

ARKISTOKAPPALE

43 72



**GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS**

Väli-Suomen aluetuimisto

M19/3241/-99/1/10

Koskee: 3223, 3224, 3234, 3242, 3243, 3313, 3331

TERVO-VARKAUS -ALUE

Heikki Forss  
Olavi Kontoniemi  
Rauli Lempiäinen  
Jouni Luukas  
Hannu Makkonen  
Jari Mäkinen  
15.11.1999

**Ni-vyöhyke ja 1.9 Ga magmatismi -hankkeen (12204) toiminta vuosina 1992-1998  
Tervo-Varkaus -alueella**

Date 15.11.1999

Authors		Type of report	
Heikki Forss, Olavi Kontoniemi, Rauli Lempiäinen,		CM19	
Jouni Luukas, Hannu Makkonen, Jari Mäkinen		Commissioned by	
Title of report			
Ni-vyöhyke ja 1.9 Ga magmatismi -hankkeen (12204) toiminta vuosina 1992-1998 Tervo-Varkaus -alueella			
Abstract			
<p>The project for exploration and research of Proterozoic Ni ores, Ni belt and 1.9 Ga magmatism (project code 12204), started at 01.03.1992. The main aim of the project was to find economic nickel occurrences. Additionally, the project should study the 1.9 Ga mafic magmatism and geological evolution of the Raahe-Ladoga zone. Tervo-Varkaus area was chosen as the principal study area with Juva and Ylivieska being the only targets outside. This report includes documentation and results of the project 12204 in the Tervo-Varkaus area during the years 1992-98 together with an estimation of ore potentiality in the area. The main results of the project are:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Five new Ni occurrences, though uneconomic at present</li> <li>2. Mineralization (deposit) model for the belt and determination of the Ni potential areas</li> <li>3. Structural interpretation of the Kotalahti belt</li> <li>4. Litogeochemical features indicating ore bearing intrusions</li> <li>5. Plenty of new geodata in the Tervo-Varkaus area</li> </ol>			
Keywords			
Finland, Tervo-Varkaus area, nickel, copper, boulder tracing, bedrock mapping, structural geology, litogeochemistry, geophysical measurements, diamond drilling			
Geographical area			
Finland, East Finland province, Tervo-Varkaus area			
Map sheet			
3223, 3224, 3234, 3241, 3242, 3243, 3313, 3331			
Other information			
Report serial		Archive code	
M-report		CM19/3241/-99/1/10	
Pages	Language	Price	Confidentiality
152	finnish		

Päivämäärä 15.11.1999

Tekijät		Raportin laji	
Heikki Forss, Olavi Kontoniemi, Rauli Lempiäinen,		Jouni Luukas, Hannu Makkonen, Jari Mäkinen	
		CM19	
Raportin nimi		Toimeksiantaja	
Ni-vyöhyke ja 1.9 Ga magmatismi -hankkeen (12204) toiminta vuosina 1992-1998 Tervo-Varkaus -alueella			
Tiivistelmä			
<p>Proterotsooisten Ni-malmien etsintään ja tutkimukseen 01.03.1992 perustetun Ni-vyöhyke ja 1.9 Ga magmatismi -hankkeen (12204) keskeinen tehtävä oli hyödyntämiskelpoisten Ni-esiintymien osoittaminen Raahe-Laatokka -vyöhykkeeltä. Lisäksi asetettiin tavoitteeksi 1.9 Ga emäksisen magmatismien ja geologisen kehityksen tutkiminen ko. vyöhykkeellä. Hankkeen keskeiseksi toiminta-alueeksi valittiin Tervo-Varkaus -alue, jonka ulkopuolella tehtiin töitä vain Juvan alueella ja Ylivieskan intruusion parissa. Tässä raportissa kerrotaan hankkeen 12204 vuosina 1992-98 tekemistä tutkimuksista Tervo-Varkaus -alueella ja niiden tuloksista sekä arvioidaan tutkimusalueen malmipotentialisuutta. Hankkeen keskeiset tulokset voidaan kuvata lyhyesti seuraavasti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Viisi uutta nikkeliyesiintymää, jotka eivät kuitenkaan ole tällä hetkellä ekonomisia</li> <li>2. Vyöhykkeelle soveltuva malmimalli sekä Ni-potentiaalisten alueiden raja</li> <li>3. Kotalahden vyöhykkeen rakenneselvitys</li> <li>4. Litogeokemialliset piirteet, joilla pystytään tunnistamaan malmipotentialiset intruusiot</li> <li>5. Runsaasti uutta geotietoa Tervo-Varkaus -alueelta.</li> </ol>			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.)			
Suomi, Tervo-Varkaus -alue, nikkeli, kupari, lohkare-etsintä, geologinen kartoitus, rakennegeologia, litogeokemia, geofysikaaliset mittaukset, kairaus			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä)			
Suomi, Itä-Suomen lääni, Tervo-Varkaus -alue			
Karttalehdet			
3223, 3224, 3234, 3241, 3242, 3243, 3313, 3331			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus	
M-raporttisarja		CM19/3241/-99/1/10	
Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Julkisuus
152	suomi		

# SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO .....	1
Nikkeli-hanke	1
Aikaisemmat tutkimukset	3
SUORITETUT TUTKIMUKSET .....	6
Moreenigeokemia	6
Lohkare-etsintä ja esikartoitus	6
Geologinen kartoitus	8
Geofysiikka	10
Kairaus	13
Petrologiset ja mineralogiset tutkimukset	14
TERVO-VARKAUS -ALUEEN GEOLOGIA .....	16
Litologiset yleispiirteet Tervo-Varkaus alueella	16
Litologiset kuvaukset Tervo-Varkaus alueella	16
Rakennegeologia	22
Tervo-Varkaus -alueen tektoninen tulkinta	53
Alueellinen geofysiikka	55
INTRUUSIOIDEN JA NIKKELIKUPARIESIINTYMIEN GEOLOGIA .....	57
Intruusioiden geologia	57
Litogeokemia	83
Ni-Cu-esiintymät	113
MALMINETSINTÄTUTKIMUSTEN TULOKSET .....	122
Alueelliset tutkimukset	122
Kohteelliset tutkimukset	124
TERVO-VARKAUS -ALUEEN MALMIMALLI JA NI-POTENTIAALI .....	137
Malmimalli	137
Malmimalliin perustuvat malmi-indikaattorit ja niiden havainnointi	138
Tervo-Varkaus-alueen Ni-potentiaali	138
HANKETYÖSKENTELEN ARVIOINTI .....	141
Avustavat toiminnot	141
KESKEISET TULOKSET .....	143
MATERIAALIN ARKISTOINTI .....	145
LÄHDELUETTELO .....	146
LIITELUETTELO .....	149
LIITTYY .....	150

## JOHDANTO

### Nikkeli-hanke

Geologian tutkimuskeskuksen Väli-Suomen aluetoimisto siirtyi kokeiluyksikkönä tulosohjaukseen 1.1.1992 ja sen myötä hankkeistettiin toiminta. Kallioperään liittyvät tutkimukset sijoitettiin 'kallioperän kartoitus ja raaka-aineet' -toimialalle (kapera), jonka päälliköksi valittiin Elias Ekdahl. Hankejako malminetsintäpainotteisten hankkeiden välillä tehtiin metallogeeniselta pohjalta ja proterotsooisten nikkelimalmien etsintään ja tutkimukseen perustettiin 1.3.1992 hanke 12204 *Ni-vyöhyke ja 1.9 Ga magmatismi*. Hankkeen avaintulokseksi asetettiin: *Taloudellisesti hyödyntämiskelpoisten Ni-esiintymien osoittaminen Raahe-Laatokka -vyöhykkeeltä*. Lisäksi *geologisen perustiedon tuottamisen* tulosalueella hankkeelle asetettiin tavoitteeksi 1.9 Ga emäksisen magmatismien ja Raahe-Laatokka -vyöhykkeen geologisen kehityksen tutkiminen.

Hankkeen henkilöstöön kuuluivat aluksi Hannu Makkonen (nimilyhenne HVM, geologi, hankepäällikkö), Olavi Kontoniemi (OMK, geologi) ja Rauli Lempiäinen (RKL, tutkimusavustaja) kokopäiväisinä sekä Heikki Forss (HJF, geofyysikko) ja Jari Mäkinen (JEM, geologi) osa-aikaisina. Myöhemmin henkilöstö lisääntyi yhdellä osa-aikaisella geologilla: Jukka Jokela (KJJ, 1993-94), Jouni Luukas (JKL, 1995-) ja yhdellä osa-aikaisella tutkimusavustajalla: Hannu Koskivuori (HSK, 1997-). Lisäksi Kaperan maastotyöhankkeesta (nyk. tekniset) ovat olleet tiiviisti mukana lohkar-etsinnässä ja esikartoituksessa työnjohtajat Heikki Karvonen (HK, 1992-1994) ja Reino Toivonen (RT, 1995-) sekä tutkimustyöntekijät Veikko Autio (VA, 1992-1993), Kari Savolainen (KAS, 1993-) ja Mauno Räisänen (MPR, 1993-1994).

Hankesuunnitelman tärkeimpinä kohtina olivat *toimintamallin ja -alueen valinta*. Teoreettinen pohja proterotsooisten nikkelimalmien etsintään ja tutkimukseen on Suomessa ollut perinteisesti hyvä (mm. Häklin ja Papsen tutkimukset). Uutena tutkimuksena oli juuri valmistunut Makkosen (1992) lisensiaattityö Juvan alueen nikkeli-esiintymistä ja emäksisestä magmatismista. Hankkeen toimintamalliluonnos laadittiin alkuvuodesta 1992 ja se perustui teoriaosaltaan paljolti Juvan alueen tutkimustuloksiin:

### Ni-VYÖHYKE JA 1.9 Ga MAGMATISMI - HANKE 12204:N TOIMINTAMALLI

#### Tavoitteet:

1. Ekonomisen Ni-malmin löytyminen, kokovaatimus yli 1 milj.ton
2. Ni-potentiaalisten alueiden rajaaminen Raahe-Laatokka-vyöhykkeellä
3. Tieteellinen tutkimus ja julkaisut

#### Etsintäfilosofia:

1. Potentiaalisten alueiden rajaaminen
2. Oikea kivilajiyksikkö
3. Riittävä magmamäärä
4. Malminmuodostus ko. intruusiossa
5. Vanha tieto (GTK, OKU)

#### Menetelmät:

1. Kivilajiyksikön etsintä
  - a) Integroitu tulkinta:
    - alueellinen moreenigeokemia
    - geofysiikka
    - satelliittikuvatulkinta

- b) Kallioperätutkimukset:
  - metamorfoosiaste
  - migmatiittityyppi
  - lohkar-etsintä
- c) Kokokivi- ja mineraalianalyysit
- 2. Magmamäärän arviointi
  - a) Kokoluokkavaatimus tavoitteen mukainen, esim. 400x400x400 m<sup>3</sup>
  - b) Magmamäärää arvioitaessa huomioitava:
    - nykyinen eroosiotaso
    - kumulusmineraalien ja jäännössulan suhteelliset osuudet
    - offset-malmin mahdollisuus
  - c) Yllä esitetyn "solukoon" asettamat vaatimukset mm. havaintopistetiheyteen (geofysiikka, moreenigeokemia)
- 3. Intruusion malmipotentialisuus
  - a) Mineraalikemia:
    - OLIV (Fo-Ni), PYKS (En-Ni)
    - Cr-spinellin Zn
    - muut hivenet (esim. Tl)
  - b) Kokokivianalyysit intruusion tyyppitelemiseksi (esim. "Vammala"- vai "Kotalahti"-tyyppi)
  - c) Kiteytymisolosuhteet:
    - hapen fukasiteetti
    - rikin saatavuus
- 4. Malmin paikantaminen intruusiosta
  - a) Geofysiikka:
    - intruusion rajat
    - malmianomaliat
  - b) Detaljikartoitus:
    - intruusion sisäinen rakenne
    - malmihavainnot
  - c) Litogeokemia:
    - intruusion sisäinen rakenne
    - malmipotentialisimmat osat (primääri pohjaosa)
  - d) Lohkar-etsintä
  - e) Syväkairaus ja reikämittaukset:
    - malmin paikantaminen ja rajausta
    - näytteenotto litogeokemiaa varten

Yhteistyö/tieteenalakohtainen perustutkimus:

- alueelliset painovoimakartat
- satelliittikuvat
- mineraalikemia (mafiset silikaatit, sulfidit, Cr-spinelli)
- kokokivi- ja malmianalyysit
- geofysikaaliset erikoismenetelmät ja niiden kehittäminen

Muu yhteistyö:

- aineiston ja tietämyksen osalta Outokumpu Oy ja yliopistot

Toimintamallin edelleen kehittämiseksi sekä aluevalinnan perustaksi päätettiin järjestää toukokuussa 1992 *nikkelisymposio* Kuopiossa, johon kutsuttiin nikkelinetsinnän asiantuntijoita GTK:sta ja Outokumpu Oy:stä.

Symposio pidettiin 7.-8.5.1992 ja siihen osallistuivat seuraavat henkilöt:

<u>Outokumpu Oy</u>	<u>GTK, Espoo</u>	<u>GTK, Kuopio</u>
Leo Grundström	Seppo Elo	Elias Ekdahl
Tuomo Korkalo	Tarmo Jokinen	Heikki Forss
Jaakko Kurki	Kari Kojonen	Pekka Kallio
Juhani Nuutilainen	Kalevi Korsman	Olavi Kontoniemi
Risto Pietilä	Petri Peltonen	Anssi Lonka
	Kauko Puustinen	Hannu Makkonen
	Jouko Talvitie	Jari Mäkinen

Symposiosta tehtiin muistio, johon on koottu aineistoa kaikista esityksistä ja käydyistä keskusteluista (Ni-symposio Kuopiossa GTK:ssa 07.05.-08.05.1992. Geologian tutkimuskeskus, Väli-Suomen aluetoimisto).

Hankkeen yhteyshenkilöiksi valittiin Outokumpu Oy:stä Leo Grundström, GTK:n malmiosastosta Kauko Puustinen ja Väli-Suomen aluetoimistosta Hannu Makkonen.

Hankkeen suunnittelulle symposion tärkeimpänä antina olivat:

- 1) kritiikki toimintamalliluonnoksesta ja
- 2) esille nousseet potentiaaliset tutkimusalueet.

Toimintamalli säilytettiin hankesuunnitelmassa pääosin luonnoksen mukaisena. Eniten kritiikkiä saaneeseen magmamäärän arviointimenetelmään päätettiin luottaa varovaisesti. Järkeväksi toiminta-aluevaihtoehdoksi symposiossa nousi *Kotalahden alue*. Outokumpu Oy:n tutkimuksista ko. alueella oli kulunut useita vuosia ja käytettävissä oli nyt runsaasti uutta GTK:n tuottamaa pohjatietoa: matalalentomittaukset, alueelliset painovoimamittaukset ja alueellinen moreenigeokemia. Niinpä hankkeen pääasialliseksi toiminta-alueeksi valittiin *Tervo-Varkaus -alue* eli Tervosta Varkauteen ulottuva osa Kotalahden nikkelivyöhykettä, jossa pääpaino olisi aluksi juuri Kotalahden alueella. Tervo-Varkaus -alueen lisäksi nikkelin etsintää päätettiin jatkaa Juvan alueella ja aloittaa uutena kohteena Ylivieskan intruusion tutkimukset. Vuonna 1996 hankealuetta laajennettiin länteen siten, että Rautalammin alue tuli mukaan (kuva 1, liitteet 1 ja 2).

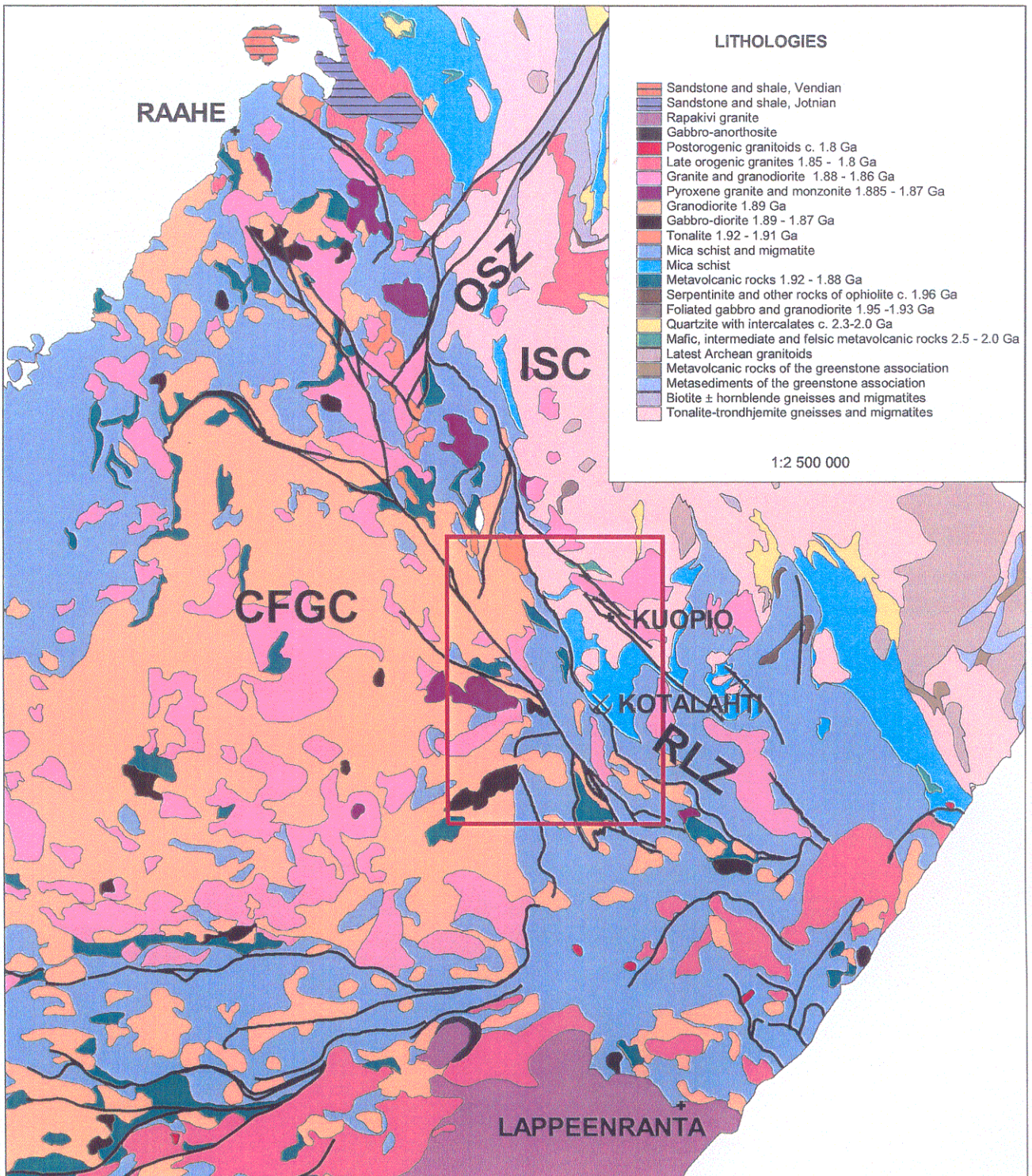
Vuonna 1992 hankkeen toiminnasta pääosa oli Etelä-Savon nikkeli- (Juva, Sulkava) ja kultatutkimusten (Rantasalmi, Joroinen) jatkamista. Tervo-Varkaus -alueen tutkimuksiin päästiin keskittymään vuoden 1993 puolella.

Tässä raportissa esitetään vain Tervo-Varkaus- alueen tutkimustuloksia. Juvan alueen ja Ylivieskan tutkimukset on raportoitu/raportoidaan erikseen. Litogeokemiallisessa tarkastelussa viimeksi mainittujen kohteiden aineistoa käytetään kuitenkin vertailumielessä hyväksi.

### **Aikaisemmat tutkimukset**

Tervo-Varkaus -alueella on aiemmin tehty mittavampaa nikkelinetsintää Kotalahden ja Tervon alueella.

*Kotalahden* alue on ollut Outokumpu Oy:n tutkimusohjelmissa 1960-, 1970- ja 1980-luvuilla. Yhtiö teki laajamittaista geologista kartoitusta, geofysikaalisia maasto- ja matalalentomittauksia sekä erilaista näytteenottoa (moreeni, rapakallio, kallio, syväkairaus). Suurin osa näistä tuloksista saatiin hankkeen käyttöön. GTK ei ole aikaisemmin tehnyt malminetsintää eikä kallioperäkartoitusta Kotalahden alueella. Merkittävimmät Kotalahden alueen nikkeliesiintymät ovat Kotalahti ja Sarkalahti.



Kuva 1. Litologiset pääyksiköt ja tutkimusalue. Korsman et al. 1997 yleistettynä.

Figure 1. Lithological main units and study area. Generalised from Korsman et al 1997.



*Tervon* alueella on nikkelinetsintää tehty eri vaiheissa 1960-luvulta lähtien sekä GTK:n että Outokumpu Oy:n toimesta. Viimeisimmät tutkimukset teki Outokumpu Oy 1980-luvun alussa. Merkittävin esiintymä on *Tervon Talluskanava*.

*Kotalahden* ja *Tervon* alueen väli on ollut vain vähäisen mielenkiinnon kohteena. Suorat nikkelimalmiviitteet puuttuvat lähes kokonaan alueelta. Outokumpu Oy teki *Karttulassa* 1960-luvulla nikkeli-lohkareiden emäkallion jäljitystä ja samoilla alueilla teki GTK 1970-luvun lopulla lohkar-etsintää ja esikartoitusta.

*Kotalahden* eteläpuolisella alueella nikkelinetsintää on tehnyt Outokumpu Oy. Varkauden kaupungin alueella on tavattu pieniä nikkeli-esiintymiä, mutta merkittäviä työmaita ei kuitenkaan ole ollut. Varkaudesta etelään ja kaakkoon, *Kangaslammin* alueella on selkeä nikkeli-kohteiden keskittymä. *Kangaslampi* ei kuitenkaan kuulu enää hankkeen määrittelemään *Tervo-Varkaus-* alueeseen (Kuva 1).

# SUORITETUT TUTKIMUKSET

## Moreenigeokemia

Tutkimusalueelta (Kuopio-Kangaslampi) tehtiin moreenin hienoainekseen perustuva samanlaisuusanalyysi, jossa mallijoukkona oli Oravikosken ympäristön moreeninäytteet. Menetelmää on käytetty aiemmin Pyhäsalmen-Pielaveden alueen moreeninäytteiden luokittelussa (Mäkinen 1991). Tarkoituksena oli antaa kullekin tutkimusalueen moreeninäytteelle samanlaisuusluku suhteessa Oravikosken moreeniaineistolle. Menetelmällä pyrittiin poistamaan moreenigeokemiallisen datan glasiaaliperäinen informaatio ja korostamaan kallioperää kuvastavan tiedon osuutta, koska muokkaamaton yhden alkuaineen pitoisuuksiin perustuva kartta kuvastaa eniten moreenin glasiaalisia piirteitä (Kuva 2).

Laskentaa varten otettiin ALKEMIA-tietokannasta geokemiallinen harvapistemoreeniaineisto karttalehdiltä 3232, 3234, 3241, 3242, 3243 ja 3244 (1478 näytettä). Kuopio-Vehmersalmi-linjan NE-puoleiset näytteet poistettiin aineistosta, koska ne edustivat hienoainesmoreenia. Toimenpide parantaa laskennan tulkittavuutta, koska hienoaines- ja hiekkamoreeni ovat geneettisesti erilaisia.

Jo hankkeen alkuvaiheessa tehtiin päätös, että johtuen "vaikeista" olosuhteista moreenigeokemiaa ei käytetä kohdentavaan ja kohteelliseen malminetsintään, vaan runsas POKA-kairaus korvaa sen. Rajallisesta kairauskapasiteetista johtuen kuitenkin keväällä 1994 tarkistettiin joitakin geofysikaalisia anomaliaita Leppävirran alueella Cobra-kalustolla. Näytteitä otettiin kaikkiaan 155 kpl 146 pisteestä seitsemästä eri kohteesta: Päivälehto (3241 11), Kartiskanlahti (3241 11), Pilliniemi (3241 11), Oikearanta (3241 11), Kynsiniemi (3241 12), Naistenrako (3241 12) ja Poikkisuonsaari (3241 12). Näytteet, sekä moreeni- että rapakallionäytteet, esikäsiteltiin ja analysoitiin GTK:n Kuopion laboratoriossa. Kuivatuksen ja teräsjauhinastiassa suoritettujen jauhatusten jälkeen näytteet uutettiin kuningasvedellä 90 °C:ssa ja analysoitiin FAAS-tekniikalla (511A). Näytteistä analysoitiin Co, Cu, Ni, Pb ja Zn.

## Lohkare-etsintä ja esikartoitus

Hankkeen koko toiminta-aikana tärkeänä alueellisena esitutkimusmenetelmänä käytettiin lohkare-etsintää ja samalla suoritettua paljastumien esikartoitusta. Lohkare-etsintää on käytetty myös sekä kohdentavassa että kohteellisessa tutkimusvaiheessa. Kaikissa muissa tutkituissa Ni-aiheissa paitsi Törmälässä lähtökohtana on ollut mineralisoituneita GB- tai PDR-lohkareita. Lohkareista on tehty tarpeen mukaan aina kemiallisia analyysejä, hietutkimuksia, mikroanalyysejä sekä pertofysikaalisia mittauksia. Tulokset ovat auttaneet suuresti intruusion ja mineralisaation etsimistä ja mahdollisen löydöksen etukäteisarviointia.

Vuonna 1992 tehtiin Rantasalmen ja Varkauden välillä Tiemassaareissa (kuva 3) tutkimuksia n. 30 km<sup>2</sup>:n alueella. Tutkimukset liittyivät oikeastaan Juvan tutkimusten loppuvaiheeseen. Havainnot tekivät Rauli Lempiäinen (RKL) ja Veikko Autio (VA) yhteensä 13 kpl. Seuraavana vuonna työt jatkuivat Jäppilän, Kylmälahden ja Hanhisalon alueilla (yhteensä n. 500 km<sup>2</sup>) ja vuonna 1994 laajasti ottaen Leppävirralla n. 500 km<sup>2</sup>:n alueella. Alueiden valinta perustui sekä edellä selitettyyn moreenin HP-aineiston samanlaisuusanalyysiin että matalalentoaineiston ja gravimetrisen aineiston tulkintaan. Vuonna 1995 saatiin lisätyövoimaa teknisestä ryhmästä (RT ja KAS) ja aloitettiin laajan (n. 2200 km<sup>2</sup>) Tervo-Suonenjoki -alueen etsintätyö. Seuraavana vuonna vielä tarkistettiin joitakin em. alueen osia, varsinkin Niiniveden ympäristössä ja Vehmasmäessä. Lisäksi tehtiin tarkistuksia Leppävirralla Koiruksen ympäristössä, jossa oli töissä myös kenttäkurssilaisia. Vuonna 1997 tehtiin pääosin esikartoitusta (muodostumaetsintää) Rautalammin ja Lamperilan alueilla (n. 400 km<sup>2</sup>). Lamperilan ympäristössä tehtiin pari tarkistusta vielä vuonna 1998.



