	3,6	37	6,7	400	90	22	
s	3,4	22,5	14,4	64	3,7	220,2	81,3	12,9	
c	0,3	0,3	1,7	1,2	0,5	0,5	0,7	0,5	
min	5	40	1	6	2	147	29	8	
max	22,6	145	70,3	338	16,1	1030	381	59	

**LIITE 5.** Vuoden 2008 tutkimuskaivantojen rapakallionäytteiden tilastollisia tunnuslukuja (til.nro 204956). Lyhenteet kuten Liitteessä 3. N=52.

	Ag_ppm_51 1P	Al_ppm_51 1P	As_ppm_51 1P	B_ppm_51 1P	Be_ppm_5 11P	Ba_ppm_5 11P	Ca_ppm_51 1P
x	0,5	29125	197	2,5	0,4	77,5	1554,8
md	0,5	28900	134,5	2,5	0,3	66,1	1410
s	0	10500,8	237,1	0	0,3	46,5	1050,1
c	0	0,4	1,2	0	0,7	0,6	0,7
mi n	0,5	7150	23,9	2,5	0,3	20,2	455
ma x	0,5	43600	964	2,5	1,2	176	4540
	Cd_ppm_51 1P	Co_ppm_51 1P	Cr_ppm_51 1P	Cu_ppm_5 11P	Fe_ppm_5 11P	K_ppm_51 1P	Mg_ppm_5 11P
x	1,1	85,3	350,3	258,8	122057,1	718,3	20230
md	0,5	79,4	124,5	205	117500	415	17350
s	0,9	55,3	436,4	206,8	53588,7	748,3	12532
c	0,9	0,6	1,2	0,8	0,4	1	0,6
mi n	0,5	8,3	40,4	68,9	42500	100	6480
ma x	3	218	1530	719	235000	2800	50000
	Mn_ppm_5 11P	Mo_ppm_5 11P	Na_ppm_5 11P	Ni_ppm_51 1P	P_ppm_51 1P	Pb_ppm_5 11P	S_ppm_511 P
x	5331,6	4	179,4	632,3	1162,4	28,7	126
md	4035	1,5	174	288	846,5	28,3	47,5
s	6291,7	6,3	42,9	854,3	1209,7	15,1	260,6
c	1,2	1,6	0,2	1,4	1	0,5	2,1
mi n	266	1	132	31,6	386	10,9	26,6
ma x	23500	24,4	312	3250	5050	55,4	1020
	Sb_ppm_51 1P	Sc_ppm_51 1P	Sr_ppm_51 1P	Ti_ppm_51 1P	V_ppm_51 1P	Y_ppm_51 1P	Zn_ppm_51 1P
x	10	22,5	20,6	807,4	143,7	9,9	144,8
md	10	19,1	12,3	653,5	131	7,8	139
s	0	15,9	29	552,1	77	5,1	82,6
c	0	0,7	1,4	0,7	0,5	0,5	0,6
mi n	10	2,8	3,6	144	35,8	2,3	45,6
ma x	10	66,8	118	2000	312	18,4	336
	As_ppm_51 1U	Bi_ppb_511 U	Sb_ppb_51 1U	Se_ppb_51 1U	Te_ppb_51 1U	Au_ppb_52 1U	Pd_ppb_52 1U
x	17,1	231,1	929,3	1013,9	147	3,2	9,6
md	13,3	88,1	724	574	83	2,2	7,8
s	19,6	311,9	723,8	1576	269,4	2,5	6,8
c	1,1	1,3	0,8	1,6	1,8	0,8	0,7
mi n	2,4	10	285	127	15,5	0,5	2,3
ma	80,3	846	2930	6330	1070	9,2	23,1