Kuva 2. Tutkimusalueen moreenin rautapitoisuudet (osittaisuutos, 511P).

Fig. 2. Iron contents in till of the study area (partial dissolution, method 511P).

Suoritemäärät nähdään tarkemmin Taulukosta 1. Lohkaretöistä on kerrottu tarkemmin hankkeen sisäisissä raporteissa: **Lempiäinen R.** Kesän -95 lohkare-etsintä Tervo-Varkaus -alueella, **Lempiäinen R.** Kesän -96 lohkare-etsintä Tervo-Varkaus -alueella, **Lempiäinen R.** Kesän -97 maastotyöt Tervo-Varkaus -alueella.

Taulukko 1. Lohkare-etsintä Tervo-Varkaus -alueella vuosina 1992-98.  
Table 1. Boulder tracing in the Tervo-Varkaus area 1992-98.

Vuosi	Alueet	Tekijät	Kpl
1992	Tiemassaari	RKL, VA	13
1993	Kylmälahti, Jäppilä, Hanhisalo	RKL, VA, OMK	77
1994	Leppävirta, Takkula	JEM, HK, MPR, RKL, OMK, HVM	56
1995	Tervo-Suonenjoki -alue	RKL, RT, KAS	106
1996	-”- + Niinivesi	RKL, kurssilaiset, RT, JKL, KAS	28
1997	Rautalampi, Lamperila	RKL, HSK, RT	32
1998	Lamperila ymp.	HSK	2
<b>Yhteensä havaintoja</b>			<b>314</b>

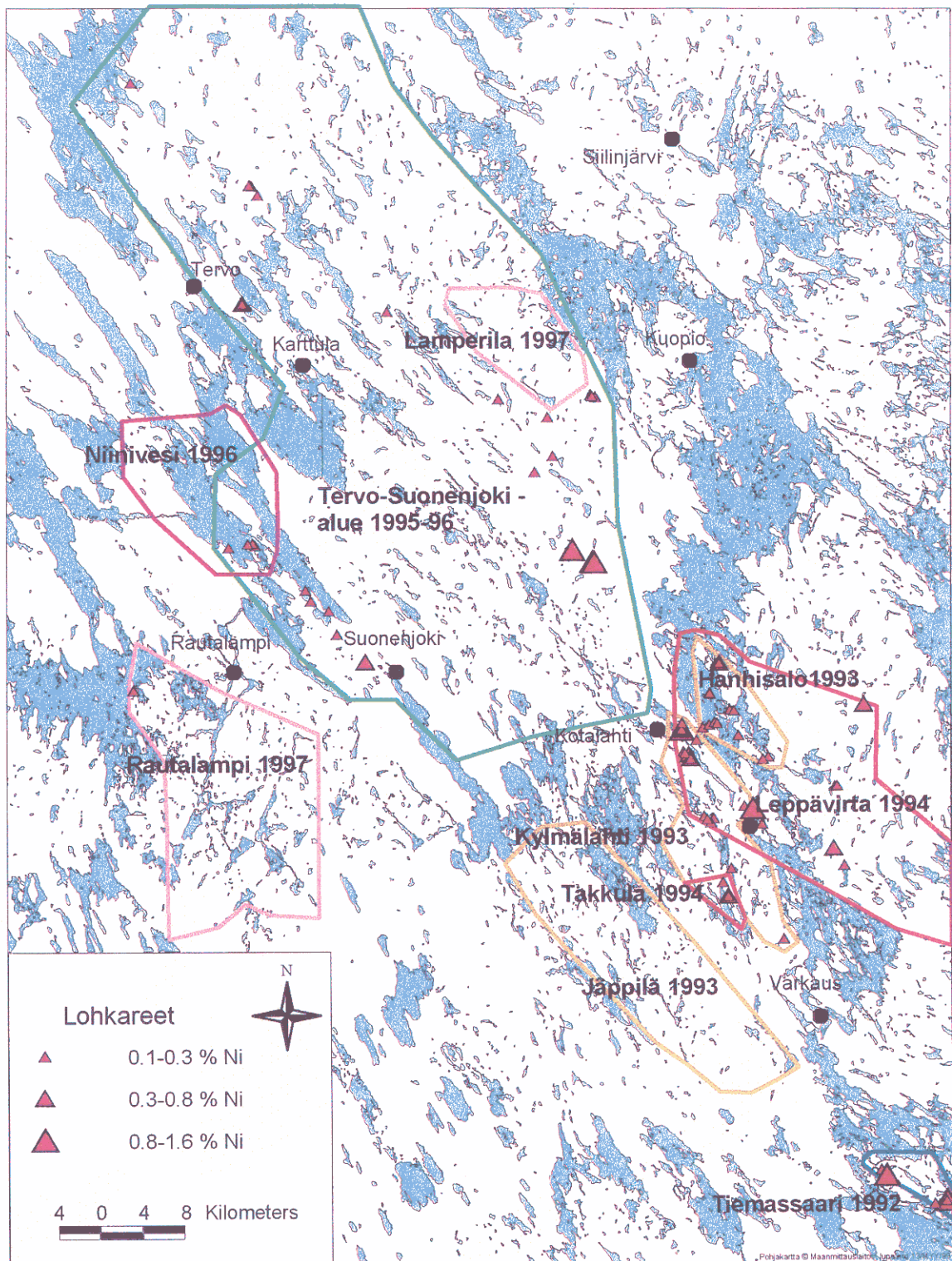
Kerätyt lohkarenäytteet analysoitiin GTK:n Kuopion laboratoriossa. Ne on murskattu, jaettu ja jauhettu automaattisella käsittelylinjalla mangaaniteräsvälineillä. Kaikista näytteistä on analysoitu Co, Cu, Ni, Pb, Zn ja S ja osasta Au, Pd ja Pt. Vuosien 1992-95 perusmetallianalyysit on tehty menetelmällä 511A ja rikki on määritetty LECO:lla. Liuotus on tehty kuningasvedellä 90 °C:ssa ja analysointi FAAS-tekniikalla. Jalometallit on määritetty menetelmällä 521U, jossa kuningasvesiuutto tehdään huoneenlämmössä 5 g:n alkupunnituksesta, jonka jälkeen jalometallit keraostetaan elohopealla. Jalometallien määrittäminen tehdään sitten GAAS-tekniikalla. Vuoden 1996 alusta alkaen analysoitu kaikkia komponentit (paitsi jalometallit) on kuningasvesiuuton jälkeen analysoitu ICP-tekniikalla (menetelmä 511P). Lohkarenäytteitä analysoitiin kaikkiaan 218 kpl ja tulokset ovat ”Liittyä”-aineistona.

### Geologinen kartoitus

Hankkeen toiminnan aikana Tervo-Varkaus -alueella on suoritettu *litologista* kartoitusta sekä kohteellisessa että kohdentavassa mittakaavassa. Kohteellisten malminetsintätöiden yhteydessä kartoitusta on suoritettu useiden intruusioiden välittömässä läheisyydessä niiden litologian ja rakenteen selvittämiseksi. Tällaisia kohteita olivat esim Leppävirran Luusniemi, Hanhisalo, Särkiniemi jne.. J. Mäkinen kartoitti lisäksi muutamia intrusioita litogeokemiallisen näytteenoton pohjaksi (esim. Varpanen). Paljastumakartoituksen ohella tietoa yksittäisistä geofysikaalisista anomaliaista eri puolilta tutkimusalueelta saatiin POKA-kairausten avulla. Hankkeen kartoitustöihin kuuluu oleellisena osana Jokelan 1993-1994 suorittama linjamuotoinen kartoitus, jossa selvitettiin eri migmatiittityyppien esiintymistä Varkauden-Kuopion välisellä alueella (Jokela 1994).

Koska tutkimusten kohteena olevat intrusiot ovat tunkeutuneet nykyiseen ympäristöönsä deformaatiohistorian varhaisessa vaiheessa, katsottiin alueen rakennegeologian selvittäminen erityisen tärkeäksi. Hankkeen aikana tehdyt kallioperäkartoitukset painottuivatkin rakenteellisiin teemoihin.

*Rakennegeologista* kartoitusta tehtiin hankkeen toiminta-aikana kahdella menetelmällä. Jokelan vuosina 1993-1994 tekemä kartoitus suoritettiin pääosin linjamuotoisena kartoituksena, jonka tarkoituksena oli selvittää eri migmatiittivyöhykkeiden sijainti Varkauden-Kuopion välisellä alueella. Kuopion lounaispuolella tehtiin puolestaan detaljista kallioperäkartoitusta rajatulla alueella J. Luukkaan (1996-1997) ja J. Mäkisen (1997-1998) toimesta. Näiden kartoitusten tarkoituksena oli selvittää alueen rakennegeologian kehitys yksityiskohtaisemmin kuin Jokelan työssä sekä selvittää Ni-kriittisten intruusioiden intrudoitumisajankohtaa. Kartoitusalueeksi valittiin Vehmasmäen-Paukarlahden-Kotalahden alue siten, että J. Luukas oli vastuussa Kuopion lehden puoleisesta ja J. Mäkinen Suonenjoen lehden puoleisesta alueesta (Liitekartta 2).



Kuva 3. Lohkare-etsintä Tervo-Varkaus -alueella.  
 Figure 3. Boulder tracing in the Tervo-Varkaus area.

Systemaattista kallioperäkartoitusta tehtiin Kuopion länsipuolisella migmatiittialueella Jokelan linjamuotoisen kartoituksen jälkeen. J. Mäkinen teki kallioperäkartoitusta Haminalahden alueella vuonna 1996 tarkoituksenaan selvittää alueella olevien emäksisten syväkivien levinneisyyttä. Kuopion lounaispuoleisella alueella tehtiin rakennegerologiaan painottuvia kartoituksia vuosina 1995-1996 Vehmasjärven-Kurkimäen alueella (J. Luukas) sekä 1997 ja 1998 Paukarlahden alueella (J. Mäkinen). Raportoitujen esiintymäkohteiden yksityiskohtaisempi selostus on ko. aiheen raportissa (ks. Liittyaineisto).

Hankkeen alueelta tekemät kallioperähavainnot ja kairareiät on talletettu KALPEA ja KAIRA-ohjelmien

kautta ORACLE-kallioperätietokantaan. Myös hankkeen teettämät hieet on talletettu samaan tietokantaan. Talletetut havainnot ja kairareivät on esitetty Liitekartassa 2.

## Geofysiikka

Emäksisiin intruusioihin liittyvät Ni-malmit ovat periaatteessa geofysikaalisesti erittäin otollisia tutkimuskohteita. Itse intruusioita voidaan etsiä ja tutkia magneettisin ja painovoimamenetelmin. Lisäksi kiisuuntumat ovat erikseen tutkittavissa edellä mainittujen lisäksi sähköisin menetelmin.

Geofysikaaliset tutkimukset jakautuvat alueellisiin ja kohteellisiin. Alueellisena geofysikaalista kartoitusta GTK tekee lentomittauksena magneettisin, sähkömagneettisin ja radiometrisin menetelmin. Maanpintamittauksena tehdään ainoastaan alueellista painovoimakartoitusta. Alueelliset menetelmät ovat käytössä kohdentavassa tutkimusvaiheessa, jossa pyritään paikantamaan intruusioita potentiaalisina malmikohteina. Tämä voi tapahtua joko suoraan alueellisesta aineistosta laskenta- ja visualisointimenetelmien avulla anomaliaita luokitellen ja useimmiten muuhun geotietoon yhdistämällä. Toisaalta alueellista aineistoa voidaan käyttää huomattavan pieniä kohteita, jopa pelkkiä kiisuuntumia, haettaessa. Tämä koskee erityisesti aeromagneettisen mittauksen hyödyntämistä esimerkiksi lohkare-etsinnässä.

### *Alueelliset geofysikaaliset mittaukset*

Alueellinen geofysikaalinen aineisto, matalentomittaukset ja alueellinen painovoimamittaus, kattoivat toiminta-alueen jo hankkeen alkuvaiheessa varsin hyvin. GTK:n matalalentoaineisto oli käytössä koko alueelta ja painovoimamittauskin oli valmiina noin 60-prosenttisesti. Alueellista painovoimakartoitusta täydennettiin mittauksin Rautalammin alueella, Kuopion itä- ja eteläpuolella sekä Leppävirran-Varkauden-Rantasalmen seuduilla ja Keitelelen-Viitasaaren-Pihtiputaan alueella. Yhteenvedotiedot tästä kartoituksesta on esitetty taulukossa 2. Näistä mittauksista osa tilattiin urakoitsijalta, Suomen Malmi Oy:ltä (SMOY), osan teki GTK:n Väli-Suomen aluetoimiston henkilöstö (GTK/VSA) ja osan GTK:n alueellisen painovoimakartoitusyksikön kenttäryhmä (GTK/APV-ryhmä). Kartoitus tehtiin täysinä 1:20000 karttalehtinä, jos mahdollista. Hankkeen toiminta-alueelle tehtiin lisämittausta yhteensä 43 karttalehteä. Mittaukseen sisältyy tämän raportin ulkopuolista, mutta hankkeen toiminta-alueeseen kuuluvaa mittausta 6 karttalehteä Juvan alueelta.

### *Kohteelliset geofysikaaliset mittaukset*

Alueellisen geofysikaalisen kartoituksen ja muun geotiedon perusteella valittujen tutkimuskohteiden tarkempi tutkimus tehtiin geofysikaalisiin maastomittauksiin useissa kohteissa sekä systemaattisina että profiilimittauksina. Tutkimuskohteen paikantava geofysikaalinen tutkimus tapahtui profiilimittauksiin, joilla useiden kilometrien pituisilla profiileilla selvitettiin tutkittavan kohteen tarkempaa sijaintia. Mikäli kohde osoittautui kiinnostavaksi, oli seuraavana vaiheena pienialaisempi mittaus tiheässä pisteverkossa (10m x 50m tai 20m x 100m).

**Magneettinen mittaus** tehtiin jokaisessa kohteessa muiden menetelmien käytön riippuessa tutkittavan kohteen ja ympäristön petrofysikaalisista ominaisuuksista, geologisesta rakenteesta, luonnonesteistä (vesistö, topografia) sekä myös jossain määrin ihmisen aiheuttamista sivilisaatiohäiriöistä. **Slingram- ja painovoimamittauksia** tehtiin lähes jokaisessa kohteessa. Vain vesistöjen (Koirus ja Törmälä) vuoksi painovoimamittausta ja muiden ympäristötekijöiden (Törmälä, sivilisaatio) takia sähköistä mittausta jätettiin osa tekemättä.

**Latauspotentiaali-, Sampo-laajakaista-EM- ja reikämittauksia** sekä muita erikoismenetelmiä käytettiin kohteen tarkemmissa jatkotutkimuksissa, jolloin kiinnostava malmiaihe oli jo saatu paikallistettua ja haluttiin tutkia sen kokoa, muotoa ja sijaintia. Eri aiheissa tehtyjen kohteellisten geofysikaalis-

ten mittausten suoritemäärät ja käytetyt menetelmät on koottu taulukkoon 3. Mittaukset on tehty pääosin GTK:n Väli-Suomen kenttähenkilöstön voimin, mutta lähinnä reikämittauksia (3-komp. magnetometrausta) on teetetty ulkopuolisella urakoitsijalla.

Hankeen toiminta-alue ja yhteenvedo kohteellisista mittauksista ilmenee liitteessä 9, jossa on alueellisen painovoimamittauksen Bouguer-anomalia pohjakarttana ja sille on piirretty kaikki hankkeen toiminta-aikana mitatut magneettiset profiilit. Koska jokaisessa kohteessa tehtiin ainakin magneettista mittausta, niin liitteen 9 kartta osoittaa samalla ne kohteet, joissa aihe oli niin kiinnostava, että siellä tehtiin jotain kohteellista geofysiikkaa maanpintamittauksin.

Taulukko 2. Alueellinen painovoimakartoitus Ni-hankkeen toiminta-alueella vuosina 1992-1998.  
Table 2. Regional gravity measurements in the operation area of Ni-project during 1992 -1998.

Alueelliset painovoimamittaukset Tervo-Varkaus alueella v. 92-98.				
Vuosi	Kohde	Karttalehdet	Mittaaja	Yhteensä km <sup>2</sup>
1992	Rautalampi	3223 09,10,11,12	SMOY	400
	Varkaus	3234 07, 08, 09, 10, 11, 12	GTK/Apv-ryhmä	600
	Rantasalmi	3233 08, 12	GTK/Apv-ryhmä	200
1993	Rautalampi	3223 07, 08	SMOY	200
	Leppävirta	3243 01, 02, 03, 04, 05, 06	GTK/Apv-ryhmä	600
	Kuopio	3244 02	GTK/VSA	100
	Keitele	3312 10, 11	SMOY	200
		3313 02, 03		200
3314 01, 02		200		
1994	Juva	3144 05, 06, 08, 09, 11, 12	GTK/Apv-ryhmä	600
	Keitele	3233 07, 09	GTK/Apv-ryhmä	150
		3312 12	GTK/VSA	100
		3314 03, 06	GTK/Apv-ryhmä	200
1997	Kuopio	3244 03,06,09,12	SMOY	400
	Pielavesi	3314 09	GTK	100
1998	Viitasaari	3311 11	SMOY	100

Taulukko 3. Geofysikaaliset mittaukset Tervo-Varkaus tutkimusalueella v. 92-98.

Table 3. Geophysical measurements of the Tervo-Varkaus area.

Karttalehti	Kohde	Aika	Magneettinen	Gravimetrinen	Slingram	Lataus-potentiaali	Sampo	Reikä-log-gaukset	Muut
3234 04	Tiemasoja, Koirasaari, Pölkkyinniemi	1992	1.83 km <sup>2</sup> 3.5 prof. km	3.5 prof. km	1.3 km <sup>2</sup>	0.1 km <sup>2</sup>			IP 1.5 prof. km
3241 12 3242 10	Hanhisalo, Naistenrako	1993-1994	12.0 km <sup>2</sup>	12.0 km <sup>2</sup>	12.0 km <sup>2</sup>	4.2 prof. km 11 reikää		8 reikää	3-komp mg 8 reikää
3241 11, 12	Särkiniemi	1994-1995	9.8 km <sup>2</sup>	9.8 km <sup>2</sup>	9.8 km <sup>2</sup>	20 prof. km 30 reikää	115 pist.	25 reikää	3-komp.mg 8 reikää
3241 11, 12	Rytky	1995	0.18 km <sup>2</sup>					5 reikää	3-komp.mg 2 reikää
3241 12	Koirus N	1994	2.25 km <sup>2</sup>				113 pist.		
3242 04,05, 07, 08	Vehmasmäki, ymp.	1996	14.0 prof. km	14.0 prof. km	14.0 prof. km				
3241 11	Heimonvuori	1996	2.3 km <sup>2</sup>	2.3 km <sup>2</sup>	2.3 km <sup>2</sup>				
3242 07	Humalajoki, ymp.	1996	3.0 prof. km	3.0 prof. km	3.0 prof. km				
3242 07	Vehmasjoki	1996-1997	3.0 km <sup>2</sup>	3.0 km <sup>2</sup>	3.0 km <sup>2</sup>	0.25 km <sup>2</sup>			
3242	Luusniemi	1996-1997	3.5 km <sup>2</sup> 7.3 prof. km	8.6 prof. km	3.5 km <sup>2</sup> 7.3 prof. km			4 reikää	
3223 09	Törmälä, ymp		9.8 km <sup>2</sup>			5.3 prof. km 10 reikää	73 pist.		
3224 08	Kerkonkoski	1996-1997	4.0 km <sup>2</sup>	4.0 km <sup>2</sup>	4.0 km <sup>2</sup>	0.8 km <sup>2</sup>			
3242 06	Munaniemi	1997-1998	6.0 km <sup>2</sup>	6.0 km <sup>2</sup>	6.0 km <sup>2</sup>				
<b>Yhteensä</b>			<b>54.66 km<sup>2</sup> 27.8 prof. km</b>	<b>37.1 km<sup>2</sup> 29.1 prof. km</b>	<b>41.9 km<sup>2</sup> 24.3 prof.km</b>	<b>1.15 km<sup>2</sup> 29.5 prof. km</b>	<b>301 pist.</b>	<b>42 reikää</b>	



## Kairaus

Tervo-Varkaus -alueella on käytetty kohdentavassa ja kohteellisessa tutkimusvaiheessa runsaasti sekä ulkopuolista raskasta kairausta (Taulukko 4) että POKA-kairausta (Taulukko 5). POKA-kairausta on käytetty etupäässä intruusioiden etsimiseen ja löydetyn mineralisaation pintaosaan rajaamiseen ja alustavaan tutkimiseen. Jotkut pienet intruusiot ja mineralisaatiot on kairattu lähes yksinomaan POKA:-lla (esim. Törmälä). Raskas kairaus on tullut mukaan siinä vaiheessa, kun on tarvittu tietoa "pintaa syvemmältä" esim. varantoarvion tekemiseksi. Kaikki kairaus on tehty T-46 -kalustolla. Kairanreikäluetelo on Tervo-Varkaus -alueen osalta Liitteessä 8 sekä suurempien esiintymien osalta valtausraporteissa (M06-raportti) ja reikien sijainti nähdään Liitteessä 2. Kairansydämiä ei ole valokuvattu systemaattisesti, mutta reikäraportit ovat joko valtausraporttien tai tämän raportin "Liitty-aineistona".

Kairansydämistä valitut malminäytteet (yhteensä 2168 kpl) on ositettu kivilajirajat ja malmityyppirajat huomioon ottaen yleensä n. 1 m:n pätkiksi. Analyysipätkät on puolitettu timanttisahalla ja puolikkaat on murskattu, jaettu ja jauhettu automaattisella käsittelylinjalla mangaaniteräsvälineillä GTK:n Kuopion laboratoriossa. Kaikista näytteistä on analysoitu Co, Cu, Ni, Pb, Zn ja S ja osasta Au, Pd ja Pt. Vuosien 1993-95 perusmetallianalyysit on tehty menetelmällä 511A ja rikki on määritetty LECO:lla. Liuotus on tehty kuningasvedellä 90 °C:ssa ja analysointi FAAS-tekniikalla. Jalometallit on määritetty menetelmällä 521U, jossa kuningasvesiuutto tehdään huoneenlämmössä 5 g:n alkupunnituksesta, jonka jälkeen jalometallit keraosotetaan elohopealla. Jalometallien määrittäminen tehdään sitten GAAS-tekniikalla. Vuoden 1996 alun jälkeen kaikki komponentit (paitsi jalometallit) on kuningasvesiuuton jälkeen analysoitu ICP-tekniikalla (menetelmä 511P). Tulokset ovat "Liitty-aineistoa".

Taulukko 4. Urakoitsijoiden tekemä kairaus raskaalla kalustolla Tervo-Varkaus -alueella.  
Table 4. "Heavy diamond drilling" in the Tervo-Varkaus area.

Aika	Kohde	Karttalehti	Reikiä (kpl)	Pituus (m)	Kairaaja
1995	Särkiniemi	3241	16	1916.70	Maa ja Vesi Oy
1995-96	Särkiniemi	3241	24	4020.75	SMOY
1995	Hanhisalo	3241	7	1331.35	Geotek
1995	Naistenrako	3241	4	758.10	Geotek
1996	Hanhisalo	3241	2	617.90	SMOY
1996	Naistenrako	3241	7	1017.25	SMOY
1996	Luusniemi	3242	5	1218.80	SMOY
1996	Rytky	3241	7	1469.60	SMOY
1997	Vehmasjoki	3242	14	1759.90	SMOY
1998	Koirus N	3241	1	332.10	SMOY
1998	Törmälä	3223	5	1009.50	SMOY
<b>Yhteensä</b>			<b>92</b>	<b>15451.95</b>	

Taulukko 5. Hankkeen POKA-kairaukset Tervo-Varkaus -alueella GTK:n omalla kalustolla.  
 Table 5. "Light diamond drilling" in the Tervo-Varkaus area.

Aika	Kohde	Karttalehti	Reikiä (kpl)	Pituus (m)
1993	Tiemasoja	3234	9	282.25
1994	Niittylampi	3241	5	149.25
1994	Kylmälahti	3241	4	227.20
1994	Hanhisalo	3241	13	655.15
1994-96	Särkiniemi	3241	11	619.20
1995	Naistenrako	3241	6	281.25
1995	Rytty	3241	4	168.85
1995	Oravilahti	3241	2	57.80
1995-96	Takkulan alue	3241	11	559.90
1996	Koirus N	3241	3	158.40
1996	Koirus S	3241	3	141.30
1996	Mustikka	3241	5	168.45
1996	Suonenjoki-Rautalampi -alue	3224, 3241	12	460.15
1996	Vehmasmäki	3242	3	149.90
1996-97	Täilahti	3241	3	169.15
1996-97	Heimonvuori	3241	11	841.90
1996-97	Humalajoki	3242	15	947.10
1996-98	Vehmasjoki	3242	24	1510.30
1996, 1998	Tervon alue	3313	12	589.60
1997	Luusniemi	3242	6	359.30
1997-98	Törmälän ymp.	3223	34	1893.20
1996-98	Kerkonkoski	3224	21	1366.90
1998	Vehmasjoen jakso	3242	10	605.70
1998	Munaniemi	3242	11	761.90
1998	Niinikoski	3242	9	909.20
<b>Yhteensä</b>			<b>243</b>	<b>14033.30</b>

### Petrologiset ja mineralogiset tutkimukset

Petrologisia ja mineralogisia tutkimuksia varten Tervo-Varkaus -alueen lohkareista, paljastumista ja kairanrei'istä valituista näytteistä tehtiin kaikkiaan 487 kiillotettua ohuthiettä. Lisäksi tehtiin malminäytteistä useita kiillotettuja pintoja. Huomattavimmista malmiesiintymistä (Särkiniemi, Hanhisalo ja Törmälä) tehtiin malmimineralogiset tutkimukset, jotka on raportoitu erikseen (M19/3241/-95/1/10, M42.2/3241/-98/1/10, M42.2/3223/-99/1/10).

Litogeokemialliset tutkimukset ovat olleet hankkeen alusta lähtien olennainen osa malmitutkimuksia (vrt. johdanto). Kaikista tutkituista intruusioista on otettu näytesarja kokokivianalyysiin ja oliviinipitoisista kivistä on teetetty oliviinianalyysit. Lisäksi analysoitiin yksittäisiä mafisia juonia ja schollenkappaleita sekä kiillegneissejä. Yhteensä kokokivianalyyseja teetettiin Tervo-Varkaus -alueelta 572 kpl ja oliviinianalyyseja 110 näytteestä. REE-analyyseja (+Tl, Rb, Zr) teetettiin 62 kpl ja ne valittiin kokokivianalyysien perusteella. Kaikki analyysit tehtiin GTK:n laboratorioissa; kokokivianalyysit XRF:lla jauhepuristeesta (menetelmä 175X) ja REE-analyysit ICP-MS-tekniikalla (menetelmä 308M). Oliiviinin koostumuksen määrittäminen tehtiin mikroanalyysointilaitteella (Cameca Camebax SX 50) kiillotetuista ohuthieistä. Kustakin hieestä analysoitiin yleensä kolme rautaa ja rakeiden keskiarvoanalyysia käytettiin näytteen arvona.

Näytteet otettiin suurimmaksi osaksi kairasydämissä sekä lisäksi paljastumista minikairalla tai vasaralla. Pääarkoituksena litogeokemiallisella tutkimuksella oli intruusioiden sisäisen koostumuksen selvittäminen sekä malmipotentialisten intruusioiden erottaminen malmittomista.

## TERVO-VARKAUS -ALUEEN GEOLOGIA

### Litologiset yleispiirteet Tervo-Varkaus alueella

Tervo-Varkaus alue sijoittuu NW-SE -suuntaisen Raahe-Laatokka -vyöhykkeen keskiosiin koillisessa olevan Arkeaisen pohjagneissikompleksin ja lounaassa olevan Keski-Suomen granitoidikompleksin (CFGC) väliin (Kuva 1). Tästä Suvasveden ja Iisveden siirrostien rajaamasta alueesta on käytetty myös nimitystä Kuopion hiertovyöhyke (Kärki et al. 1993). Alueelle tyypillisiä piirteitä ovat NW-SE ja N-S -suuntaiset siirrokset ja hierrot, lineaariset negatiiviset gravimetriset anomaliat sekä korkean asteen metamorfiset lohkot. Aluetta on pidetty osana Kahman (1973) nimeämää pääsulfidimalmivyöhykettä Ni-kriittisten intruusioiden vuoksi. Gaálin (1972) mukaan alueen Ni-pitoisten mafisten intruusioiden on katsottu korreloivan suuriin strike slip -siirroksiin. Geotektonisten mallien mukaan Raahe-Laatokka -vyöhykettä on pidetty geosutuurina (mm. Koistinen 1981).

Valtakivilajeina Tervo-Varkaus alueella ovat eriasteisesti migmatoituneet kiillegneissit, erilaiset intrusiivikivet sekä arkeaiset pohjagneissit. Arkeaisia granitoidisia gneissejä esiintyy Kuopion-Siilinjärven alueella, jossa ne edustavat proterotsooisissa hierroissa voimakkaasti deformatunutta Iisalmen Arkeaisen kompleksin (ISC) lounaiskärkeä. Kuopion alueella arkeaisia gneissejä esiintyy kiillegneissien keskellä erillisinä pohjan doomeina (esim. Eskola 1949, Bowes 1980, Brun et al. 1981). Hankkeen tekemissä kartoituksissa havaittiin, että pohjan gneissejä esiintyy em. doomien länsipuolella ylityöntölaatoiksi tulkittavina kapeina tektonisina siivuina kiillegneissien keskellä.

Kiillegneissit ovat yleisiä Kuopion (3242), Suonenjoen (3241), Vehmersalmen (3243) ja Varkauden (3234) karttalehdillä. Mid Norden-kartalla (Lundqvist et al. 1996) tämän alueen kiillegneissit on jaettu itäisiin kalevaisiin muodostumiin ja läntisiin svekofennialaisiin muodostumiin (Savon liuskeet). Suomen 1:1 000 000 mittakaavaisessa kallioperäkartassa (Korsman et al. 1997) itäisistä kiillegneisseistä on lisäksi erotettu Outokumpu-assosiaation kiillegneissit erilleen. Rajat näiden eri stratigrafisten yksiköiden välillä on tulkittu tektonisiksi. Mm. kalevaisten ja svekofennidisten gneissien rajana on pidetty Airakselan siirrosta, joka kulkee Kotalahdesta Kuopion doomien länsipuolitse luoteeseen (ks. liitekarta 2). Kalevaiset kiillegneissit ovat ainakin Kuopion eteläpuoleisella alueella heikosti migmatoituneita ja niissä on välikerroksina karsia ja grafiittipitoisia liuskeita. Svekofennidiset kiillegneissit ovat edellisiin verrattuna voimakkaammin migmatoituneita ja hiertyneitä. Niissä on yleisesti amfiboliitteja, sarvivälkegneissejä, karsia ja grafiittiliuskeita välikerroksina.

Tervo-Varkaus -alueella erityyppiset syväkivet ovat kiillegneissien ohella alueen valtakiviä. Keski-Suomen granitoidikompleksiin (CFGC) kuuluvia syväkiviä on runsaimmin alueen luoteis- ja länsiosissa Tervon (3313), Karttulan (3224) ja Rautalammin (3223) karttalehdillä. Tässä yksikössä pääkivilajina ovat granodioriitit ja graniitit, kun taas gabroja ja peridottiitteja esiintyy vähemmän. Lähes kaikki Tervo-Varkaus -alueen Ni-potentiaaliset intrusiivit esiintyvät em. svekofennidisissä kiillegneisseissä. Rautalammin alueella on erillinen korkeamman metamorfoosin lohko, jossa tavataan mm. pyrokseenigranitoideja. CFGC:n ulkopuolella esiintyy erillisiä, pääosin porfyyrisiä granitoidi-intruusioita. Varkauden alueella on runsaasti gneissimäistä tonaliittia, joka voidaan tulkita voimakkaasti sulaneeksi kiillegneissiksi. Kaikki nämä syväkivet kuuluvat svekofennidisen orogeenin syntektoniseen magmatismiin (1890-1875 Ma), joka edustaa samalla Raahe-Laatokka -vyöhykkeen metamorfista huippukohtaa ja tonatiittisten migmatiittien syntymisen ajankohtaa.

### Litologiset kuvaukset Tervo-Varkaus alueella

#### *Haminalahden-Kotalahden alue*

Pääkivilajeina tällä alueella ovat lähinnä arkeaisen pohjan tonaliittiset gneissit sekä proterotsooiset

kiillegneissit, sarvivälkegneissit ja erilaiset intrusiivikivet. Vähemmän tavataan epikontinentaaliseen sarjaan kuuluvia kvartsiitteja, karsikiviä ja emäksisiä vulkaniitteja. Rakenteellisesti alue on kaksijakoinen. Itäosa edustaa suurten hiertojen välissä olevaa hieman paremmin säilynyttä lohkoa, jossa tyypillisinä piirteinä ovat pohjan doomit, kun taas länsiosa kuuluu voimakkaasti hiertyneeseen Airakselan siirrosvyöhykkeeseen.

Arkeisia pohjan gneissejä alueella edustavat Kuopion, Vehmasmäen, Paukarlahden ja Kotalahden doomien tonaliittiset-graniittiset gneissit. Nämä gneissit ovat vaalean harmaita tai heikosti punertavia, keskirakeisia, raitaisia ja useimmiten voimakkaasti liuskettuneita migmatiitteja. Monin paikoin gneisseihin kuuluu sarvivälkeraitaisia osueita sekä tavallista homogeenisempia ortogneissimäisiä alueita. Amfiboliittiset juonet, jotka ovat tulkittavissa proterotsooisiksi metadiabaaseiksi, ovat yleisiä kaikkien doomien alueella. Doomeihin kuuluu myös proterotsooisia graniitteja pieninä leikkaavina intrusioina.

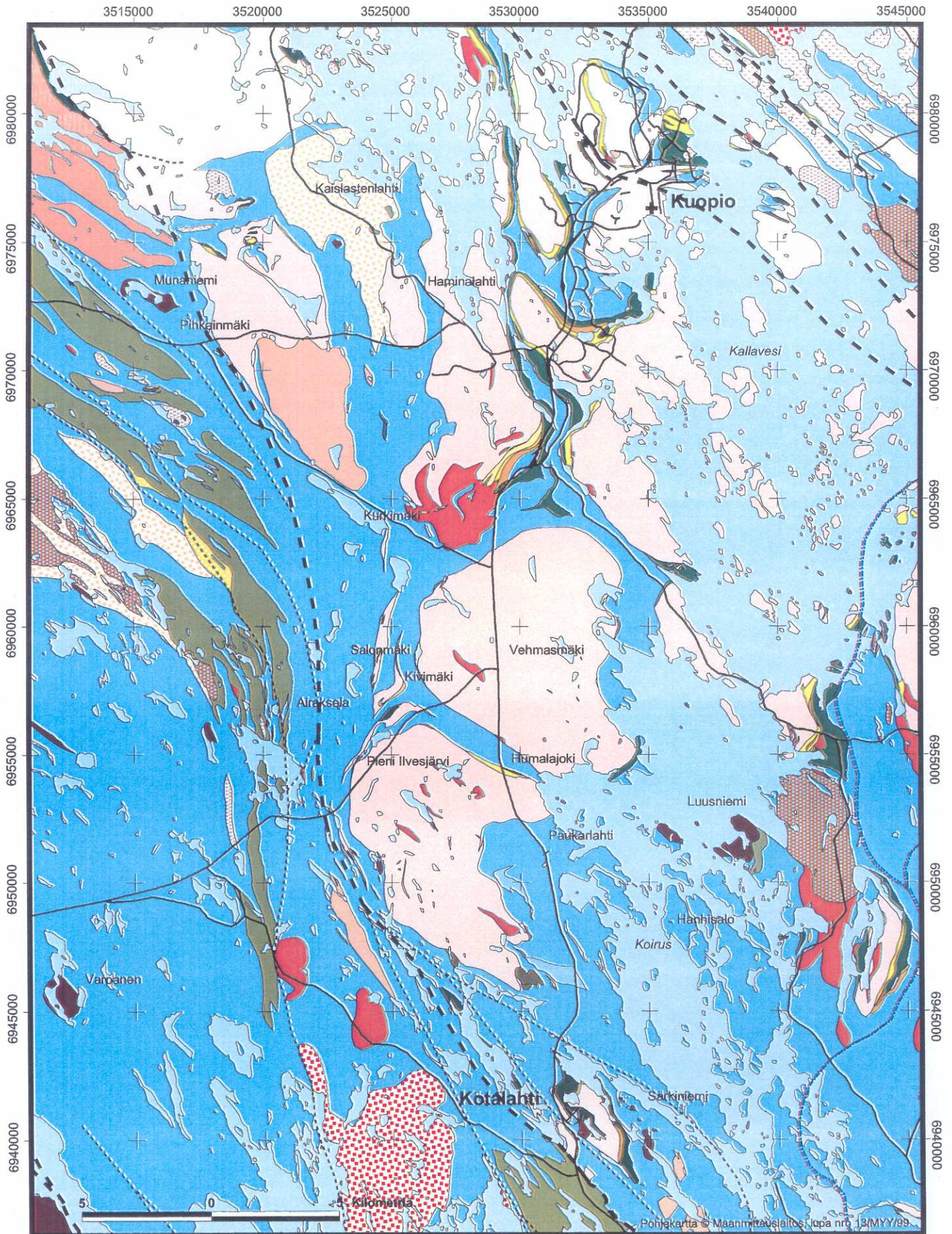
Kartoituksissa havaittiin arkeisia tonaliittisiä gneissejä esiintyvän myös Vehmasmäen ja Paukarlahden doomien länsipuolella kiillegneissien välissä kapeina (50-500m) ylityöntölaatoiksi tulkittavina tektonisina siivuina (Kuva 4). Yleisasultaan nämä gneissit ja niissä olevat yleiset amfiboliittiset juonet ovat voimakkaasti liuskettuneita. Kartoituksissa Vehmasjärven-Kurkimäen alueelta pystyttiin erottamaan viisi erillistä ylityöntölaattaa. Näistä eteläisin, Paukarlahden doomin länsipuolella voimakkaan hiertovyöhykkeen alueella sijaitseva, on fragmentoitunut pieniksi kappaleiksi myöhäisemmissä strike slip-siirroksissa. Tällä Haukijärven alueella tonaliittigneissifragmentteihin liittyen tavattiin myös kvartsiitti-, karsija amfiboliittifragmentteja.

Stratigrafisesti pohjan päälle tulevia kvartsiitteja, karsia ja emäksisiä vulkaniitteja tavattiin doomien reunaosissa kapeina osueina. Vehmasmäen doomin länsilaidalla Tetrinjärvellä on karrensotkuista emäksistä vulkaniittia. Tästä hieman pohjoiseen esiintyy tyynylaavarakenteista emäksistä vulkaniittia. Kvartsiittia Vehmasmäen länsilaidalta ei löydetty. Vehmasmäen ja Paukarlahden doomien väliin Humalajoelle tehdystä 15 reiän POKA-profiilista tavattiin kiillegneissien, -liuskeiden ja pohjagneissien ohella kvartsiitteja, karsia sekä amfiboliittia ja sarvivälkegneissia. Profiilin tutkimuksissa todettiin, että Paukarlahden doomin tonaliittiset gneissit ovat kvartsiittien päällä tektonisen ylikääntymisen ja mahdollisen ylityöntymisen vuoksi. Pohjan gneissien päällä olevia kvartsiitteja tai karsia löytyi kartoituksissa lisäksi Pihkainmäestä, Kaislastenlahdesta ja Paukarlahdesta. Gaál (1981) on kuvannut epikontinentaalisarjan kiviä myös Kotalahdesta. Kaikille näille alueille yhteisenä piirteenä on kvartsiitti-, karsija vulkaniittikerrostumien ohuus ja epäjatkuvuus.

Haminalahden-Kotalahden alueella eriasteisesti metamorfoituneet kiillegneissit ovat pohjan tonaliittisten gneissien ohella vallitsevia kivilajeja. Hankkeen toimesta kartoituksessa keskityttiin Vehmasmäen doomin länsipuoleiselle ja Paukarlahden doomin eteläpuoleiselle hyvin paljastuneille alueille. Heikommien paljastuneella Kurkimäen pohjoispuoleisella alueella geofysikaalisia anomaliaita tarkistettiin POKA-kairauksin.

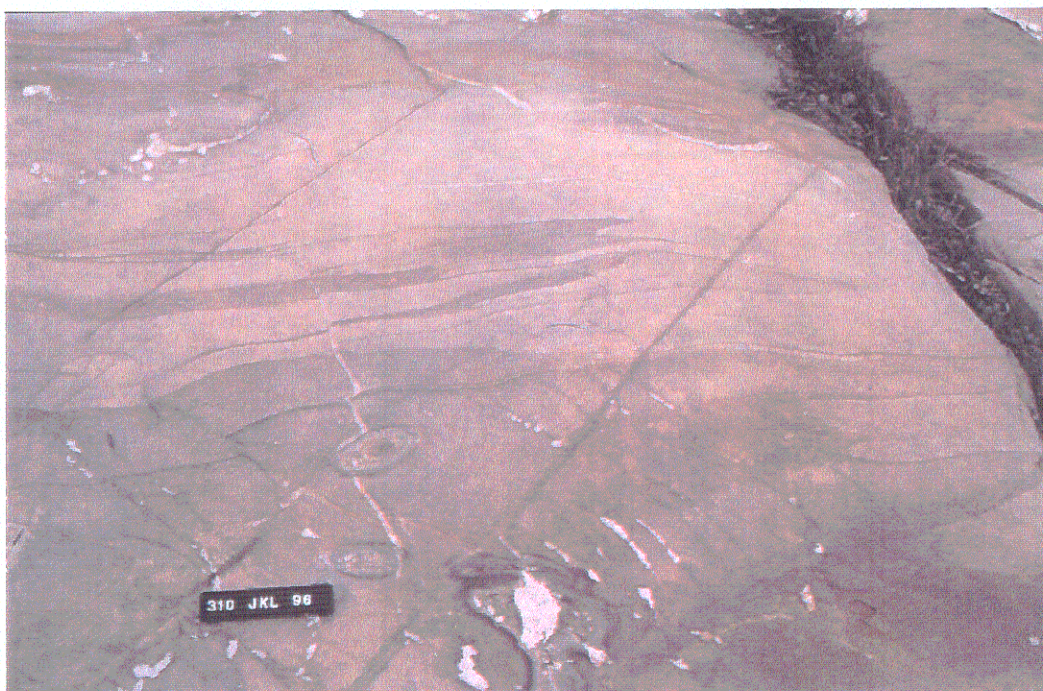
Kotalahden-Kuopion välisellä alueella parhaiten säilyneitä kiillegneissejä esiintyy lehdellä 3241 12 Hanhisalon alueella. Näissä migmatoitumattomissa kivissä primääri turbidiittinen patjarakenne ja varhaisimmat isokliiniset poimut ovat säilyneet hyvin (Kuva 5). Kiillegneissit ovat hienorakeisia psammiittisia kiviä, joissa esiintyy yleisesti ohuita kalkkisilikaaattikerroksia. Alueelta on paikannettu gabroihiin-peridotiittihin liittyvät Hanhisalon ja Naistenraon Ni-esiintymät.

Koiruksessa kulkevat SE-NE -suuntaiset siirroksiset muodostavat lohkorajan, joka erottaa Hanhisalon alueen hyvin säilyneet kivet Kotalahden puolen migmatiiteista. Naistenraon eteläpuolella gneissit muuttuvat äkkiä suonigneisseiksi ilmentäen myös E-W suuntaista lohkoutumista.



Kuva 4. Kuopion - Kotalahden alueen geologia. Kartta perustuu Savon alueen kallioperäkartoitushankkeen (2101002) ja Nikkelihankkeen (12204) kartta-aineistoihin. Kivilajit kuten liitteessä 1.

Figure 4. Geological map of the Kuopio-Kotalahti area. Map is based on the data of the bedrock geology of the Savo region project (2101002) and the Ni-project (12204). Lithologies as in appendix 1.



Kuva 5. Isokliininen F1 -poimu, Hanhisalo  $x=6948140$ ,  $y=3535990$

*Figure 5. Isoclinal F1 -fold, Hanhisalo  $x=6948140$ ,  $y=3535990$*



Kuva 6. Kerrallinen kiillegneissi, jossa F2 -poimun kylkiosaan liittyvä siirros. Kivimäki  $x=6959100$ ,  $y=3525000$ .

*Figure 6. Graded mica gneiss and a fault related to the F2 -fold. Kivimäki,  $x=6959100$ ,  $y=3525000$*

Samantyyppistä hyvin säilynyttä hienorakeista psammiittisvaltaista kiillegneissia esiintyy Vehmasmäen laidassa Kivimäessä (3242 07) (Kuva 6). Myös näihin gneisseihin liittyy kapeita kalkkisirakkeita ja -pahkuja. Kivimäelle Ni-lohkareiden paikantamisyritysten yhteydessä tehdyissä kolmessa POKA-reiässä (R301-R303) tavattiin kiillegneissin välikerroksina grafiittiliuskeita ja karsia, jotka ovat varsin yleisiä kiillegneissien seuralaisia. Samanlaista hyvin säilynyttä kiillegneissia esiintyy myös Kivimäen länsipuolella pohjagneissisiivujen välissä sekä Kurkimäen alueella (Kuva 7). Kaikilla näillä alueilla kiillegneississä on tavattu hieman vaaleaa keskirakeista granitoidia ( $D_2$ -neosomia?) kerroksellisuuden suuntaisina tai poimutuksen akselitason suuntaisina juonina, mutta varsinaista voimakasta migmatisaatiota näissä gneisseissä ei ole havaittu. Varhaisiin deformaatiovaiheisiin liittyviä ohuita kvartsijuonia esiintyy kuitenkin yleisesti.



Kuva 7. Heikosti migmatoitunut kiillegneissi, jossa näkyvillä vaaka-asentoinen F2 -poimu. Kurkimäki  
x=6962800, y=3526200

*Figure 7. Slightly migmatized mica gneiss with sub horizontal F2-fold. Kurkimäki x= 6962800, y= 3526200*

Vehmasjärvellä arkeeisten pohjagneissisiivujen länsipuolella sekä Kotalahden alueella Koiruksen siirroksen lounaispuolella kiillegneissit muuttuvat voimakkaammin migmatoituneiksi ja deformatuneiksi. Yleisasultaan nämä gneissit ovat kerroksellisia metaturbidiitteja, joissa vuorottelevat paksuhkot psammiittiset ja ohuemmat peliittiset patjat. Paikoin migmatiittien välikerroksina esiintyy GRAN-KORD-SILL -pitoista kiilleliusketta (Salonmäki, Pieni Ilvesjärvi). Paukarlahdessa tällaista kordieriitti-kiilleliusketta esiintyy hieman laajemmalla alueella pohjagneissidoomin läheisyydessä. Kiillegneississä on yleisesti kalkkisirakkeita ja -pahkuja. Grafiittipitoisia välikerroksia on yleisesti ja ne erottuvat selvästi geofysikaalisilla kartoilla. Vehmasmäen-Kurkimäen alueella kiillegneisseihin liittyvien sähköisten anomalioiden kohdalla on POKA-kairauksissa tavattu magneettikiisupitoisia karsia ja grafiittiliuskeita (reiät R382-R385). Kiillegneisseihin liittyy yleisesti siellä täällä erityyppisiä kapeita hieno-keskirakeisia emäksisiä juonia.



Kiillegneissien migmatoituminen ja erilaiset migmatiittirakenteet riippuvat lähtökivilajin koostumuksesta sekä deformaation ja metamorfoosin voimakkuudesta. Tonalittinen-trondhjemiittinen neosomi on yleensä keskittynyt biotiittirikkaisiin peliittisiin osiin. Psammiittisissa osissa neosomi esiintyy yleensä poimutuksen akselitason suuntaisina suonina tai suoraviivaisesti kulkevissa kiillegneisseissä kerroksellisuuden suuntaisina osueina. Neosomiainesta on kahdenlaista: vanhempaa tonaliittis-trondhjemiittistä ja nuorempaa graniittista. Kivien migmatiittirakenteet ovat vaihtelevasti stromaattisia, phlebiittisiä, schlieren- tai schollen-rakenteisia. Eri migmatiittityypit esiintyvät päärakennesuuntia seuraavina vyöhykkeinä (vrt. Jokela 1994) ja niiden synty on selvästi liitettävissä päädeformaatiovaiheiden aikaisiin hiertoihin ja poimutuksiin. Heikommin hiertyneillä alueilla esiintyvät migmatiitit ovat yleensä suonimaisia tai kerroksellisia migmatiitteja.  $F_3$  -poimujen harjaosissa kiillegneissit ovat useinmiten phlebiittisiä ja poimun kyljillä yleisimmin stromaattisia. Poimun fragmentoitumisen myötä neosomin määrä lisääntyy ja migmatiittirakenteet muuttuvat schlieren- tai nebuliittisrakenteisiksi. Voimakkaimpien hiertojen alueella schollenmigmatiitit ovat hyvin tyypillisiä.

Vehmasmäen länsipuolella schollentyyppiset rakenteet liittyvät selvästi N-S suuntaiseen Airakselan siirrosvyöhykkeeseen, jossa rakenteen synty on selvästi liitettävissä  $D_3$ -hiertoon. Tällöin gneissi koostuu soikeista ( $\varnothing < 50$  cm) paleosomikappaleista, jotka ovat yleensä kompetentimpaa, hiekkaisempaa ja kalkkipitoisempaa materiaalia kuin ympäröivä neosomi, sekä näitä kappaleita sisäänsä sulkevasta täysin uudelleenkiteytyneestä neosomista. Kotalahden alueella ja Pihkainmäessä fragmentoituneina paleosomeina esiintyy myös gabroluokan kiviä ja amfiboliitteja. Näiden gneissien neosomi on täysin uudelleensulanutta kiillegneissia ja siihen on yleisesti kasvanut hierron aikaista uutta maasälpää. Neosomi on usein suuntautunutta ja siinä on myloniittisia-kataklastisia hierron merkkejä. Monin paikoin tämän päälle on tullut vielä uutta graniittista neosomia.

Kuopion ja Suonenjoen lehtien keskiosissa esiintyy kiillegneissien keskellä sarvivälkegneissialue. Nämä gneissit ovat varsin heterogeenisiä migmatiitteja ja ne ovat synnyltään todennäköisesti vulkaanisia, vulkaanis-sedimentogeenisiä ja intrusiivisia kiviä. Paikoin läheisissä kiillegneisseissä on havaittu sarvivälkepitoisia osia, mikä viittaisi kiillegneissien ja sarvivälkegneissien geneettiseen yhteyteen. Aeromagneettiselta kartalta tarkasteltuna sarvivälkegneissit erottuvat ympäristöään magneettisimpina jaksoina, joiden pitkukainen muoto viittaa voimakkaaseen hiertoon. Nämä kivet sijoittuvat pääasiallisesti Airakselan siirrosvyöhykkeen alueelle.

Haminalahden-Kotalahden kiillegneissialueella on gabro-peridotiitti-intruusioita, joiden koko vaihtelee ohuista juonimaisista muodostumista suurempiin intruusioihin. Intrusiot sijoittuvat yleensä voimakkaasti migmatoituneille alueille ja ne ovat hiertojen fragmentoimia ja graniittisten juonien intrudoimia. Migmatiittialueen suuria intruusioita ovat esimerkiksi Koiruksen, Särkiniemen ja Munaniemen intrusiot. Kotalahden alueella gabrointruusioita esiintyy myös pohjan tonaliittisten gneissien keskellä. Niitä on myös heikommin migmatoituneilla alueilla kuten Luusniemessä ja Hanhisalossa. Pienistä intruusioista ovat esimerkkeinä Vehmasjärven-Airakselan alueen kiillegneissien sisältämät pienet "juonimaiset" gabro-peridotiitti-intruusiot. Näistä tärkein on Vehmasjärven pohjoispäähän sijoittuva pintaleikkauksessa  $10 \times 400$  m<sup>2</sup> kokoinen peridotiitti-gabrointruusio, johon liittyy Ni-mineralisaatio. Vehmasjärven eteläpäästä tavattiin 2m leveä gabrojuoni ja Airakselasta Lehtolan talon luota 15 m leveä gabrojuoni. Nämä kaksi jälkimmäistä ovat kokokivianalyysien perusteella samaa magmatyyppiä kuin Ni-mineralisaationkin isäntäkivi, mutta niissä ei havaittu kiisuja. Vastaavanlaisia "juonimaisia" intruusioita on tavattu myös Kotalahden luoteispuolella (vrt. Kuva 16).

Haminalahden-Kotalahden alueella esiintyy granitoidisia syväkiviä erillisinä intruusioina pitkin kratonin reunaa. Kotalahden länsipuolella hiertovyöhykkeen keskellä esiintyy erillisiä porfyyrisiä granitoidi-intruusioita, jotka ovat hiertyneet  $D_3$ -vaiheessa. Samantyyppistä porfyyristä kiveä esiintyy myös Haminalahdessa, jossa sen on todettu intrudoivan gabroja ja kiillegneissejä. Porfyyristen granitoidien syntyminen näyttäisi ajoittuvan metamorfoosin huippuun ja liittyvän voimakkaimman migmatisaation alueiden anatektisiin prosessihin. Tasarakeisia granodioriitteja ja graniitteja esiintyy myös monin paikoin

ja ne vaikuttavat hieman porfyyrisiä granitoideja nuoremmilta.

Paukarlahden eteläpuolella arkeisten pohjagneissidoomien läheisyydessä esiintyy gabro-amfiboliitiksi nimettyä kiveä. Yleisasultaan heterogeeninen kivi on joko syväkivimäistä tai juonimaista. Sen koostumus vaihtelee intermediäärisestä ultramafiseen. Tämän kiven on todettu leikkaavan Paukarlahden arkeisia pohjagneissejä. Samaa voimakkaasti hiertynyttä ja heterogeenista gabroa esiintyy pienenä intruusiona Airakselan eteläpuolella Pienen Ilvesjärven läheisyydessä Paukarlahden pohjagneissidoomin ja pohjagneissisiivun välissä kiillegneissisiä leikkaavana intruusiona. Kokokivianalyysien perusteella tämä tyyppi ei kuulu Ni-kriittisiin kiviin.