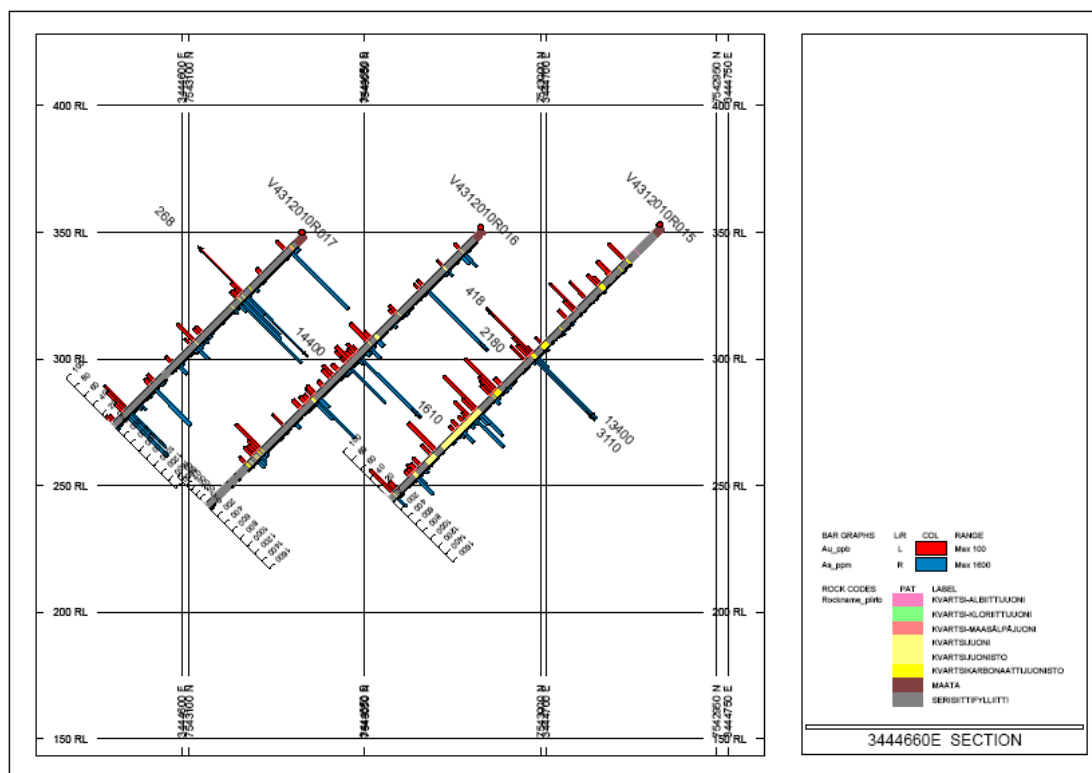
**LIITE 6.** Vuoden 2008 tutkimuskaivantojen moreeninäytteiden tilastollisia tunnuslukuja (til.nro 204956). Lyhenteet kuten Liitteessä 3. N=14.

	Ag_ppm_51 1P	Al_ppm_51 1P	As_ppm_51 1P	B_ppm_51 1P	Be_ppm_5 11P	Ba_ppm_5 11P	Ca_ppm_51 1P
x	0,5	29357,7	71,9	2,5	0,4	69,5	1838,8
md	0,5	29000	38,6	2,5	0,3	58,2	1660
s	0	6283	141,1	0	0,2	74,6	892,2
c	0	0,2	2	0	0,5	1,1	0,5
mi n	0,5	16200	5	2,5	0,3	24,9	612
ma x	0,5	45000	971	2,5	1,2	580	4250
	Cd_ppm_51 1P	Co_ppm_51 1P	Cr_ppm_51 1P	Cu_ppm_5 11P	Fe_ppm_5 11P	K_ppm_51 1P	Mg_ppm_5 11P
x	0,5	42,9	128,9	94,4	56980,8	950,9	16031,9
md	0,5	38,5	114,5	86	54250	696,5	16050
s	0,2	21,4	75,4	49,1	16601,5	1127,2	5090,8
c	0,4	0,5	0,6	0,5	0,3	1,2	0,3
mi n	0,5	12,1	34,7	32,7	29300	285	6990
ma x	2,2	141	448	274	109000	8150	28700
	Mn_ppm_5 11P	Mo_ppm_5 11P	Na_ppm_5 11P	Ni_ppm_51 1P	P_ppm_51 1P	Pb_ppm_5 11P	S_ppm_511 P
x	1083,3	1	196,6	183,6	419,2	8,8	52,6
md	743	1	194,5	97,1	413	10,3	47,9
s	1899,7	0,3	25,9	235,3	160,8	3,9	23,7
c	1,8	0,2	0,1	1,3	0,4	0,4	0,4
mi n	211	1	147	22,3	175	5	10
ma x	14100	2,8	261	1180	839	17,4	130
	Sb_ppm_51 1P	Sc_ppm_51 1P	Sr_ppm_51 1P	Ti_ppm_51 1P	V_ppm_51 1P	Y_ppm_51 1P	Zn_ppm_51 1P
x	10	11,9	11,1	1950	115,4	9	82,7
md	10	10,7	10	1935	117,5	8,3	71,2
s	0	6,5	3,9	601,1	50,9	3,5	45,8
c	0	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,6
mi n	10	3,1	6	832	34,7	3	42,2
ma x	10	41	22	3280	337	23,9	278
	As_ppm_51 1U	Bi_ppb_511 U	Sb_ppb_51 1U	Se_ppb_51 1U	Te_ppb_51 1U	Au_ppb_52 1U	Pd_ppb_52 1U
x	6,8	127,5	244,1	319,7	20,6	6,1	3,4
md	3,9	62,9	227,5	289	19	2,6	2,9
s	12,9	143,7	132,2	147,9	11,4	9,5	2,2
c	1,9	1,1	0,5	0,5	0,6	1,6	0,6
mi n	0,8	10	85,4	109	5	0,7	0,3
	89,3	512	850	862	57,9	52,2	10,7





**LIITE 7. Kairareikäprofiilit V4312010R017- R016-R015**



**LIITE 8. Kairareikäprofiilit V4312010R022- -R023**