## Rakennegeologia

### *Linjamuotoinen migmatiittivyöhykkeiden rajaaminen*

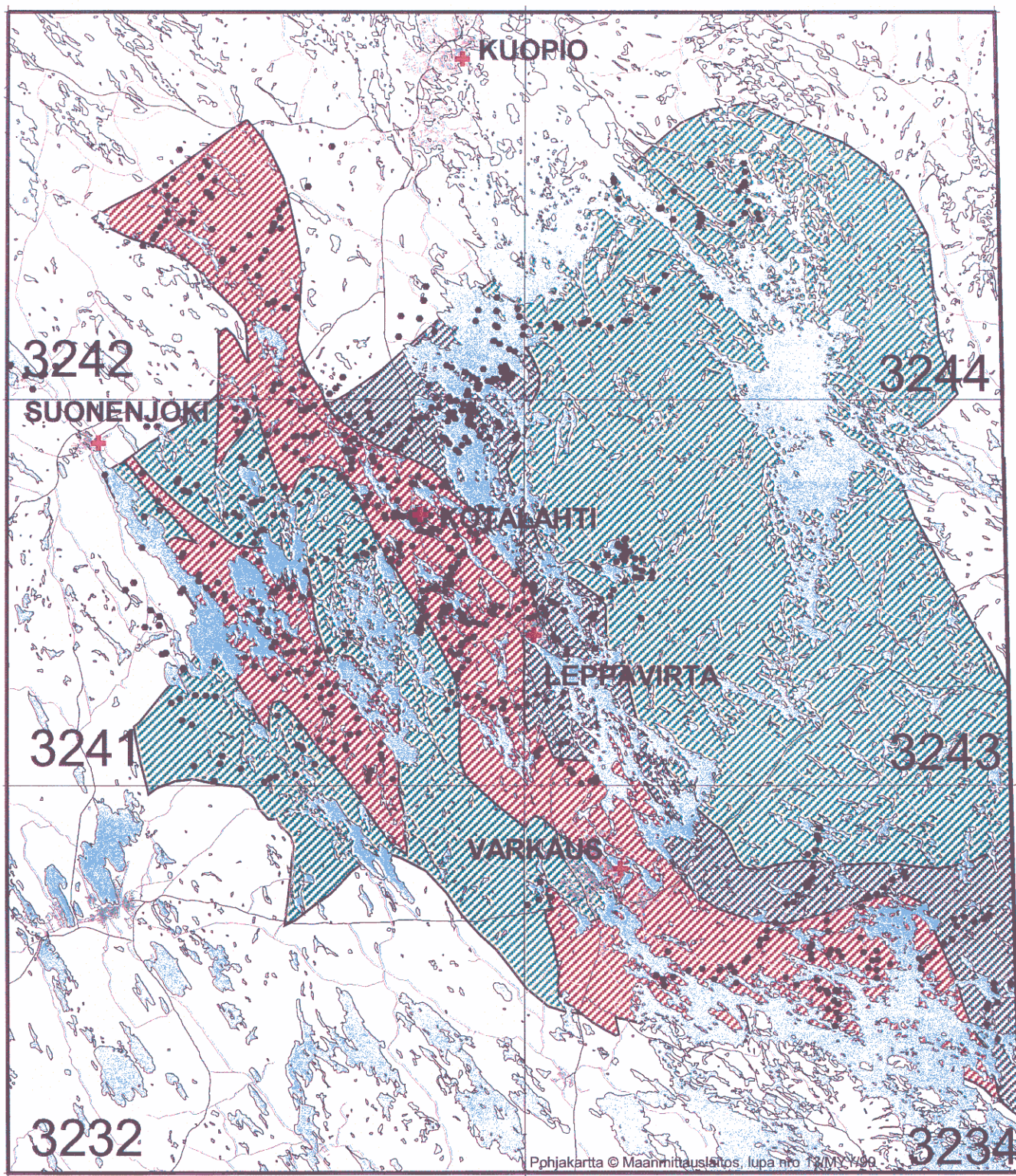
Varkauden-Kuopion alueella tehtiin vuosina 1993-1994 linjamuotoista kartoitusta, jonka tarkoituksena oli erotella vyöhykkeen migmatiittityypit ja paikantaa schollenmigmatiittien luonnehtima Ni-kriittinen alue. Kartoituksia tehtiin Varkauden, Pieksämäen, Suonenjoen, Leppävirran, Kuopion ja Vehmersalmen lehdillä. Havainnot kertyivät näissä kartoituksissa yhteensä hieman yli tuhat kappaletta, jotka on talletettu ORACLE-kantaan. Töistä on laadittu erillinen raportti (Jokela 1994), jossa on esitetty karttakuva Ni-kriittisten vyöhykkeiden esiintymisalueista (Kuva 8). Kuvaan on lisätty Jokelan tekemät kallioperähavainnot, joiden perusteella vyöhykejako on tehty.

Tutkimusten tuloksena alueelta pystyttiin erottamaan kolme merkittävää proterotsooista deformaatiovaihetta.  $D_1$ -vaiheen poimutus tulkittiin ylityöntöliikuntoihin liittyviksi isokliinisiksi poimuiksi, jonka aikainen migmatoituminen on ollut heikkoa.  $D_2$ -vaiheen aikana syntyi suuria alueellisia poimurakenteita, jotka erottuvat selvästi myös aerogeofysikaalisilla kartoilla. Tähän vaiheeseen liittyy poimujen kylkiosien repeytymistä hierroiksi. Alueen metamorfinen huippu ja päämigmatoituminen ajoittuvat  $D_2$ -vaiheeseen.  $D_3$ -vaiheeseen tultaessa poimutus on muuttunut avoimemmaksi ja  $D_3$ -poimurakenteita on vaikeampi hahmottaa. Myös  $D_3$ -vaiheeseen liittyy Jokelan mukaan migmatisaatiota.  $D_{3L}$ -vaiheessa deformaatiotyyli on muuttunut jäykemmäksi ja jännitykset ovat laenneet suuria siirrosvyöhykkeitä pitkin.

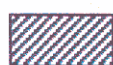
Tarkasteltaessa Jokelan Ni-kriittisten vyöhykkeiden esiintymiskarttaa, huomataan, että Ni-vyöhykkeeksi nimetty alue sijoittuu schollenmigmatiittien luonnehtimalle voimakkaimman hierron alueelle. Muut alueet ovat pääsääntöisesti heikommin migmatoituneita. Tätä karttaa pitää tarkastella eri migmatiittivyöhykkeiden esiintymisaluekarttana, eikä niinkään suoranaisesti vyöhykkeiden Ni-kriittisyyttä kuvaavana karttana, sillä nykyisen käsityksen mukaan Ni-intruusioiden tunkeutuminen kuoreen ja Airakselan siirrosvyöhykkeeseen liittyvä  $D_3$ -vaiheen schollenmigmatiittien synty ovat kaksi eriaikaista tektonista tapahtumaa.

### *Vehmasjärven alueen rakennegeologia*

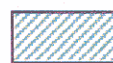
Vehmasmäen doomin länsipuoleinen alue edustaa rakenteellisesti mielenkiintoista aluetta, jossa on mahdollista tarkastella varhaisemman ylityöntötektoniikan sekä myöhäisemmän pystyasentoisen hiertotektoniikan välisiä suhteita. Alueen erikoisuutena ovat Vehmasmäen doomin länsipuolella sijaitsevat pohjan vaaleista tonaliittisista gneisseistä ja amfiboliittijuonista koostuvat ylityöntölaatoiksi tulkitut gneissisiivut, jotka ovat säilyneet doomien katveessa myöhäisten hiertojen vaikutukselta. Myöhäisemmän hierron vaikutus tulee selvästi esille Paukarlahden doomin länsilaidalla, jossa se on breksioinut yhden tällaisen laatan pienemmiksi kappaleiksi (Kuva 9). Seuraavassa on kuvattu tämän alueen deformaatiokehitys J. Luukkaan havaintojen (1995-1996) perusteella.



Ni-vyöhyke



"Heikompi" Ni-vyöhyke

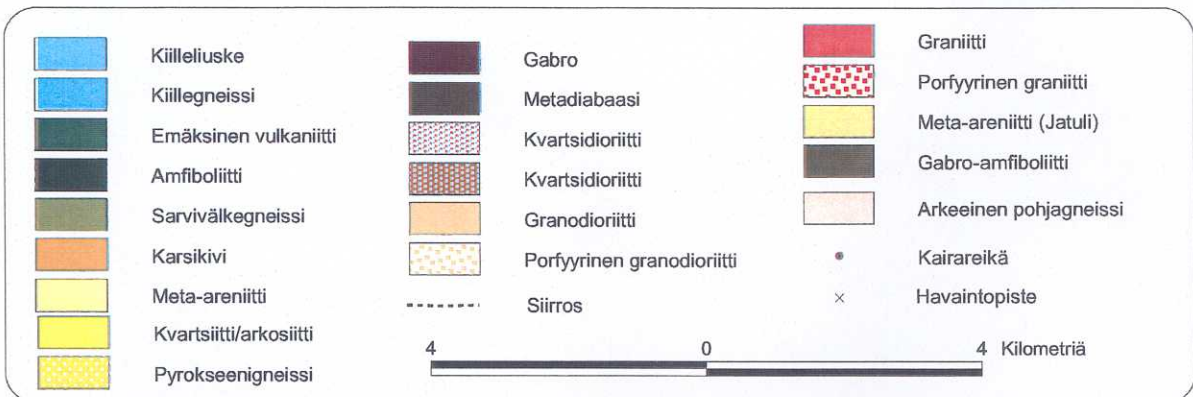
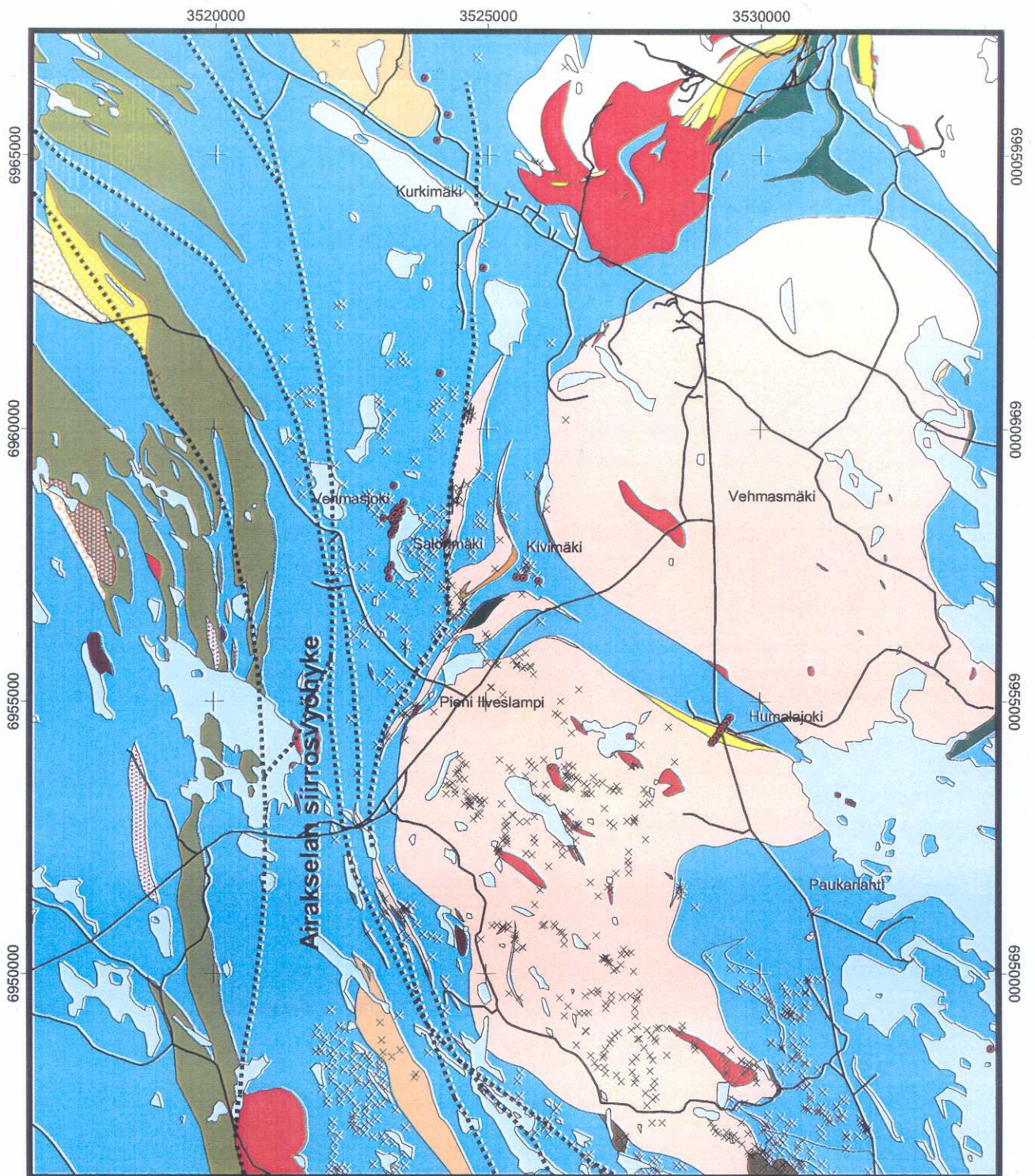


Ulkopuoliset alueet

10 0 10 20 Kilometriä

Kuva 8. Nikkelikriittiset vyöhykkeet Jokelan (1994) mukaan. Kuvassa on esitetty myös Jokelan linjamuotoinen havaintopisteverkko.

Figure 8. Ni-critical zones according to Jokela (1994). Observation points are shown by dots.



Kuva 9. Vehmasmäen - Paukarlahden alueen geologia perustuen Savon alueen kallioperätutkimushankkeen (2101002) ja Ni-hankkeen (12204) kartoituksiin.

Figure 9. Geology of the Vehmasmäki - Paukarlahti region. Map is based on the data of the bedrock geology of the Savo region project (2101002) and the Ni-project (12204).

### D<sub>1</sub> -vaihe

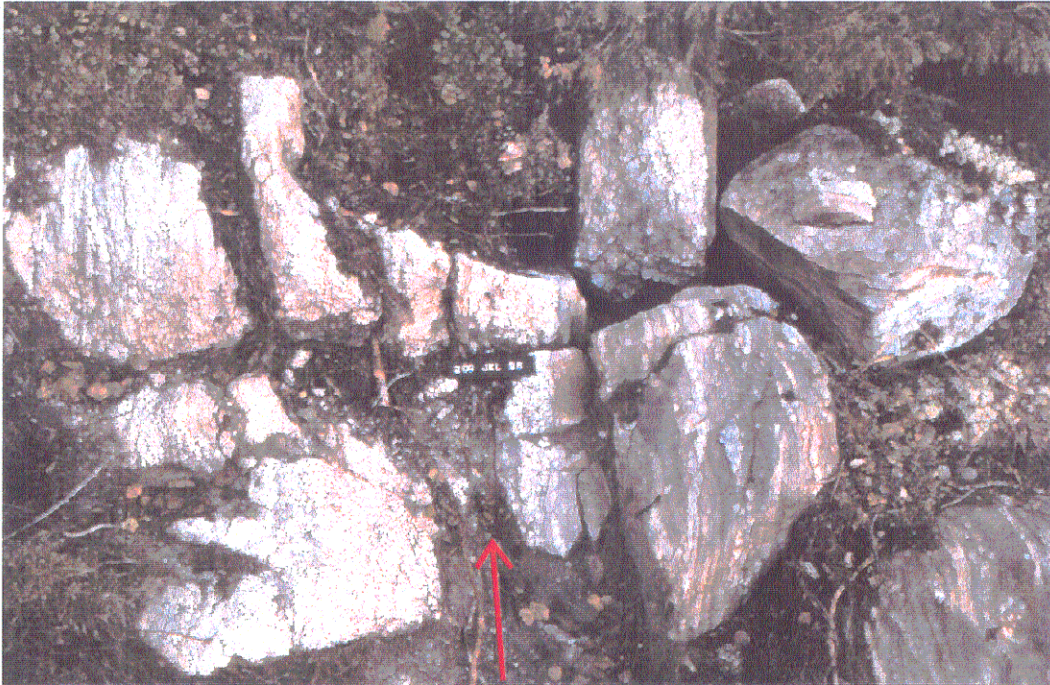
Ensimmäisen deformaatiovaiheen aikaiset rakennepiirteet ovat Vehmasmäen alueella harvalukuisia eikä varsinaisia F<sub>1</sub>-vaiheen poimurakenteita ole havaittu. Vehmasmäen laidassa F<sub>2</sub>-rakenteissa on kuitenkin nähtävissä selvä biotiittiliuskeisuuden poimuttuminen, joka viittaa läpikotaisen S<sub>1</sub>-liuskeisuuden olemassaoloon. Lähiympäristössä on havaittu hyvin säilyneissä kiillegneisseissä isokliinisiä poimurakenteita, jotka poimuttavat turbidiittisten sedimenttikivien kerroksellisuutta. Parhaiten säilyneet isokliiniset F<sub>1</sub>-poimut on löydetty 3241 12 lehdeltä Hanhisalosta (ks. kuva 5). Poimujen akselitasoon on kasvanut läpikotainen biotiittiliuskeisuus (esim. Jokela 1994), joka on poimujen geometriasta johtuen usein miten kyljen ja täten samalla kerroksellisuuden suuntainen S<sub>0/1</sub>-rakenne. S<sub>0</sub> ja S<sub>1</sub> eroavat toisistaan ainoastaan isokliinisten poimujen kärkeissä. Tässä vaiheessa on tapahtunut myös jonkinasteista kvartsin ja maasälpäiden segregoitumista erillisiin pakkuihin ja suoniin. Migmatisaatio on ollut heikkoa tai olematonta tässä vaiheessa.

F<sub>1</sub>-poimujen suurrakenteista on vaikea tehdä tulkintoja poimutuksen isokliinisen luonteen ja havaintojen vähyden vuoksi. Poimutus on kuitenkin mitä ilmeisimmin liitettävissä varhaisimpiin ylityöntöliikuntoihin, joissa proterotsooiset muodostumat ovat ylityöntyneet itäänpäin Arkeaisen kratonin päälle. Tällaisia tektonisia piirteitä on havaittu yleisesti Raahe-Laatokka -vyöhykkeen itäpuolella Kaavin-Outokummun alueella (esim. Koistinen 1981, Park ja Bowes 1983). Vehmasjärven alueen detaljikartoituksissa havaittiin kuitenkin pohjagneissidoomien välittömässä läheisyydessä kiillegneissien keskellä 10-500 m vahvoja tonaliittisiä gneissisiivuja (kuvat 9 ja 10). Nämä gneissit ja niiden yhteydessä olevat amfiboliittiset juonet (proterotsooiset metadiabaasit) ovat paikoin erittäin voimakkaasti liuskettuneita ja hiertyneitä. Ko. liuskeisuus, jota on myöhemmissä poimutuksissa (D<sub>2</sub> ja D<sub>3</sub>) poimutettu, on tulkittava syntyneeksi D<sub>1</sub>-vaiheen ylityöntöliikunnoissa tai joka tapauksessa em. metadiabaasijuonia nuoremmaksi.

### D<sub>2</sub> -vaihe

Isokliinisen D<sub>1</sub>-vaiheen jälkeen pääasiassa vaaka-asentoiset tektoniset liikunnot ovat jatkuneet tuottaen subhorizontaalisia, akselitasoltaan hieman ylikääntyneitä, asymmetrisiä poimuja, joiden vergenssi on ollut itäänpäin. Tällaisia asymmetrisiä pyöreäharjaisia poimuja on havaittu Vehmasmäen doomin välittömässä läheisyydessä Kivimäessä ja Kurkimäessä. Vastaavia rakenteita on havaittu myös reliktisinä jäänteinä voimakkaammin migmatoituneilla alueilla (esim. Särkiniemen Ni-intruusion läheisyydessä) paremmin säilyneissä psammiittisissa kerroksissa. Vastaavanlainen poimutus on löytynyt myös Kuopion eteläpuolelta pitkästä moottoritieleikkauksesta D<sub>3</sub>-synformin kyljeltä pystyynpoimutettuna.

F<sub>2</sub>-poimuiksi tulkitut rakenteet ovat Vehmasjärven alueella avoimehkoja pyöreäharjaisia poimurakenteita, jotka poimuttavat kerroksellisuutta ja S<sub>1</sub>-liuskeisuutta. Poimuakselien suunnat vaihtelevat suuresti nuorempien poimutuksien vuoksi, mutta aivan doomin lähellä ne ovat vaakoa (kuva 7). Paikoin poimun kyljen on havaittu repeytyneen ja lännenpuoleisen kappaleen on todettu liukuneen itään poimun kylkeä pitkin (kuva 6). Suuressa mittakaavassa tämä merkitsisi ylityöntöjen jatkumista ylikääntyneinä poimuina. Rakenteisiin liittyy myös vaaleaa granitoidista juonimateriaalia, joka ainakin osin poimuttuu D<sub>2</sub>-vaiheessa. Poimukylkien repeämäkohtiin on muodostunut neosomiainesta. Em. moottoritieleikkauksessa on havaittu hieman runsaammin vaiheeseen liittyvää vaaleaa granitoidia. Useissa muissa rakennegeologisissa tutkimuksissa D<sub>2</sub>-vaiheeseen on todettu liittyvän voimakasta migmatisaatiota (mm. Jokela 1994), joka liittyy svekofennialaiseen intrusiivitoimintaan. Vehmasjärven alueella intensiivistä migmatisaatiota ei ole kuitenkaan varmuudella pystytty liittämään D<sub>2</sub>-vaiheeseen, vaan migmatiittien on katsottu syntyneen D<sub>3</sub>-vaiheessa.



Kuva 10. Tektoninen kontakti arkeaisen tonaliittisen gneissin ja proterotsooisen kiillegneissin välillä. Kurkimäki.  $x=6962810$ ,  $y=3524620$

*Figure 10. Tectonic contact between Archaean tonalitic gneiss and proterozoic mica gneiss. Kurkimäki.  $x=6962810$ ,  $y=3524620$*



Kuva 11. D3 -vaiheessa voimakkaasti migmatoitunut ja poimuttunut kiillegneissi. Kyteinen.  $x=6961160$ ,  $y=3523180$ .

*Figure 11. Highly migmatized and folded mica gneiss (D3). Kyteinen.  $x=6961160$ ,  $y=3523180$*

### D<sub>3</sub>-vaihe

Vehmasjärven alueella D<sub>3</sub> -vaiheen rakenteet edustavat paljastumamittakaavassa selvimmän näkyvää deformaatiovaihetta. Kivimäessä pohjagneissisiiivujen välissä F<sub>3</sub> -poimut ovat selvästi havaittavia, mutta D<sub>3</sub>:n vaikutus kasvaa huomattavasti länteenpäin Airakselan siirrosvyöhykkeelle tultaessa. Salonmäessä F<sub>3</sub> -rakenteet ovat jo merkittävimpiä rakenteita ja F<sub>2</sub> -poimuja esiintyy vain riekaleina migmatiittien joukossa. D<sub>3</sub> -deformaatiovaihe on kaksivaiheinen. Ensin muodostuu akselitasoltaan pystyasentoisia poimuja, jotka deformaation jatkuessa repeävät kyljiltään pystyasentoisiksi hierroiksi. Vehmasjärven alueella D<sub>3</sub> -vaihe vaikuttaisi olevan päämigmatisaatiovaihe (Kuva 11).

F<sub>3</sub> -poimut poimuttavat aikaisempia liuskeisuuksia ja poimurakenteita avoimeen-tiukkaan tyyliin. Poimutuksen akselitaso on yleensä pysty. Poimuakselit ovat ilmeisimmin olleet alkujaan loivia, mutta myöhemmissä liikunnoissa poimuakselikaateet, varsinkin Airakselan vyöhykkeessä, ovat kääntyneet kohtalaisen jyrkiksi (50-70°). Poimujen kyljillä ja kärjissä on tapahtunut usein akselitason suuntaista fragmentoitumista ja hiertymistä. Kovin selvää S<sub>3</sub> -liuskeisuutta ei ole kehittynyt psammiittisiin osiin, mutta sen sijaan peliittisemmissä osissa krenulaatiotyypinen liuskeisuus on selvä. Myöhemmissä D<sub>3</sub> -vaiheen hiertoliikunnoissa syntyy voimakas hiertoliuskeisuus.

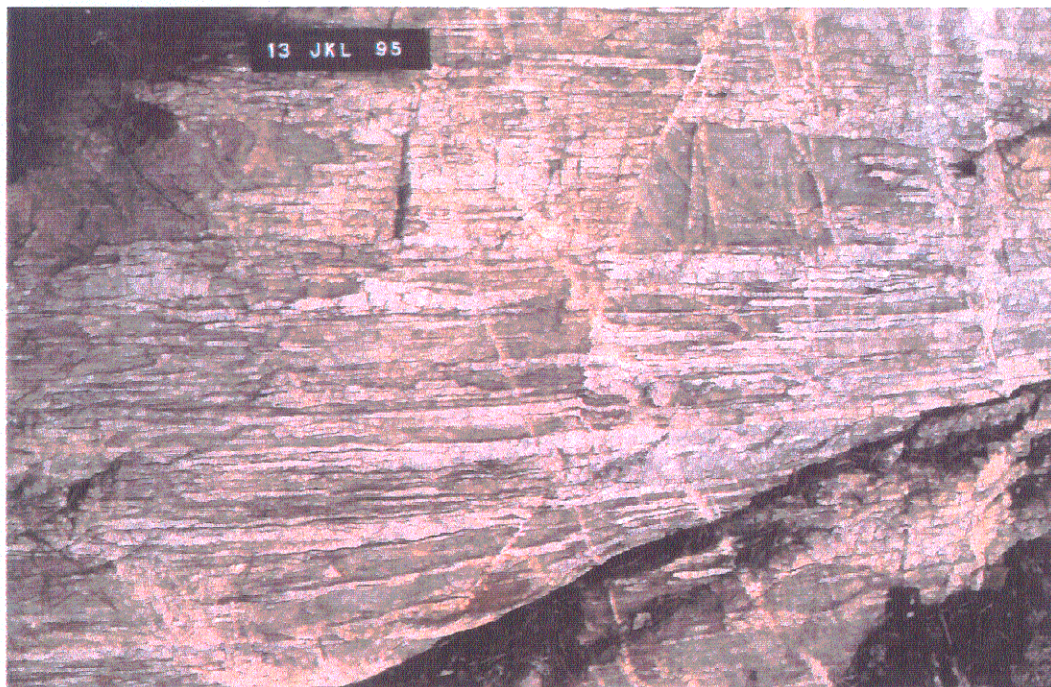
D<sub>3</sub> -vaiheeseen liittyvä migmatisaatio on voimakasta. Mikäli D<sub>2</sub> -vaiheessa on ollut merkittävää migmatisaatiota, F<sub>3</sub> -poimuista D<sub>2</sub> ja D<sub>3</sub> -neosomiaineksen erottaminen on usein kuitenkin vaikeaa. Tyypillisessä F<sub>3</sub> -poimussa vaaleaa trondhjemiittista neosomia esiintyy sekä poimutettavilla S<sub>0/1</sub> -tasoilla että F<sub>3</sub> -akselitasojen suuntaisina suonina. On mahdollista, että ensin mainittu F<sub>3</sub> -poimurakenteessa poimutettava neosomi edustaa D<sub>2</sub> -vaiheen neosomia ja jälkimmäinen nuorempaa D<sub>3</sub> -vaiheen neosomia. Toisaalta S<sub>0/1</sub> -pintojen suuntainen neosomi voidaan selittää varhaisena D<sub>3</sub> -piirteenä, jossa neosomi on tunkeutunut pitkin vanhempia tasopintoja muodostaen kerroksellisuuden suuntaista neosomisuonitusta ja myöhempiä rakenteita leikkaavaa akselitason suuntaista neosomisuonitusta.

Heikommin migmatoituneilla alueilla neosomin määrä on 10-30 tilavuus%, kun taas voimakkaimmin migmatoituneilla alueilla neosomin määrä voi yltyä 90%:iin asti. Migmatiittirakenteet ovat vaihtelevasti joko phlebiittisiä, stromaattisia, schlierenrakenteisia tai schollenrakenteisia riippuen kiven kokonaiskoostumuksesta ja hierron voimakkuudesta. Voimakkaimmin migmatoituneissa schlieren-schollenmigmatiiteissa osittainen sulaminen on paikoin mennyt jo niin pitkälle, että vanhasta paleosomiaineksesta on jäljellä vain kompetenteimmat psammiittiset ja kalkkisiilikaattiset osat. Paikoin fragmentteina on myös amfiboliitteja ja gabroluokan kiviä. Monin paikoin pitkälle edennyt kiven sulaminen tuotti porfyryisiä granodioriitteja. Tällaiset kivet ovat varsin yleisiä pitkin kratonin reunaa hiertyneiden osien yhteydessä.

Alueellisessa mittakaavassa tarkasteltuna D<sub>3</sub> -vaiheen poimuja ei pystytä erottamaan Vehmasjärven alueelta. Sen sijaan Vehmasmäen länsipuolelle oletetun arkeisen kratonin länsireunaan sijoittuva N-S -suuntainen 3-4 km leveä voimakkaasti hiertyneiden kivien alue edustaa D<sub>3</sub> -vaiheen lopussa syntyneitä hiertosaumaa. Tästä vyöhykkeestä, joka kuuluu yhtenä keskeisenä osana suurempaan Kuopion hiertovyöhykkeeseen, on käytetty nimitystä Airakselan siirrosvyöhyke. Kyseinen suurrakenne jatkuu etelään päin Joroisten-Varkauden alueelle, jossa se hajaantuu useammaksi erilliseksi siirroksiksi. Pohjoiseen päin siirros jatkuu kohti Siilinjärven lehden länsiosia, jossa se on samalla arkeisen ja proterotsooisen lohkon rajapinta. Paljastumamittakaavassa tarkasteltuna hierron alkuvaiheessa syntyy oikeakätinen poimurakenne, joka myöhemmin repeää oikeakätiseksi siirroksiksi poimun kylkeä pitkin. Kivi on voimakkaasti suuntautunut hierrossa ja intensiivisimmin hiertyneillä alueilla kiveen on kasvanut maasälpäporfyroblasteja, jotka ovat vielä hierron jatkuessa pyörineet oikeakätisesti. Vehmasjärven alueen schollenmigmatiitit näyttäisivät syntyneen tällaisessa voimakkaassa hiertoprosessissa.

## D<sub>4</sub>-vaihe

Tervon-Varkauden alueelta aiemmin tunnistettua D<sub>3</sub>-vaiheen jälkeistä deformaatiotapahtumaa (Jokelan D<sub>3</sub>-vaihe) on vaikea hahmottaa Vehmasjärven alueelta, sillä se asettuu D<sub>3</sub>-hiertosaumaan ja on vielä samankätinen D<sub>3</sub>-hierron kanssa. Muutamain paikoin voimakkaimmin hiertyneillä alueilla Airakselassa D<sub>3</sub>-hierron päälle on muodostunut nuorempia, oikeakätisiä hiertosaumoja ja niihin on todettu liittyvän graniittista neosomia ja suoraviivaisia kvartsijuonia (kuva 12). D<sub>4</sub>-vaiheen poimutuksia ei alueella ole havaittu, mutta Paukarlahden-Kotalahden alueella ne ovat sen sijaan yleisiä.



Kuva 12. Sarvivälkegneissi, jossa näkyvillä D4-vaiheen aikaisia kvartsijuonia. Pehmeinen. x=6960450, y=3521200

*Figure 12. Hornblendegneiss with D4 quartz veins. Pehmeinen. x=6960450, y=3521200*

## *Paukarlahden alueen rakennegeologia*

Seuraava kivilajikuvaus on tehty JEM-97-98 kartoitushavaintojen perusteella ja siinä keskitytään kiillegneissien deformaatiovaiheiden esittämiseen. Alueella tavataan kiillegneissien lisäksi arkeisia tonaliittigneissejä, kordieriittikiillegneissejä (Kuva 19), amfibolimaasälpagneissejä (Kuvat 13 ja 14) ja gabroamfiboliitteja ja gabroja (Kuva 16). Amfibolimaasälpagneissit ovat raitaisia, juovaisia ja suuntautuneita. Ne muistuttavat kiillegneissejä, mutta sisältävät amfibolia. Gabroamfiboliitit ovat juonikiviä, joiden koostumus vaihtelee intermediäärisestä ultramafiseen. Ne ovat yleensä suuntautuneita ja homogeenisia. Joskus taas syväkivimäisiä tai diabaasimaisia. Gabroamfiboliitit sisältävät joskus runsaasti magnetiittia ja niissä on paikoin magmaattista kerroksellisuutta (Kuva 15).

Alueen nimistö ja geologinen kartta on kuvassa 46.





Kuva 13. Raitainen amfiboli-maasälpagneissi. Kaatranen.  $X=6948.300$ ,  $Y=3523.040$ . Kaikissa kuvissa kompassi ja mittakaavan yläreuna osoittavat pohjoiseen, ellei toisin mainita.

*Fig. 13. Banded amphibole-feldspargneiss. Kaatranen.  $X=6948.300$ ,  $Y=3523.040$ . The compass and upper border of the label are directed to the north.*



Kuva 14. Amfiboli-maasälpagneissi. Kaatranen.  $X=6948.410$ ,  $Y=3522.840$ .

*Fig. 14. Amphibole-feldspargneiss. Kaatranen.  $X=6948.410$ ,  $Y=3522.840$ .*



Kuva 15. Kerroksellinen gabbroamfiboliitti. Vuorisenmäki. X=6948.590, Y=3529.460.  
 Fig. 15. Layered gabbroamphibolite. Vuorisenmäki. X=6948.590, Y=3529.460.



Kuva 16. Juonimainen gabbro. Kompassin nauha kohti pohjoista. Kaatranen. X=6948.090, Y=3522.140.  
 Fig. 16. Gabbro sill. The ribbon of the compass is directed to the north. Kaatranen. X=6948.090, Y=3522.140.

### D<sub>1</sub>-vaihe

Ensimmäinen deformaatiovaihe kuvastuu kiillegneisseissä vain kerrosmyötäisenä liuskeisuutena. Alkava lämpötilan kohoaminen on tuottanut paikoin kerrosten väliin ohuita kvartsilamelleja (Kuva 33).

### D<sub>2</sub>-vaihe

Toisen deformaatiovaiheen rakenteista liuskeisuus on tutkimusalueella yleisin ja helpoimmin havaittavissa, sillä esim. stromaattisten migmatiittien liuskeisuus on syntynyt pääosin D2:ssa. Poimutus on pääosin isokliinista ja poimujen amplitudi suhteessa aallonpituuteen enimmäkseen ylittää paljastumamittakaavan, jolloin kivi näyttää tasaisesti suuntautuneelta stromaattiselta migmatiitilta. Tästä johtuen F2-poimujen harjat ovat paljastumamittakaavassa kuitenkin vaikeasti havaittavissa, vaikka isokliiniset F2-poimut lienevät erittäin yleisiä (kuva 17). Joskus alla olevan isokliinisen poimutuksen voi havaita esim. kerrallisuuden suunnan vaihtumisella (113-JEM-98).

Toisen vaiheen rakenteet ovat kaikkein monimuotoisimpia, koska deformaatioaste on vaihdellut alueittain voimakkaasti. Lisäksi D2-rakenteissa näyttää olevan tietty rakenteellinen kaksijakoisuus, koska suurimmassa osassa tutkimusaluetta F2-poimutus on tuottanut isokliinisesti poimuttuneita stromaattisia migmatiitteja, mutta tietyillä vyöhykkeillä esiintyy voimakkaassa tensiossa syntyneitä schollen- ja nebuliittisia migmatiitteja (vrt. Jokela 1994).

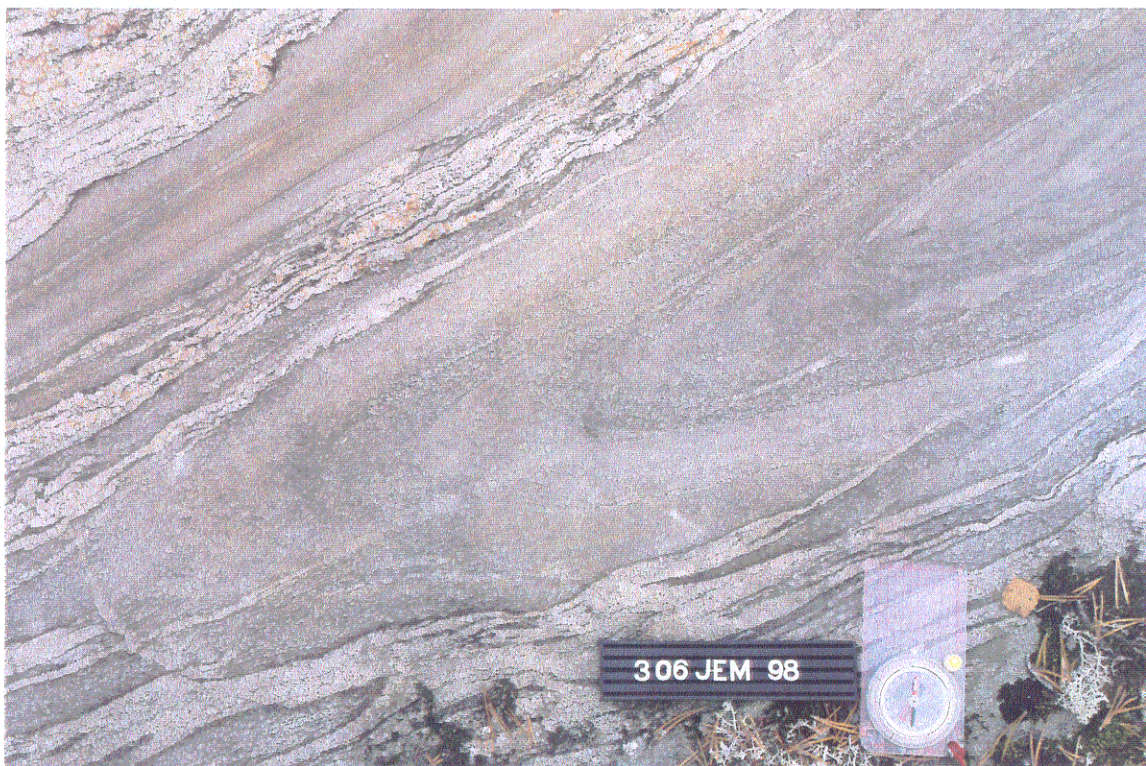
Vaikka schollenmigmatiittien esiintymisellä on tietty suuralueellinen kontrolli, niitä on paljastumamittakaavassa paikoin melko satunnaisesti. Ts. stromaattiset ja schollenmigmatiitit saattavat joskus esiintyä vierekkäisillä paljastumilla, eikä selvää suuntaa tai vyöhykkeellisyttä migmatiittityypeissä voida osoittaa. Tämä viittaa siihen, että schollenmigmatiitit ovat syntyneet pääosin tension vaikutuksesta ja kivi on fragmentoitunut satunnaisesti esiintyviä heikkoustitiloja pitkin. D2-rakenteet ovat deformoituneet myöhemmissä vaiheissa, jolloin on tapahtunut D2-neosomin uudelleenmobiilitumista sekä uuden neosomiaineksen muodostusta. Siksi paljastumamittakaavan rakenteet ovat paikoin kaoottisia ja kompleksisia.

D2:een liittyy myös ylityöntöjä, koska **Heimonluhdan** ja **Saarisen** alueella (44-JEM-97; X=6952.790, Y=3525.360 sekä 58-JEM-97; X=6950.650, Y=3525.520) tavataan kiillegneissejä tonaliittigneissien keskellä. Vastaavasti **Ahvenlammen** ja **Litmasen** alueilla (174-, 342-JEM-98) esiintyy alloktionisia tonaliittigneissiyksiköitä kiillegneissien keskellä.

Deformaation alkuvaiheessa poimutus on ollut plastista ja yleisimmin on syntynyt isokliinisia poimuja, joita on joskus vaikea havaita. Sen lisäksi on syntynyt asymmetrisiä poimuja (178-, 292-, 340-, 352-, 358-JEM-98), jotka ovat isokliinisia tai tiukkoja (kuva 18). Deformaation huippu- ja/tai loppuvaiheessa on poimutukseen liittynyt paikoin voimakas hierto, jolloin kaikki kivilajit ovat fragmentoituneet ja muodostaneet schollenmigmatiitteja. Paleosomifragmenttien joukossa tavataan usein irrallisia poimujen kärkiä.

Liuskeisuus on D2-vaiheessa kehittynyt voimakkaammin kuin missään muussa deformaatiovaiheessa. Selvimmin S2 on kehittynyt kiillegneissien peliittisiin osiin kun taas psammiittisissa osissa ei ole näkyvää liuskeisuutta. Voimakkaimmin S2-liuskeisuus on kehittynyt kordieriittikiillegneisseihin. Gabroluokan kivet ovat suuntautuneet D2-vaiheessa vain heikosti ja satunnaisesti.

Kun lämpötila on alkanut nousta ovat kiillegneissien (kerrallisia turbidiitteja) peliittivoittoiset osat sulaneet ensimmäisenä. Psammiittiset, karsimaiset tai amfiboliittiset paleosomikerrokset sekä niiden väliin syntynyt neosomi muodostavat tällöin stromaattisen migmatiittirakenteen. Paleosomissa on näkyvissä hyvin alkuperäinen kerroksellisuus. Stromaattisissa migmatiiteissa on neosomia yleisimmin < 40 % (Kuva 41).



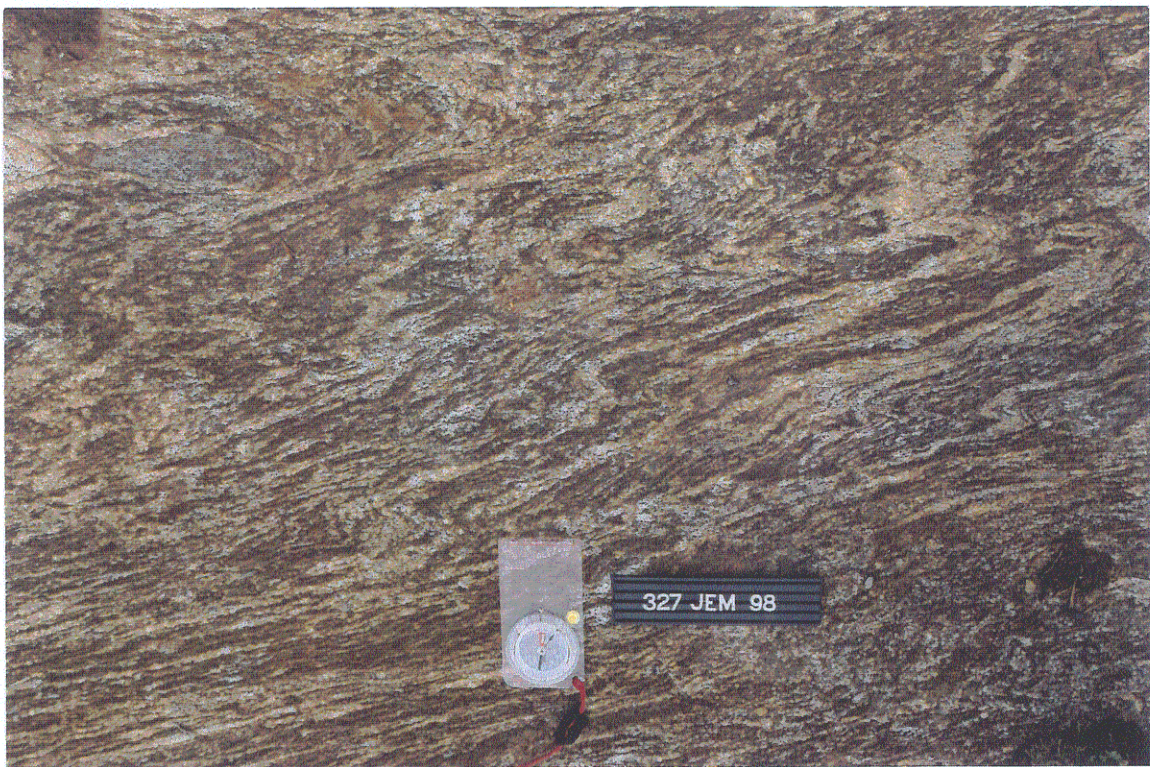
Kuva 17. Isokliininen  $F_2$ -poimu suuren  $F_3$ -poimun kyljellä. Litmanen.  $X=6948.240$ ,  $Y=3530.560$ .  
 Fig. 17. Isoclinal  $F_2$ -fold on the limb of the  $F_3$ -fold. Litmanen.  $X=6948.240$ ,  $Y=3530.560$ .



Kuva 18. Irrallinen ja asymmetrinen  $F_2$ -poimunpätkä stromaattisen-flebiittisen migmatiittiaineksen keskellä. Suurikorpi.  $X=6946.940$ ,  $Y=3530.150$ .  
 Fig. 18. Detached and asymmetrical  $F_2$ -fold enclosed in stromatic-flebitic migmatite. Suurikorpi.  $X=6946.940$ ,  $Y=3530.150$ .



Kuva 19. Kordieriittigneissi, jossa  $S_2$ - $S_3$ -krenulaatio. Suurikorpi.  $X=6947.020$ ,  $Y=3530.240$ .  
 Fig. 19. Cordieritemicagneiss having  $S_2$ - $S_3$ -crenulation. Suurikorpi.  $X=6947.020$ ,  $Y=3530.240$ .



Kuva 20. Schlierenmigmatiitti, jossa mafiset ja felsiset mineraalit ovat segregoituneet erillisiksi juovastoiksi D2-vaiheessa. Migmatiitti poimuttunut D3:ssa. Lahnanen.  $X=6938.790$ ,  $Y=3533.090$ .  
 Fig. 20. Schlierenmigmatite, where mafic and felsic minerals are segregated discrete bands in D2-stage. Migmatite is folded in D3. Lahnanen.  $X=6938.790$ ,  $Y=3533.090$ .

Neosomin määrä ja deformaatiotyylit korreloivat keskenään, sillä runsaasti neosomia sisältävät kivet muodostavat poikkeuksetta schollen- tai nebuliittisia migmatiitteja. Kiillegneissit eivät ole sulaneet paikallaan pelkän lämmön vaikutuksesta vaan "sulamiseen" (eli neosomin muodostukseen) näyttää aina liittyvän deformaatio. Runsaasti neosomia (40-90 %) sisältävien migmatiittien paleosomifragmentit ovat yleensä pyörityneitä. Fragmentit ovat terävärajaisia ja joskus niiden ympärillä on biotiittikehä. Nebuliittisissa migmatiiteissa fragmenttien reunat ovat vaihteelliset. Paleosomin määrään suhteutettuna schollenmigmatiiteissa näyttää olevan runsaimmin epäsymmetrisiä poimunpätkiä, mikä viittaa migmatoitumisen aikaiseen hiertoon ja repeämiseen. Kordieriittikiillegneisseihin on neosomia kehittynyt melko vähän, mikä johtunee kiven koostumuksesta.

Seuraavassa oleva neosomin kuvaus perustuu kiillegneisseissä esiintyvään neosomiainekseen. Ensimmäisessä deformaatiovaiheessa syntynyt kvartsineosomi on paikoin säilynyt kerrosmyötäisenä, mutta etupäässä se on boudinoitunut vaihtelevan kokoiseksi linsseiksi ja pahkuiksi paleosomikerrosten väliin (Kuvat 27 ja 33). Eniten D1-vaiheen neosomikvartsia on jäljellä stromaattisissa migmatiiteissa.

Pääosa D2-vaiheessa syntyneitä neosomia on koostumukseltaan trondhjemiittista. Alhaisimman osittaisulamisen (<30 %) alueilla on syntynyt stromaattisia migmatiitteja. Stromaattisissa migmatiiteissa on neosomi on tasarakeisempaa (keskirakeinen) kuin muissa migmatiittityypeissä. Runsaasti neosomia sisältävissä schollenmigmatiiteissa on maasälvän porfyyrinen kasvu yleisempää, jolloin neosomin asu on usein "ryynimäistä". On mahdollista, että maasälvän kasvu liittyy osaksi myöhempiin deformaatiofaaseihin.

Runsaasti neosomia sisältävissä migmatiiteissa neosomin suuntautuneisuus vaihtelee huomattavasti, koska tension kesto suhteessa migmatisaatioon on vaihdellut. Mikäli hierto on ollut lyhytkestoista, on neosomi melkein suuntautumaton, paikoin pegmatoidista ja lähes syväkivimäistä. Hierron pitkittyessä on neosomiin alkanut muodostua schlierenrakenteita, joissa tummat mineraalit muodostavat kvartsin ja maasälpäiden keskelle tummia juovastoja. Osaksi juovat lienevät viimeisiä paleosomin jäänteitä, mutta enimmäkseen ne ovat syntyneet hierron aikaisessa mafisten ja felsisten mineraalien segregaatiossa. Tässä yhteydessä kysymys on nimenomaan neosomin rakenteesta. Schlierenjuonteet voivat mutkitella kaoottisesti esiintyvien paleosomifragmenttien keskellä tai sitten ne ovat suuntautuneet täysin yhden-suuntaiseksi juovastoksi. **Lahnasen** alueella esiintyy neosomiainesta, joka on suuntautunut ja segregoitunut D2-vaiheessa erittäin voimakkaasti. Suuntaus on poimuttunut edelleen D3:ssa (Kuva 20) (319-327-JEM-98). Vain muutamat neosomin keskellä kelluvat paleosomifragmentit osoittavat kiven olevan lähes täysin migmatoitunutta ja uudelleen suuntautunutta kiillegneissisiä. D2:een liittyvä hierto on siten ollut intensiivistä ja pitkäkestoista. D1-vaiheen kvartsikasamia ei enää ole jäljellä D2-schlierenrakenteisissa neosomissa. Tämänkaltaisia schlierenmigmatiitteja kartoittamalla voitaisiin melko hyvin rajata D2-tension maksimivaihykkeet.

Kaikkein voimakkaimmassa D2-hierrossa ollut neosomi on muuttunut lähes liuskemaiseksi massaksi, jossa esiintyy vaihtelevan kokoisia maasälpäkiteitä. Tällaisia muunnoksia esiintyy rajoitetusti esim. mafisten kivien kontakteissa (293-JEM-97).

Neosomin määrässä näyttää olevan tietty hyppäyksellisyys, sillä stromaattisissa migmatiiteissa on neosomin määrä n. 25 % kun taas schollenmigmatiiteissa vastaava luku on n. 60 % (Kuva 41). Jakauma viittaa deformaation ja migmatisaation väliseen riippuvuuteen. Kuvassa 41 on esitetty kaikki neosomihavainnot, jotka jakautuvat D2-D4-vaiheisiin. Mikäli laskennassa mitattaisiin vain D2-vaiheessa syntynyt neosomiaines, olisi jakauma todennäköisesti vielä kaksijakoisempi.

Sen perusteella laadittiin malli, jossa loiva-asentoinen ylityöntö ja deformaatio poimuttaa isokliinisesti  $S_0$ - $S_1$ -rakenteita (Kuva 42). Poimujen amplitudi on useimmiten niin suuri, että poimuja on vaikea havaita paljastumamittakaavassa. Poimituksen lisäksi D2:a luonnehtii hierto ja tensio, joka on tuottanut schollen-schlierenmigmatiitteja.

Migmatisaation aikainen lämpötila on ollut korkeimmillaan, kun kiillegneissit ovat sulaneet anatektisiksi porfyirisiksi granodioriiteiksi. Sulamisen yhteydessä maasälpäporfyyrejä on alkanut muodostua sekä paleosomiin että neosomiin (52-JEM-96). Anatektisia granodioriitteja tavataan **Pitkälahden** pohjukassa ja **Haminalahden** alueella. Porfyyrisiä granodioriitteja tavataan laajemmalti **Jäppilän** ja **Sorsakosken** alueilla.

### D<sub>3</sub>-vaihe

Kolmannen deformaatiofaasin alueellisesti tyypillisimmät rakenteet ovat pyöreämuotoiset kylkipoimut. Toinen, mutta rajoittuneempi rakennetyyppi on hierto ja siihen liittyvä suoraviivainen liuskeisuus, joka tuottaa sclierenmigmaattisia rakenteita.

Kolmannen deformaation akselitaso on Kotalahden ympäristössä keskimäärin suunnassa 300° ja melko pystyasentoinen. Akselitaso ja poimutustyyli säilyy samansuuntaisena kiillegneissien ja arkeeisten gneissien alueella **Särkiniemestä** aina **Immosensaloon** saakka (kuvat 4 ja 46). **Heimonluhdan** kohdalla D3-akselitason ja -poimuakselin suunta vaihtuu äkillisesti likimain N-S-suuntaiseksi, mikä johtuu D3-late tai D4-liikunnoista (Kuvat 4 ja 46). **Heimonluhdasta** lähtien kohti **Haminalahtea** F3-poimuakselit kaatuvat loivasti etelää kohti. **Särkiniemi-Immosensalo** välillä F3-poimuakselit muodostavat D4-akselikulminaatioita. Alkuaan poimuakselit ovat olleet melko vaaka-asentoisia ja akselitaso lähes pysty.

Kolmannen deformaatiovaiheen alkuvaiheessa syntyneet poimut ovat koko tutkimusalueella kaikkein yleisimpiä. Lämpötila on ollut riittävän korkea plastiselle deformaatiolle, joten poimut ovat pyöreämuotoisia, aaltomaisia, avoimia tai tiukkoja kylkipoimuja (Kuvat 21-25). D2:n kaltaista isokliinista poimutusta ei esiinny. Paikoin poimuakselit ovat loiva-asentoisia, jolloin F3-poimutus kuvastuu vuorottelevina antiforimi-synformirakenteina, joita voidaan hahmotella paljastumamilla (168-JEM-98) että geofysikaalisilla kartoilla (**Suurikorven** alue, kuvat 4 ja 46). Samalla poimujen kätisyys vaihtelee (Kuva 46). Schlierenmigmatiittien poimutus (**Lahnanen**) näyttää olevan jossakin määrin intensiivisempää kuin stromaattisten migmatiittien, (kuva 20), joten D3 on ollut voimakkainta samoilla alueilla, kuin D2-tensio.

Tähän viittaa myös D3-hiertovyöhykkeiden esiintyminen D2-schollen-schlierenmigmatiittien alueella. Hiertovyöhykkeet ovat kuitenkin alueellisesti pienialaisia verrattuna F3-poimujen levinneisyyteen.

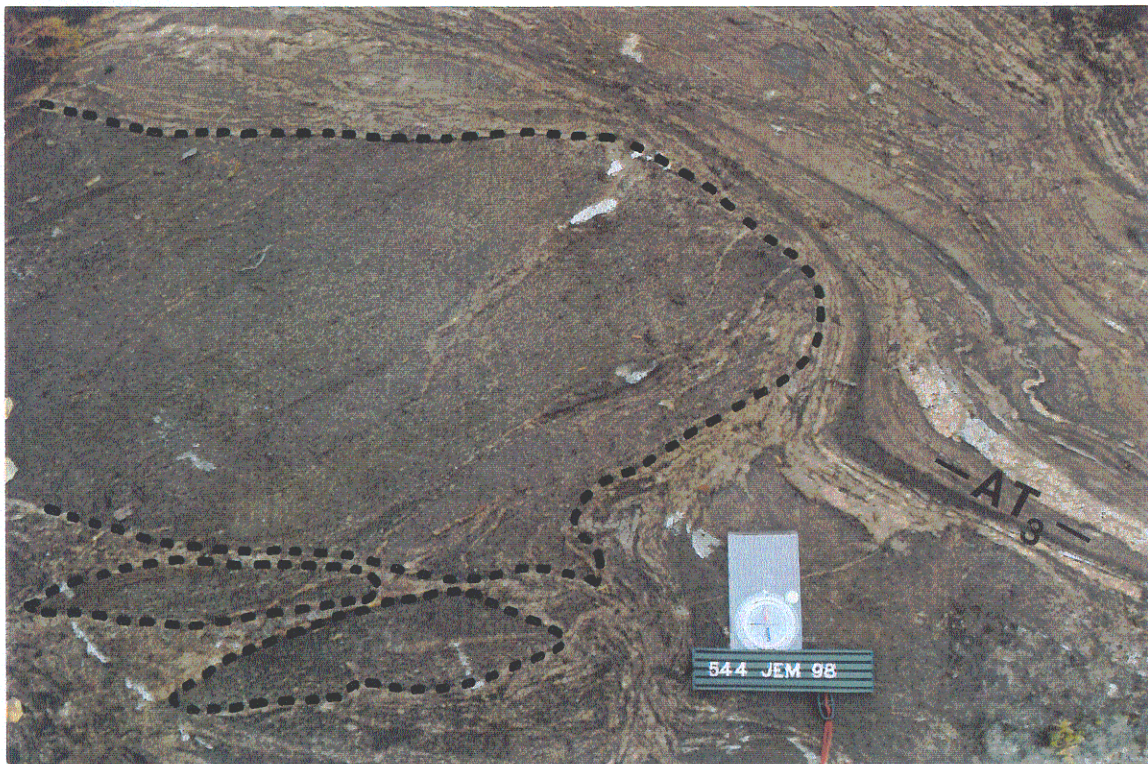
Migmatiittien asu vaihtelee kylkipoimujen eri osissa (maaspintaleikkauksia). Poimun pitkällä kyljellä on stromaattinen migmatiittityyppi (syntynyt D2:ssa) vallitseva (Kuva 43). Poimun lyhyellä kyljellä on usein tapahtunut repeilemistä, jolloin D2:ssa syntyneen neosomin lisäksi on syntynyt uutta D3-neosomia (Kuvat 21-26). Lämpötila ja/tai deformaatio on ollut vähäisempää kuin D2:ssa, koska osa fragmenteista on kulmikkaita (Kuvat 24 ja 25) ja paikoin neosomin yhteydessä on kvartseja (Kuva 26). Kylkipoimun lyhyellä sivustalla esiintyy yleisimmin flebiittisiä migmatiitteja (338-JEM-98), koska deformatiivisessa uutta neosomia on muodostunut lyhyen sivustan paineminimiin. Tämä pätee vain vähän hiertyneisiin ja alhaisessa osittainsulamissa syntyneisiin stromaattisiin D2-migmatiitteihin, sillä runsaasti neosomia sisältävät D2-schollenmigmatiitit näyttävät samanlaisilta katsotaanpa niitä mistä kulmasta hyvänsä.

Kompetentit paleosomikappaleet pyrkivät paikoin sijoittumaan F3-kylkipoimussa lyhyen sivustan taiteeseen (Kuvat 22 ja 23). Kompetentit fragmentit ovat joko ohjanneet F3-poimutusta tai sitten ne ovat ohjautuneet poimujen taiteisiin. Joka tapauksessa fragmentit ovat rotatoituneet päinvastaiseen suuntaan kuin mitä poimutuksen kätisyys on (Kuvat 22 ja 43).



Kuva 21. Vasenkätinen F<sub>3</sub>-kylkipoimu. Katkoviiva = poimun lyhyt sivu; yhtenäinen viiva = poimun pitkä sivu. Neosomia on muodostunut D<sub>3</sub>-vaiheessa runsaimmin poimun lyhyelle sivustalle. AT<sub>3</sub> = D<sub>3</sub>-akselitaso. Litmanen. X=6948.420, Y=3530.720.

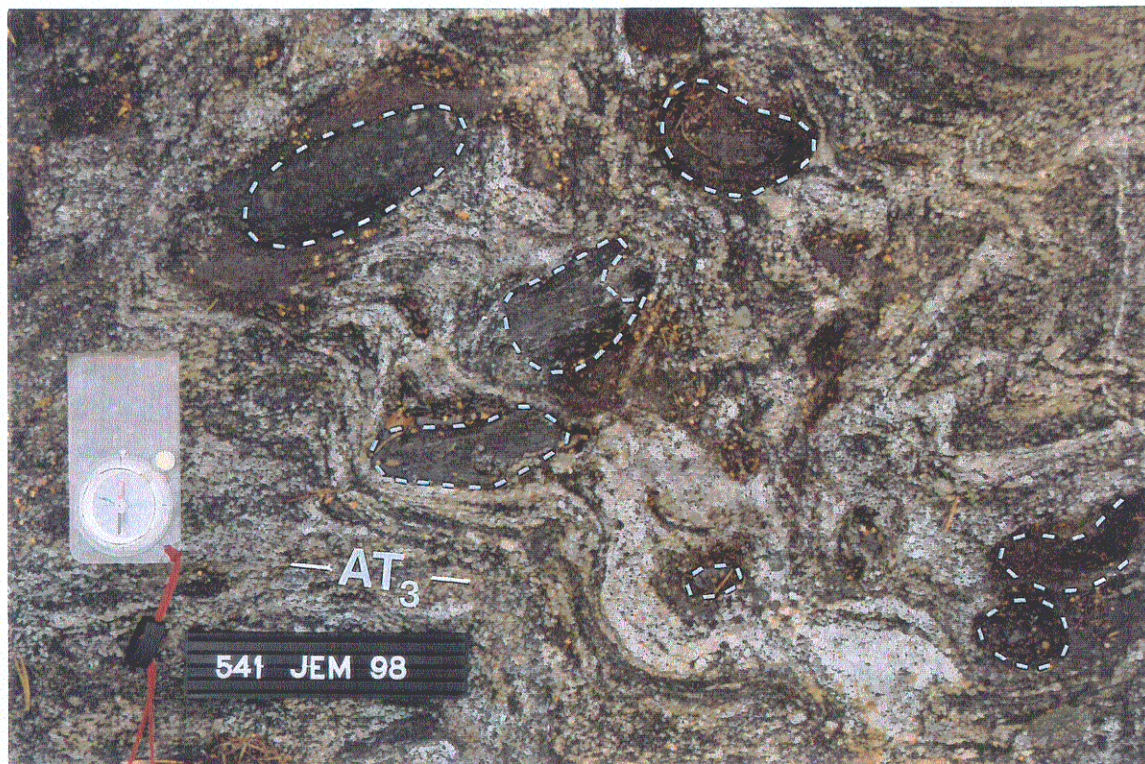
*Fig. 21. Sinistral F<sub>3</sub> drag fold. Black line = long side of the fold, dashed line = short side of the fold. The formation of neosome has been most effective in the short side of the fold. AT<sub>3</sub> = D<sub>3</sub>-axial plane. Litmanen. X=6948.420, Y=3530.720.*



Kuva 22. Oikeakätinen F<sub>3</sub>-kylkipoimu. D<sub>2</sub>:ssa suuntautunut gabbro on fragmentoitunut ja rotatoitunut vasenkätisesti. Särkiniemi. X=6941.050, Y=3534.180.

*Fig. 22. Minor dextral F<sub>3</sub>-fold on the limb of larger F<sub>3</sub>-fold. In D<sub>2</sub> foliated gabbro is fragmented and rotated left hand. Särkiniemi. X=6941.050, Y=3534.180.*





Kuva 23. Mafisia ja suuntautuneita fragmentteja oikeakätisen F3-poimun taifeissa. Särkiniemi. X=6939.720, Y=3535.860.

*Fig. 23. Mafic and foliated fragments in crests of the dextral F3-fold. Särkiniemi. X=6939.720, Y=3535.860.*



Kuva 24. Vasenkätinen F3-kylkipoimu. D2:ssa syntynyt neosomi on poimuttunut ptygmaattisesti (rajaus) ja mobiloitunut D3:ssa. Osa neosomista syntynyt ilmeisesti myös D3:ssa. D3-late-neosomia edustaa katkoviivalla rajattu pegmatoidinen "juoni", joka myötäilee F3:n kätsisyyttä. "Juonen" ja muun neosomin välillä ei ole terävää rajapintaa. Kivilahti. X=6945.350, Y=3531.390.

*Fig. 24. Minor sinistral F3-fold on the limb of larger F3-fold. D2-neosome is mobilated in D3 and has ptygmatic folds (rim). Part of neosome is obviously generated during D3. Pegmatoid "dyke" (dashed line) represents D3-late neosome and it is sinistral. Between "dike" and other neosome there is no sharp boundaries. Kivilahti. X=6945.350, Y=3531.390.*



Kuva 25. Vasenkätisen F3-kylkipoimun lyhyempi sivu. Neosomia on muodostunut suhteellisen runsaasti ja syntyneet fragmentit ovat kulmikkaita. Litmanen. X=6948.850, Y=3530.570.

*Fig. 25. Shorter side of sinistral F3 minor fold. Production of neosome has been quite effective and the shape of fragments is angular. Litmanen. X=6948.850, Y=3530.570.*



Kuva 26. Paljastumaleikkaus loiva-asentoisen F3-kylkipoimun lyhyemmästä sivustasta. Poimutukseen liittyvässä repeämissä on syntynyt neosomia ja epämääräisen muotoisia kvartsiuosueita. Vrt. D2-vaiheen neosomiin, jossa kvartsia ei esiinny (Kuva 20). Paukamäki. X=6949.880, Y=3530.900.

*Fig. 26. The shorter side of the gentle plunging minor F3-fold on the limb of larger F3-fold. Extension associated with folding has generated neosome quartz aggregates (Fig. 20). Paukamäki. X=6949.880, Y=3530.900.*

Vastaava rotatoituminen intruusiomittakaavassa on ehkä aiheuttanut Särkiniemessä vasenkätistä siirrosta (Kontoniemi & Fors 1997).

D3:ssa syntyneet schlierenmigmatiitit ovat ulkonäöltään samanlaisia kuin D2:ssa, mutta ne näyttävät esiintyvän melko kapeina yksiköinä (yleisimmin < 2 m?). D2:ssa syntyneet schlierenmigmatiitit sen sijaan näyttävät esiintyvän mittavampina yksiköinä (satoja metrejä-kilometrejä?, mm. **Lahnanen**, kuva 46), joten tämän perusteella saattaisi olla mahdollista rajata alueellisesti entistä tarkemmin intensiiviset D2-migmatisaatio- ja hiertovyöhykkeet.

Nebuliittisia migmatiittirakenteita ei enää ole D3:ssa syntynyt, koska lämpötila on ollut alhaisempi kuin D2:ssa. Myöskään stromaattisia rakenteita ei enää ole muodostunut D3:ssa, vaan stromaattista migmatiittirakennetta poimutetaan aina D3:ssa. D2-vaiheessa syntynyt stromaattisten migmatiittien neosomi voi taipuillaan D3:n vaikutuksesta muodostaa ptygmaattisia poimurakenteita (Kuva 24).

Kordieriittigneissien poimutustyyli poikkeaa kiillegneisseistä, sillä kordieriittigneisseissä esiintyy suhteellisesti eniten chevron-poimuja, vaikka pyöreämuotoisiaakin poimuja esiintyy (337-JEM-98). Chevron-poimutus muuttuu joskus S2-S3-krenulaatiiorakenteiksi, joista pystyy hahmottamaan S2- ja S3-tasot (207-JEM-97, 371-JEM-98). S2-S3-krenulaatioliuskeisuutta on kehittynyt ainoastaan kordieriitti-kiillegneisseihin.

D3 poimuttaa S0-S1-S2-liuskeisuutta eikä kiilteiden uudelleensuuntautumista ole juurikaan tapahtunut. Kiillegneisseissä S3-liuskeisuutta on syntynyt ainoastaan kapeisiin hiertovyöhykkeisiin, joissa D2-D3-neosomi on uudelleen suuntautunut.

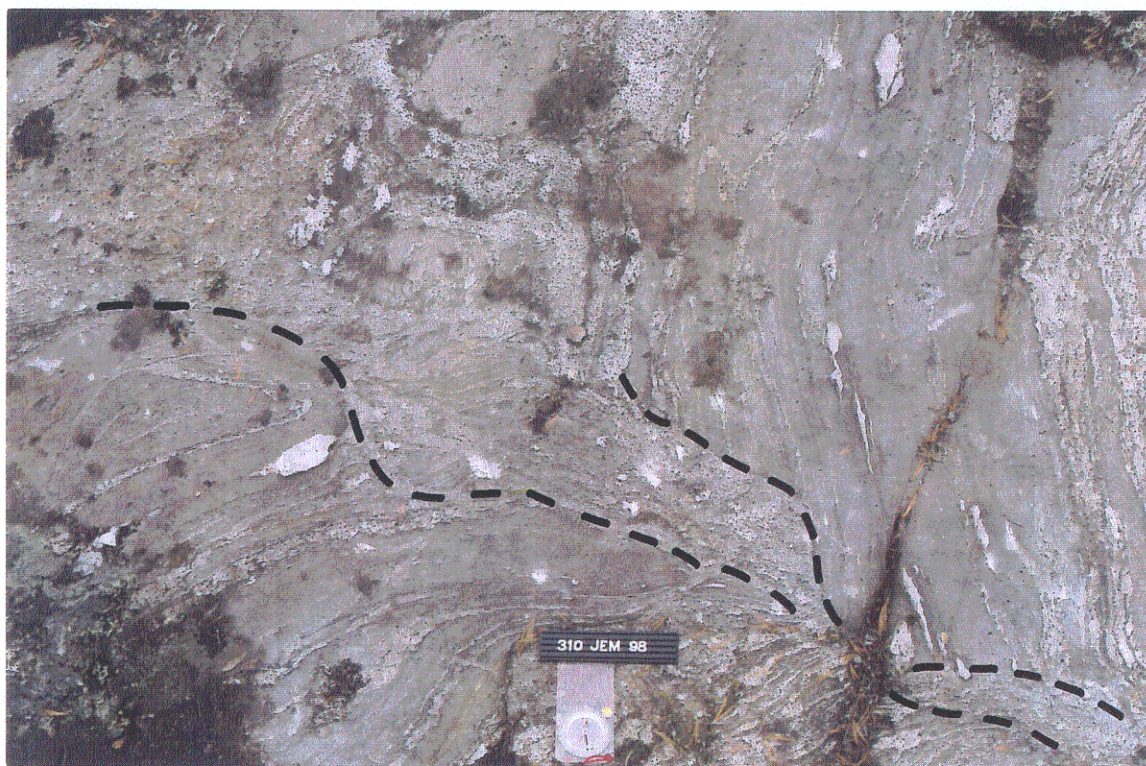
**Kivilahden** (kuva 46) ympäristöstä tehtyjen havaintojen mukaan F3-poimujen kätisyys ja tyyli näyttää riippuvan siitä, missä vaiheessa D3:a ne ovat syntyneet. Kivilahden S- ja SE-puolella sijaitsevat poimut ovat vasenkätisiä, pyöreämuotoisia ja niiden poimuakselit ovat loivahkosti SW- ja W-suuntaisia (5-, 26-, 85-JEM-98). Kivilahden N-puolella, lähellä arkeisia gneissejä sen sijaan poimutus on oikeäkätistä ja poimutukseen liittyy runsaasti kätisyyden mukaista pegmatiittiaineksen muodostusta (391-, 400-, 401, 403-JEM-98). N-puoleiset poimuakselit ovat pystyjä, joten ne mahdollisesti edustavat D3-late-vaiheen hiertopoimuja. Päätelmää tukee rakenne, missä plastinen vasenkätinen F3-poimu on revennyt myöhäisemmän oikeäkätisen D3-late-hierron vaikutuksesta (Kuva 29). Ilmeisesti samasta syystä F3:n akselitasossa on paikoin repeämiä (Kuvat 27 ja 28) ja rakoilua (129-JEM-98).

Toisessa deformaatiovaiheessa syntynyt neosomiaines on ollut vielä D3:ssa sulana, koska stromaattinen S2-neosomiaines jatkuu täysin muuttumattomana S2-rakenteita leikkaaviin neosomiverkostoihin (Kuvat 24 ja 31). Siksi D2- ja D3-neosomia ei pysty yleensä erottamaan toisistaan. Mikäli neosomia on syntynyt vain D3:ssa, se keskittyy asymmetristen kylkipoimujen lyhyempään sivustaan (Kuvat 21, 25 ja 26). Koska D3-neosomia on syntynyt poimun paineminimikohtaan, voi siitä päätellä, että ilmeisesti myös D2-schollenmigmatiittien neosomiaines on syntynyt sekä lämmön että tension yhteisvaikutuksesta. Stromaattinen neosomiaines liittyy enemmän lämpötilan kohoamiseen.

Osa D3:n loppuvaiheessa syntyneestä neosomista liittyy melko kapeisiin (< 5 m) ja jäykähköihin rakenteisiin. Tässä tapauksessa neosomi osittain leikkaa D2-neosomia ja sen asu ja koostumus on heterogeenisempi kuin D2:ssa (Kuvat 24 ja 30). Asu on raekooltaan vaihteleva, porfyrynen, osin pegmatoidinen, suuntautumaton/suuntautunut. Usein trondhjemiittinen ja/tai pegmatoidinen neosomi on tunkeutunut poimutuksen kätisyyden mukaisesti mutkitteleviin tiloihin, jolloin kivi voidaan luokitella jo juonikiveksi, (140-, 167-, 316-JEM-98). Tässä tapauksessa on epävarmaa, onko kysymyksessä D3-rakenne vai D4:ssa uudelleenaktivoitunut systeemi. Joka tapauksessa juonien ja S2:n leikkaussuhteiden avulla voidaan selvittää alueella vallitseva F3:n kätisyys.



Kuva 27. Repeämä F3:n akselitasossa. Litmanen. X=6947.320, Y=3531.470.  
 Fig. 27. Extension in F3 axial plane. Litmanen. X=6947.320, Y=3531.470.

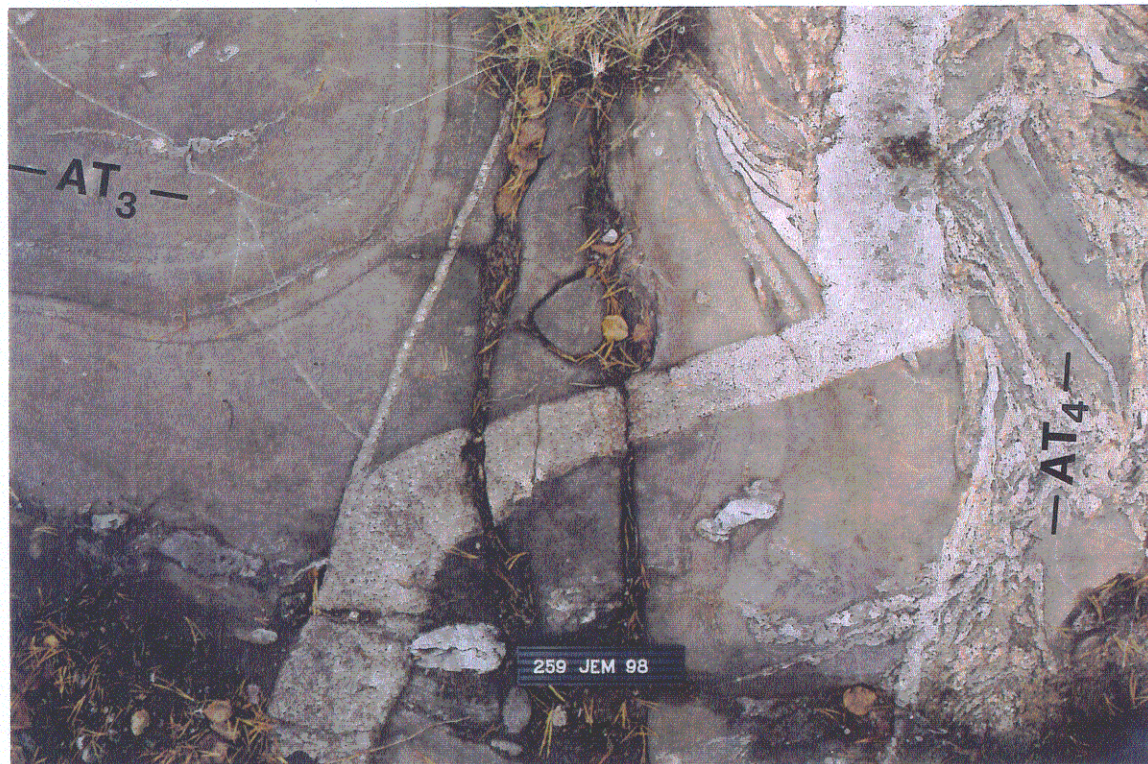


Kuva 28. Repeämä F3-akselitasossa vai oikeakätinen D4-rakenne? Litmanen. X=6948.430, Y=3530.600.  
 Fig. 28. Extension in F3 axial plane or dextral F4-structure? Litmanen. X=6948.430, Y=3530.600.



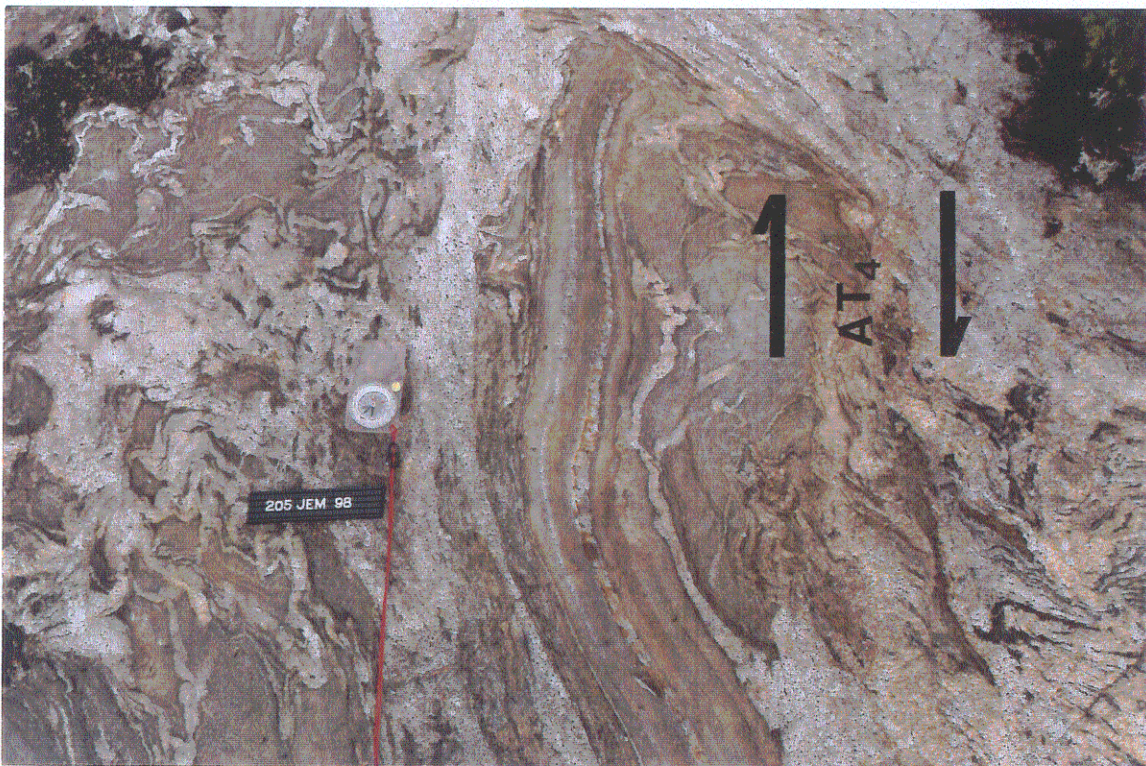
Kuva 29. Plastinen vasenkätinen F3-poimu, joka on repeytynyt D3-late-vaiheessa oikeakätisesti. Suurikorpi. X=6946.930, Y=3530.150.

*Fig.29. Plastic sinistral F3-fold with dextral extension in D3-late stage. Suurikorpi. X=6946.930, Y=3530.150.*



Kuva 30. Trondhjemittijuoni, joka myötäilee F3:n kätsisyyttä ja leikkaa D2-D3-neosomia. D3- vai D4-rakenne? Litmanen. X=6947.540, Y=3531.110.

*Fig. 30. Trondhjemite dyke which is conform to the direction of displacement of F3 fold and cut D2-D3 neosome. D3 or D4 structure? Litmanen. X=6947.540, Y=3531.110.*



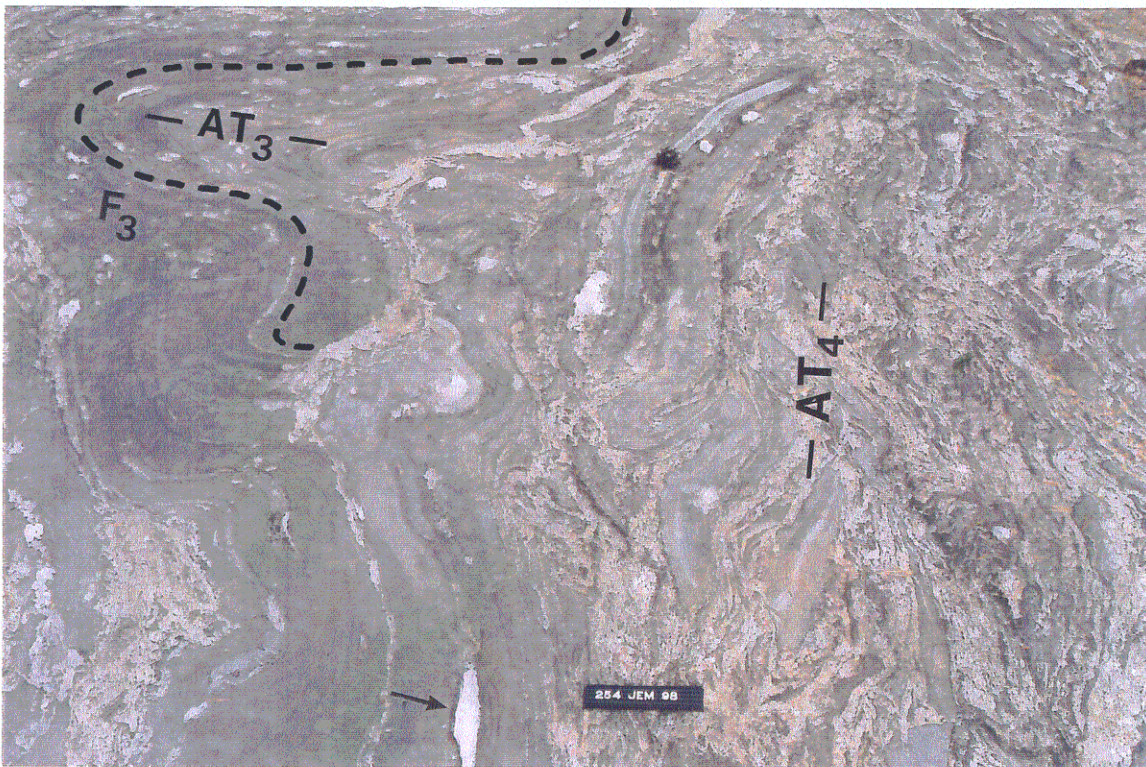
Kuva 31. Oikeakätiseen F3-kylkipoimuun liittyvä repeäminen vai D4-tensio?  $AT_4$  = D4-akselitaso. Kivilahti. X=6946.160, Y=3530.760.

Fig. 31. Extension associated with F3 minor fold or D4 tension?  $AT_4$  = AT4 axial plane. Kivilahti. X=6946.160, Y=3530.760.

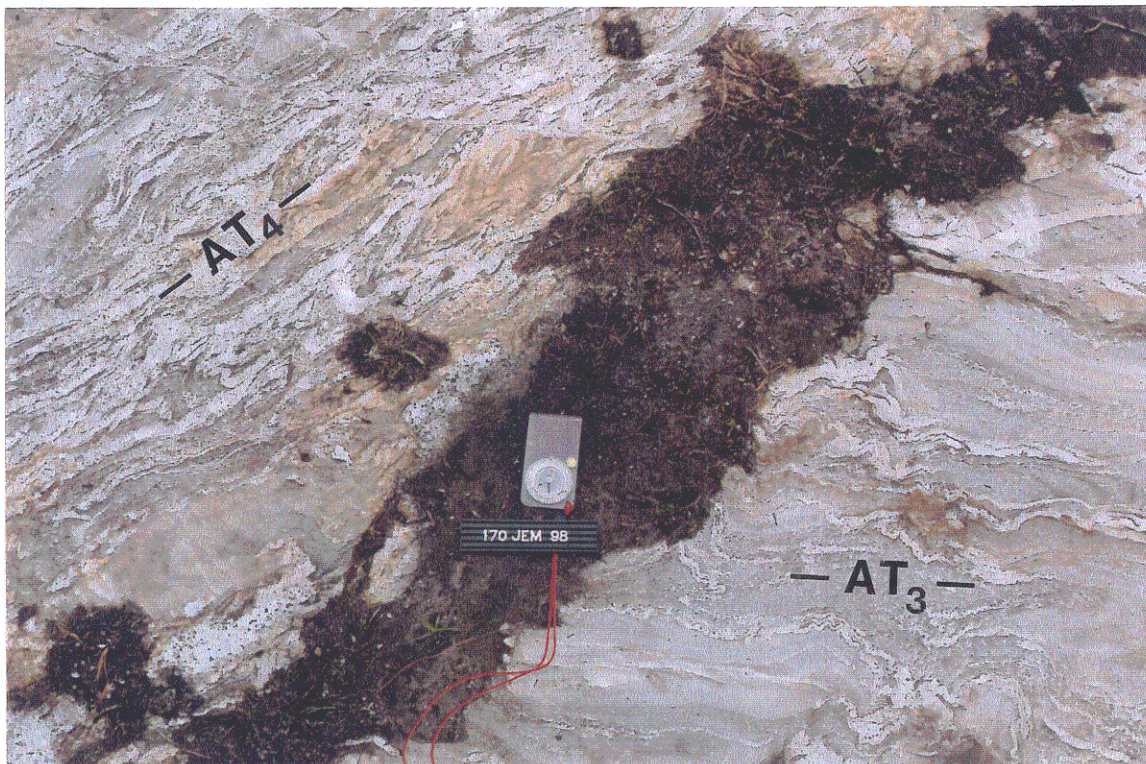


Kuva 32. Alkava D4-fragmentoituminen. Suurikorpi. X=6946.930, 3530.150.

Fig. 32. Early stage D4 extension. Suurikorpi. X=6946.930, 3530.150.



Kuva 33. Symmetrinen F3-poimu on revennyt D4-hierrossa. Litmanen. X=6947.430, Y=3531.140.  
 Fig. 33. Symmetric F3 fold splitted in D4 shear. Litmanen. X=6947.430, Y=3531.140.



Kuva 34. D4-hierro leikkaa S3:n. Kivilahti. X=6945.500, 3531.660.  
 Fig. 34. D4 shear cutting S3. Kivilahti. X=6945.500, 3531.660.

## D<sub>4</sub>-vaihe

Neljännän deformaatiofaasin akselitaso on **Oravikosken** alueella N-S- tai NE-SW-suunnassa (kuva 46). Paljastumamittakaavassa D4 kuvastuu parhaiten äkillisinä F3-poimuja ja rakenteita repivinä, melko kapeina vyöhykkeinä (< muutamia metrejä) (Kuvat 33-35). Liikkeen voimistuessa ovat fragmentit repeytyneet irti toisistaan ja lopulta on muodostunut D4-akselitason suuntainen schollen-schlierenrakenne (Kuvat 33-35).

Mittakaava, jossa D4-rakenteita voidaan havaita, vaihtelee meso-makrotasolla. Hyvissä paljastumalolosuhteissa voidaan havaita kuvan 32 kaltainen tilanne, missä muutamien metrien levyiset "schollen-schlierenmigmatiittijaksot" vuorottelevat paremmin säilyneiden makroluokan kiillegneissilohkojen kanssa (349-363-JEM-98, **Paukamäki**, kuva 46).

Alueellisesti nämä schollen-schlierenmigmatiittijaksot ovat varsin rajoitettuja verrattuna D2-vaiheen schlierenmigmatiitteihin, jotka esiintyvät suurempina yksiköinä (kriteeri D2- ja muiden schollen-schlierenmigmatiittien ryhmittelemiselle).

D4-tensiossa (ja D3:ssa?) syntyneet schollen-schlierenmigmatiitit näyttävät olevan hieman heterogeenisempia kuin D2-schlierenmigmatiitit. Tähänastiset havainnot eivät kuitenkaan riitä tarkempaan määrittelyyn.

Paljastumamittakaavassa F4-poimu on voitu todeta vain yhdessä paikassa (464-465-JEM-98, **Oravikoski**), missä F3-poimujen kätsisyys vaihtelee poimuakselin suunnan mukaisesti (Kuva 45). Kuvan 45 osoittama F3-poimuakselien erisuuntaisuus ei välttämättä tarvitse syntyäkseen kahta poimutusfaasia, vaan poimutuksen lopussa tapahtunut rotaatio ja plastinen hierto saattavat aiheuttaa samanlaisen rakenteen (ks. kuva 44). Hierron yhteydessä on syntynyt myös diktyoniittisia rakenteita. F3-poimuakselien suunnat ja kätsyydet vaihtelevat samalla tavalla **Oravikosken** ympäristössä laajemmaltikin (Kuva 46). Sen perusteella voidaan päätellä, että **Oravikosken** alue muodostaa vasenkätisestä kylkipoimustusysteemistä D4-vaiheessa syntyneen antiformalirakenteen (Kuva 47).

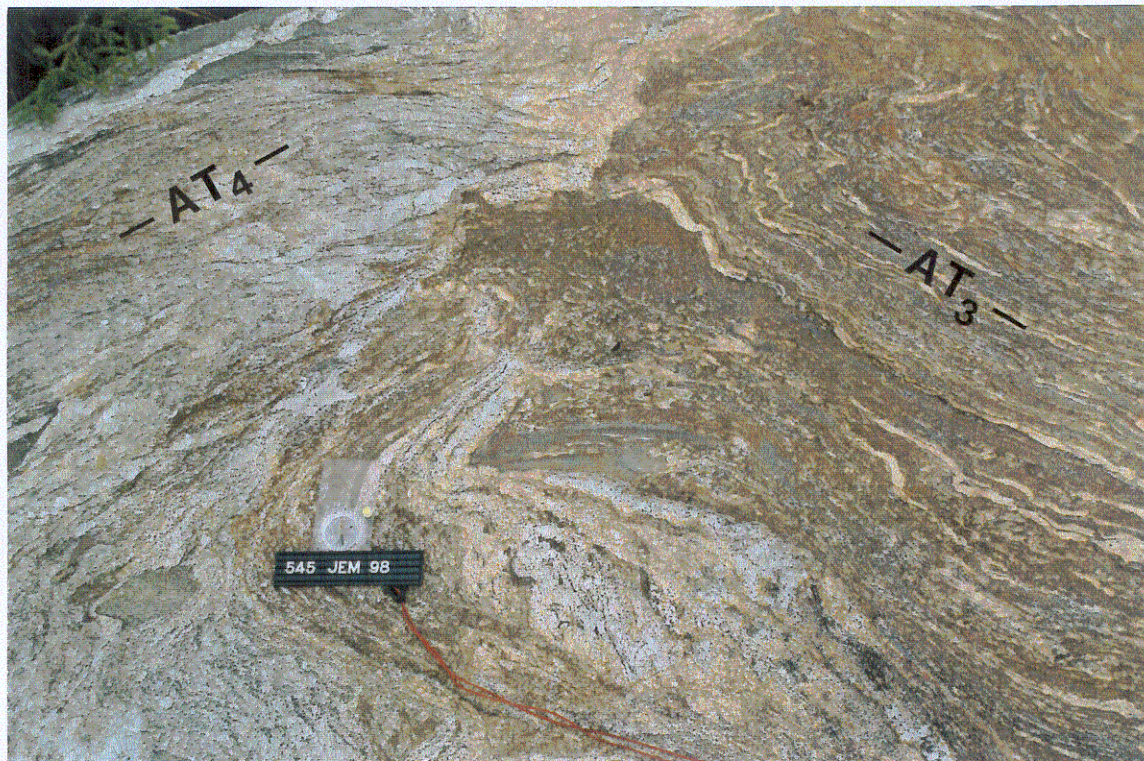
Neosomi (D4) näyttää yleensä yhtyvän saumattomasti D2-D3-neosomiainekseen (Kuvat 32-35). Paikoin kuitenkin repeytymäkohtiin on syntynyt täysin uutta neosomiainesta, joka on melko karkeaporfyryristä (Kuva 27). Akselitason suunnassa esiintyy myös alhaisemmassa lämpötilassa syntyneitä kvartsipitoista ainesta (Kuva 38). Eräs variantti on ulkonäöltään schollenrakenteinen massa, joka on eräänlainen syväkiven ja gneissin välimuoto (Kuva 36). Väriin perustuen aines voidaan luokitella mesosomiksi ja ilmeisesti kivi on syntynyt kiillegneissin lähes täydellisessä "sulamisessa" (?).

Pegmatiittisia ja graniittisia kiviä esiintyy alueella kohtalaisesti, eikä niitä voi enää pitää varsinaisena neosomina (Kuva 39). Paikoin juonimainen aines myötäilee F3-poimujen kätsyyttä (Kuvat 24 ja 30), joten aina ei ole varmuutta neosomiaineksen syntyajankohdasta. Eniten pegmatiittisia juonia on **Särkiniemen** ympäristössä (kuva 46) ja ne ovat asennossa 300/60 (548-, 550-JEM-98).

Alueella esiintyy myös kohtalaisesti oikeakätisiä siirroksia, joiden kulkusuunta on 320° (Kuva 40). Siirroksiin liittyy tai niiden kanssa samansuuntaisina on apliittista graniittia (271-JEM-98). Suunnassa 300° esiintyy myös **Vuorisemäen** juonimainen n. 1 km pituinen graniitti-intruusio. Intruusioon liittyvät juonet kaatuvat kohti NE.

Arkeisten gneissien keskellä tavataan osittain punertavia graniittisia juonia, jotka noudattavat kiillegneisseissä havaittuja kulkusuuntia (238-JEM-98). Juoniparven rakenteiden mukaan NE-SE-suuntainen tensio on ollut oikeakätistä (271-, 429-JEM-98). On mahdollista, että viimeksi mainitut oikeakätiset siirroksot edustavat D4-konjugaattirakenteita. Ne voisivat liittyä aeromagneettisilla kartoilla näkyvään Suvasveden siirrokseen.

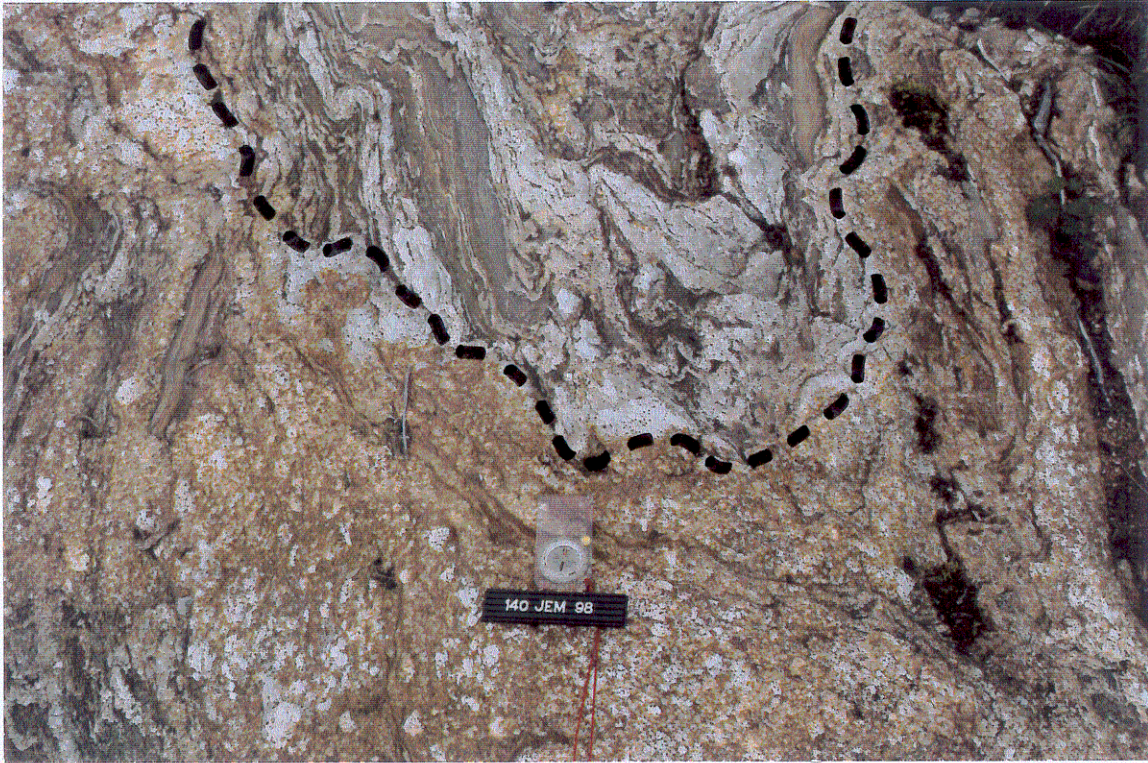




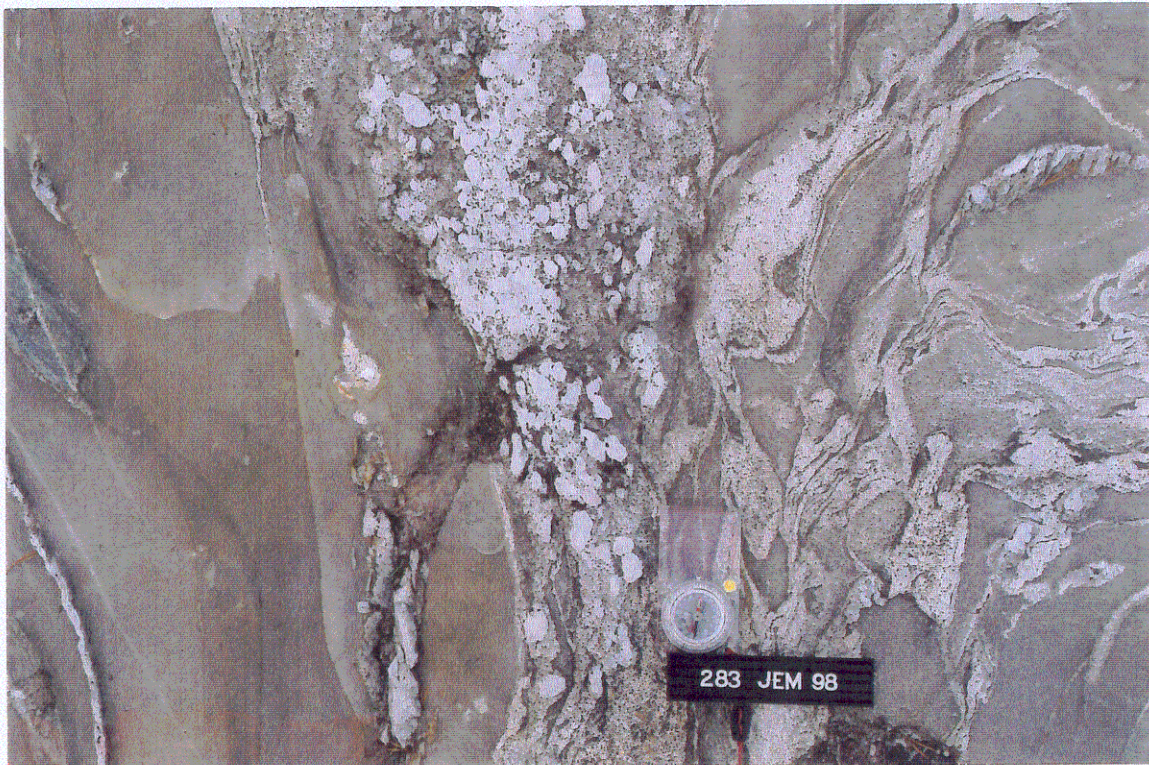
Kuva 35. D4-hierro leikkaa S3:n. Särkiniemi. X=6941.030, Y=3534.200.  
 Fig. 35. D4 shear cutting S3. Särkiniemi. X=6941.030, Y=3534.200.



Kuva 36. D4-hierro leikkaa D3-migmatiittia. Litmanen. X=6948.040, Y=3530.840.  
 Fig. 36. D4 shear cutting D3 migmatite. Litmanen. X=6948.040, Y=3530.840.



Kuva 37. F3-poimu repeää D4:ssa. Repeämäkohtaan syntynyt porfyyristä neosomia. Kivilahti. X=6945.970, Y=3531.060.  
 Fig. 37. F3 fold splitted in D4. Porphyritic neosome is associated with the splitting. Kivilahti. X=6945.970, Y=3531.060.

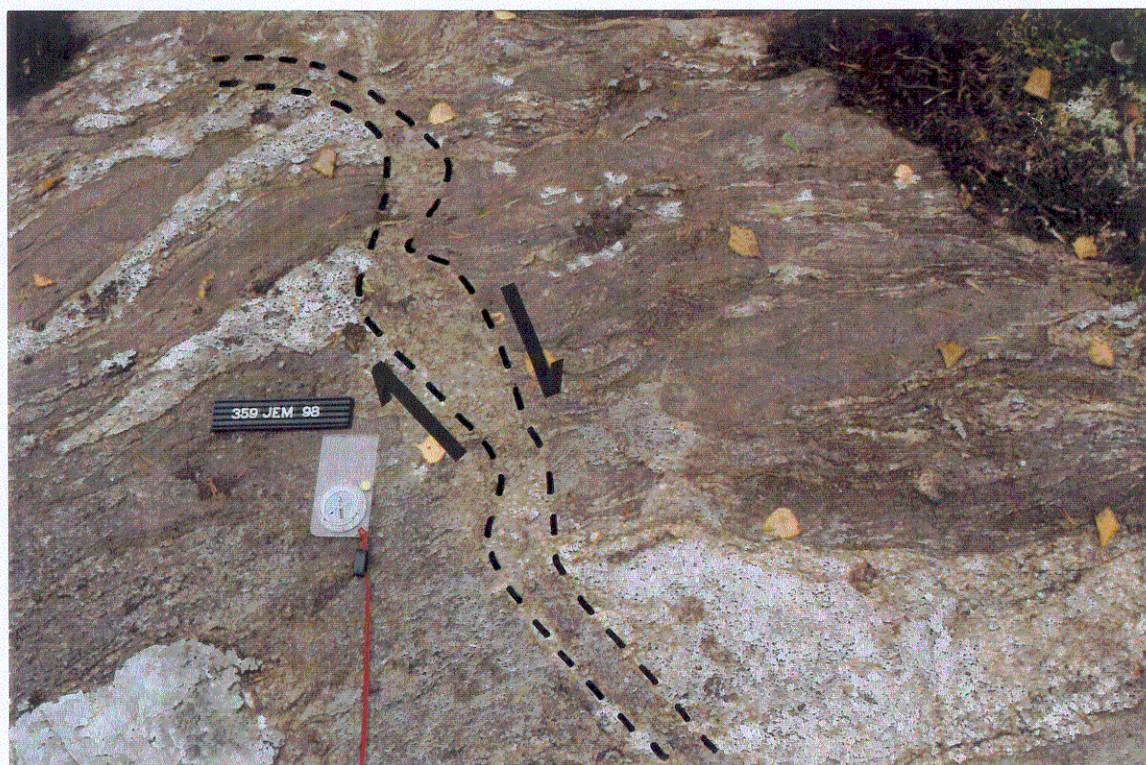


Kuva 38. Kvartsiosueita AT4:n suunnassa. Litmanen. X=6947.360, Y=3531.420.  
 Fig. 38. Quartz fragments in D4 axial plane (AT4). Litmanen. X=6947.360, Y=3531.420.



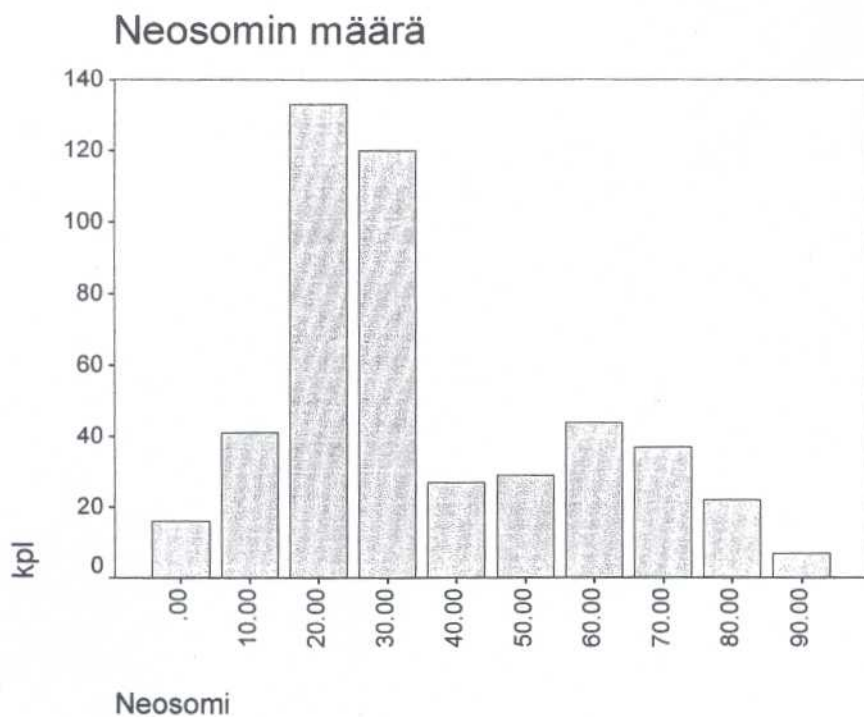
Kuva 39. AT4:n suunnassa jäykkää deformaatiota, jolloin akselitasoon on tunkeutunut pegmatiittigraniittia. Särkiniemi. X=6941.070, Y=3534.180.

*Fig. 39. Brittle deformation in D4 axial plane (AT4), which is penetrated by pegmatite. Särkiniemi. X=6941.070, Y=3534.180.*



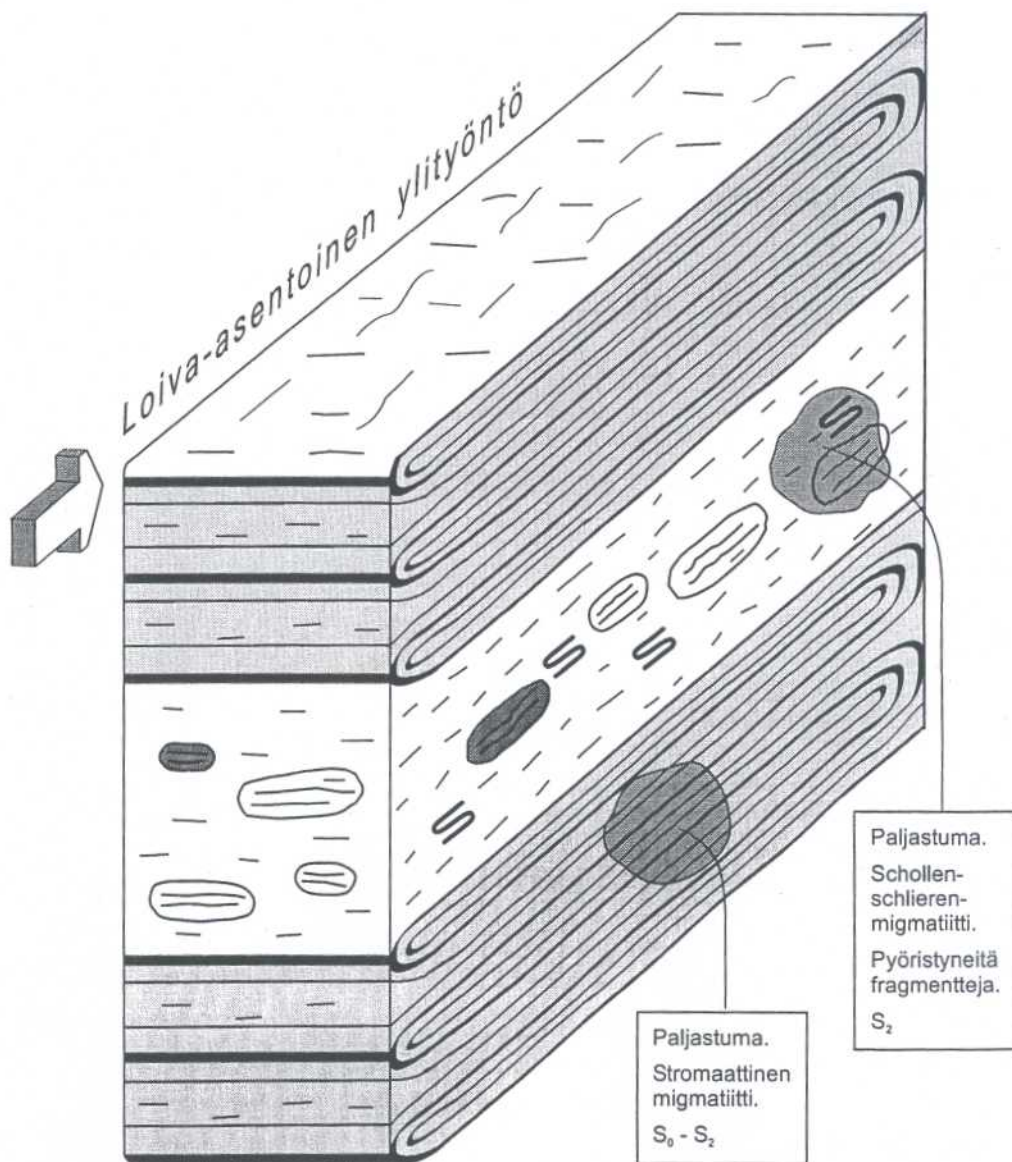
Kuva 40. Oikeäkätinen D4-hierto. Paukamäki. X=6949.210, Y=3530.570.

*Fig. 40. Dextral D4-shear. Paukamäki. X=6949.210, Y=3530.570.*

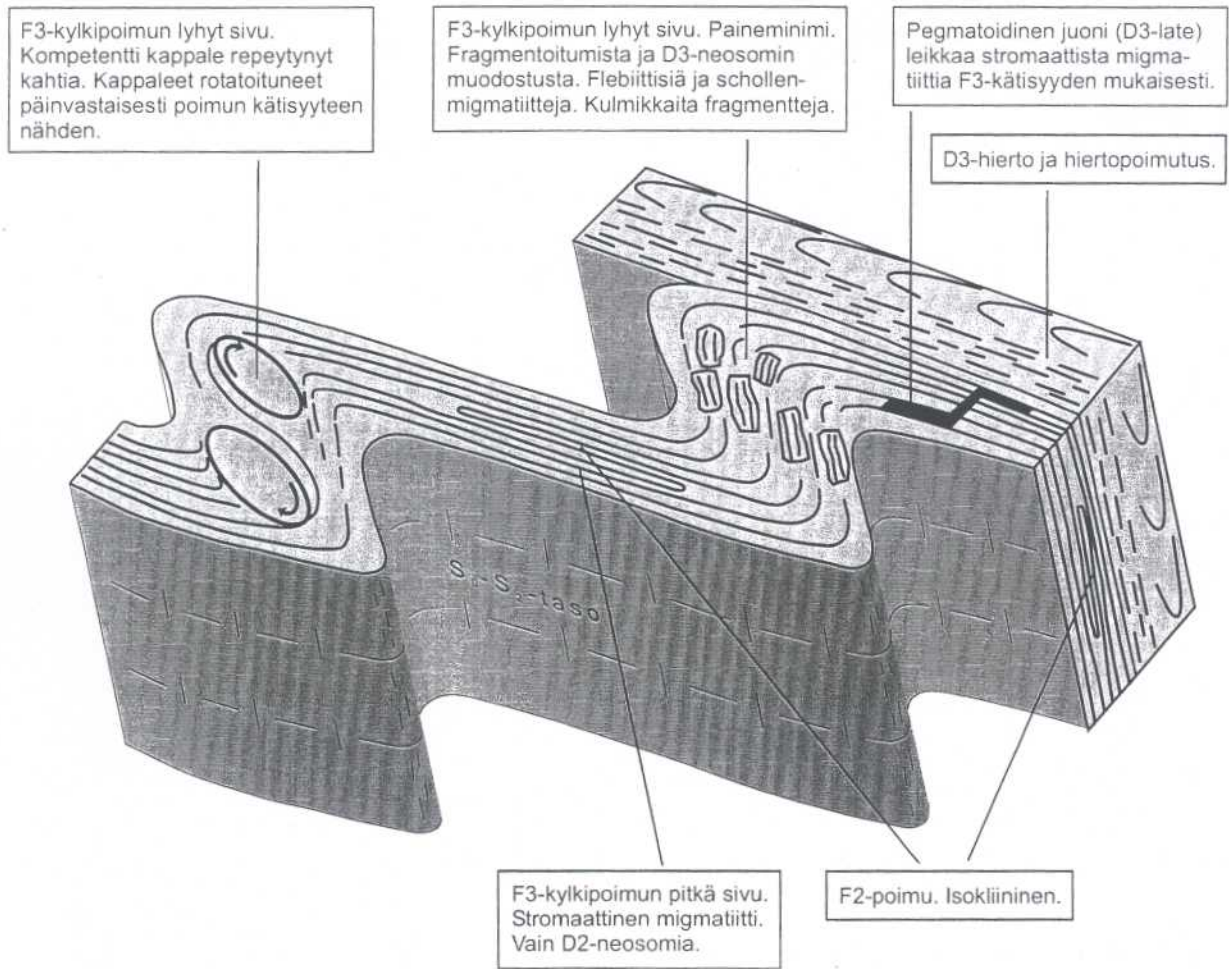


Kuva 41. Neosomin määrä Oravikosken ympäristön migmatiiteissa. Havainnot JEM-98.

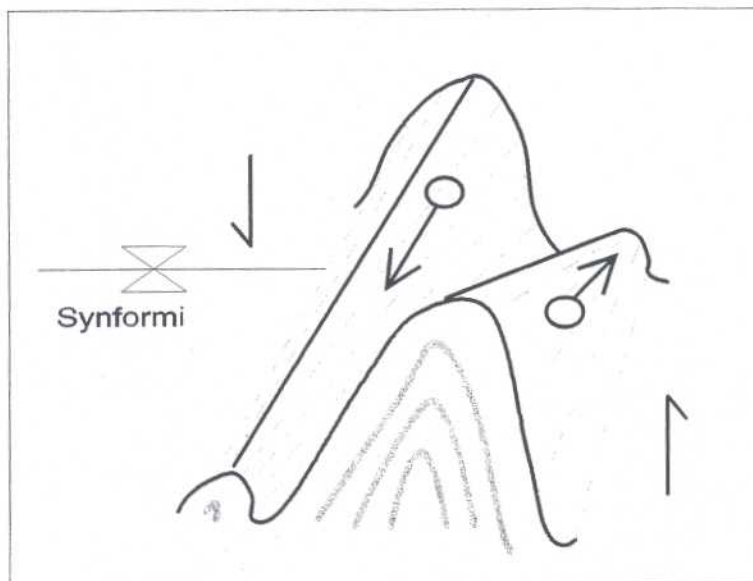
Fig. 41. The amount of neosome in Oravikoski migmatites. Outcrops JEM-98.



Kuva 42. F2-poimutuksen tyypillisiä piirteitä.  
Fig. 42. Typical features of F2-folding.



Kuva 43. F3-poimutuksen tyypillisiä piirteitä.  
 Fig. 43. Typical features of F3-folding.



Kuva 44. Poimutuksen loppuvaiheessa tapahtuneen rotaation ja plastisen hierron aiheuttama synformirakenne.  
 Fig. 44. Possible synform structure originated in rotation and ductile shearing during the final phase of folding.

*Mafisten-ultramafisten intruusioiden ja kiisuuntumien suhde deformaatioon*

Mafisia ja ultramafisia kiviä tavataan D2-vaiheessa syntyneiden schollenmigmatiittien fragmentteina ja gabroihiin on paikoin kehittynyt S2-liuskeisuus. Toisaalta gabrointruusioissa on gneissisulkeumia (**Särkiniemi, Takkula**), joten intruusioajankohta lienee viimeistään D2-vaiheen alussa.

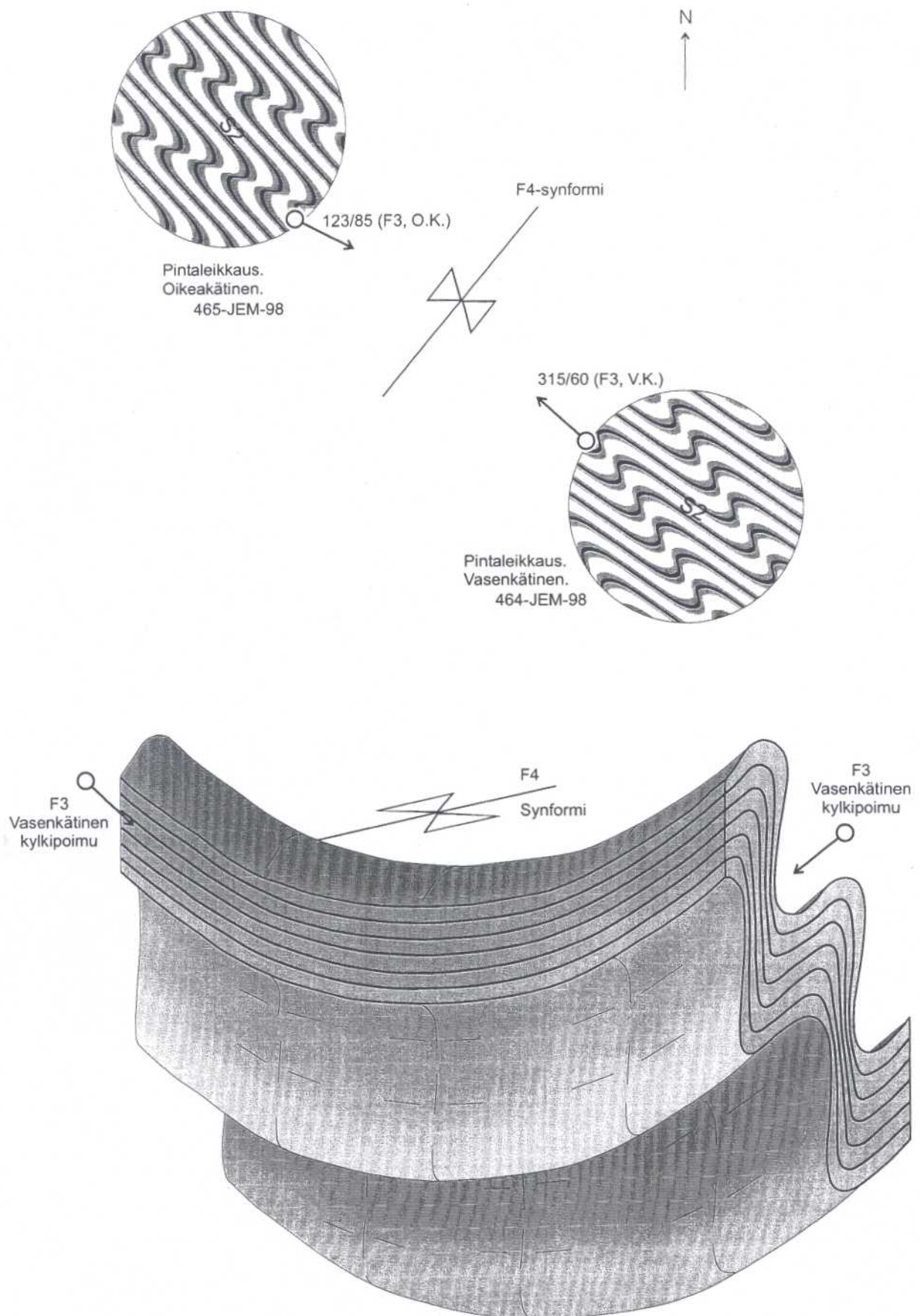
**Kaatrasen ja Kärpänlammen** alueella gabrot esiintyvät juonimaisina muodostumina (Kuva 16), jotka näyttävät olevan konformeja liuskeisuuden (D2+D3) suhteen, joten intruusiot ainakin näillä alueilla ovat metasedimenttien keskellä olevia sillejä ja niiden D2-vaiheessa hajonneita kappaleita.

Intruusiot ovat käyttäytyneet D2-D3:n aikana kompetentteina kappaleina mobiilimman migmatiittiaineksen keskellä. Voimakkain fragmentoituminen on tapahtunut D2-schollenmigmatiittivaiheessa ja osaan gabroista on muodostunut D2-liuskeisuus. Mikäli kiisuaine on mobiloitunut tässä vaiheessa, on se todennäköisimmin jäljitettävissä kulun suunnassa. Koko deformaatiohistorian suurimmat siirtymät ovat tapahtuneet D2-vaiheen hierrossa ja ylityönnöissä, sillä D3- ja D4-vaiheissa on havaittavissa vain poimuttumista sekä pienialaista repeämistä ja hiertoa. D3:ssa on kylläkin tapahtunut voimakasta hiertoa, mutta tällöin hirtovyöhykkeet ovat paikallisia ja helpommin tunnistettavia kuin vanhemmat rakenteet.

D2-ylityöntö ja hierto näyttävät myös laaja-alaisemmilta kuin nuoremmat rakenteet, sillä alloktonisia yksiköitä tavataan sekä scollen-schlierenmigmatiittien että stromaattisten migmatiittien alueella. Mikäli D2-ylityönnön oletetaan suuntautuneen lounaasta koilliseen, niin tieto F3-kylkipoimujen kätisyydestä saattaisi auttaa D2-offset-malmin siirtymisen arviointia. Mobiloituneen kiisuaineen sijaintia arvoitaessa täytyy huomioida myös stratigrafisen pohjan suunta intruusiossa. Esim. **Rytlyn** intruusiossa stratigrafinen pohja on idässä.

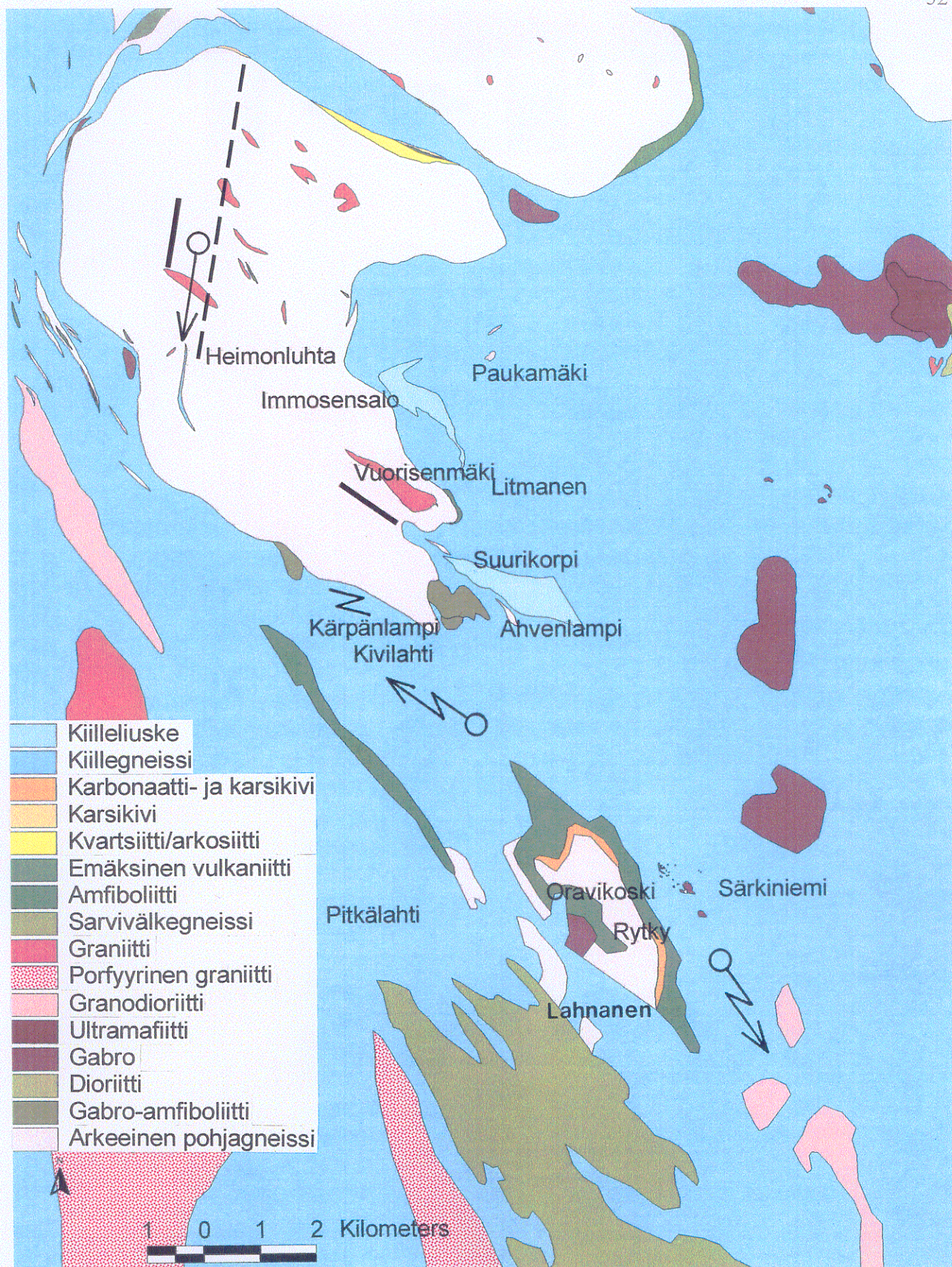
Kolmannessa deformaatiovaiheessa on tapahtunut etupäässä loivaa aaltoilevaa poimutusta ja riippuen poimutuksen kätisyydestä ovat gabrokappaleet rotatoituneet ja katkeilleet joko myötä- tai vastapäivään. Esim. **Särkiniemessä** ovat gabrokappaleet rotatoituneet vastapäivään oikeakätisen poimutuksen vaikutuksesta (Kontoniemi & Forss 1997), (541,544-JEM-98) (Kuva 22). F3-kylkipoimujen lyhyempi sivusta on ollut neosomin muodostuksesta päätellen paineminimikohta. Voisi olettaa, että myös mobiili sulfidiaine tunkeutuu mieluummin tällaiseen kohtaan poimuakselin suuntaiseksi "putkeksi" kuin F3-kylkipoimun pitkään sivustaan.

Eräs D3-D4-vaiheiden akselitasoon ja konjugaattisuuntiin liittyvien siirrostusten ja tensioiden ominaispiirre on niiden äkillinen poikkeama vallitsevasta liuskeisuuden kulusta. Tällaisiin rakenteisiin on usein tunkeutunut runsaasti pegmatoidista neosomia (171,173,548,549-JEM-98). Jos sulfidiaine on mobiloitunut D3-D4-siirrostien ja tensioiden vaikutuksesta, noudattaa offset-kiisuuntuma todennäköisesti näitä rakennepiirteitä. Lisäksi täytyy huomioida, että useat nuoret siirrokset näyttävät olevan oikeakätisiä.



Kuva 45. Paljastumahavaintojen perusteella tehty malli, jossa vasenkätiset F3-kylkipoimut muodostavat D4-synformin. Oravikoski.

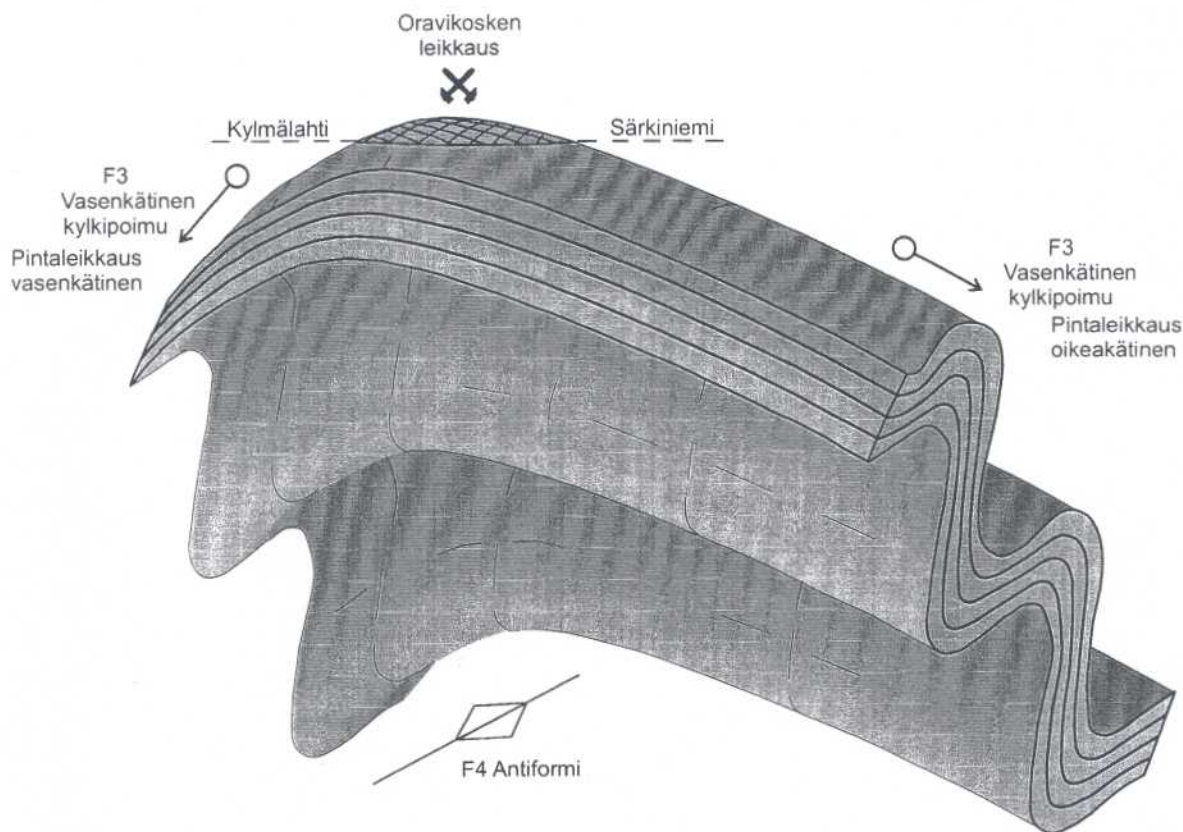
Fig. 45. The model, where sinistral F3 folds are folded to D4 synform. Oravikoski.



Kuva 46. Tutkimusalueen kivilajikartta, joka on laadittu ja muokattu H. Lukkarisen tekemän koosteen pohjalta. Oravikosken ympäristöön on merkitty F3-pojmujen kätsisyyksiä. Katkoviiva Heimonluhdan yläpuolella kuvaa oletettua D3-late vaiheessa syntynyttä ylityöntöpintaa.

Fig. 46. The bedrock map based on sketch made by H. Lukkarinen. F3 fold axis with the direction of displacement are marked to the Oravikoski area. Dashed line in Heimonluhta area describes D3 late overthrust plane.





Kuva 47. Paljastumahavaintojen perusteella tehty malli, jossa vasenkätiset F3-kylkipoimut muodostavat D4-antiformin Oravikosken alueelle. Samantyyppisen mallin esitti Gaál (1980, Fig. 4) Oravikosken kaivoksen alueelta.

Fig. 47. The model, where sinistral F3 folds are folded to D4-antiform in Oravikoski area. Similar model is presented by Gaál (1980, Fig. 4) from the Oravikoski mine area.

### Tervo-Varkaus -alueen tektoninen tulkinta

Tervo-Varkaus -alueen rakennegeologista kehitystä on varsin vaikea hahmottaa tarkastelematta Raahe-Laatokka -vyöhykettä laajemmalti. Suuressa mittakaavassa Tervon alue sijoittuu Raahe-Laatokka -vyöhykkeen hiertyneimpään osaan, jossa kompetentiksi lohkoksi käsiteltävä Keski-Suomen granitoidi-kompleksi rutistuu toista kompetenttia lohkoa (Iisalmen arkeinen lohko) vasten. Etelään päin tultaessa siirrokset pääsevät levittäytymään hieman laajemmalle alueelle muodostaen yksittäisiä SE-NW suuntaisia siirroksia. Kuopion alueella Suvasveden ja Iisveden siirrostensa rajaamasta noin 50 km leveästä hiertovyöhykkeestä on käytetty nimitystä Kuopion hiertovyöhyke (KSZ). Tämän vyöhykkeen sisällä on runsaasti hiertoja ja siirroksia, jotka rajaavat vyöhykkeen sisällä hyvin säilyneitä kompetentteja lohkoja. Tällaisina lohkoina toimivat mm. pohjadoomit, joiden ympärillä on usein hierroilta suojassa olevia paikkoja, joissa vanhemmat rakennepiirteet ovat säilyneet. Eri osa-alueita tarkastelemalla voidaan laatia koko vyöhykettä koskeva rakennegeologinen kehitysmalli.

Svekofennialaisen orogenian varhaisia kompressionaalisia rakennepiirteitä on perinteisesti tulkittu Kaavin-Outokummun jaksolta, jossa  $D_1$ - ja  $D_2$ -vaiheisiin liittyvät nappe- ja ylityöntöliikunnot ovat olleet jo pitkään tunnettuja tosiasioita. Raahe-Laatokka -vyöhykkeellä vastaavista tektonisista suurrakenteista ei ole ollut havaintoa, mutta niihin liittyviä varhaisen vaiheen poimurakenteita on havainnointu hyvin säilyneistä metaturbidiiteista myös hiertovyöhykkeen sisällä (Esim. Hanhisalo). Vehmasmäen länsilaidalla paikannetut ylityöntölaatoiksi tulkitut pohjagneissisiivut ovat ensimmäinen todiste ylityöntölaatoista Kuopion alueella. Havaintojen perusteella nämä gneissisiivut ovat olleet loiva-asentoisia ja niitä on poimutettu  $D_2$  ja  $D_3$  -vaiheissa. Gneissisiivujen voimakas liuskeisuus ja hiertyminen liittyy varhaisiin deformaatiovaiheisiin. Paukarlahden doomin länsiosassa pohjan gneissien keskellä on kapea (<50m) kiillegneissisiivu, joka antaa aiheen olettaa myös itse pohjagneissidoomien koostuvan varhaisen vaiheen

ylityöntölaatoista, jotka ovat myöhemmissä poimutuksissa ( $D_3$ - $D_4$ ) saaneet nykyisen doomimaisen muodon.

Hankkeen kartoitusten myötä arkeisen kratonin länsireunan asema on voitu paikantaa Kuopion lounaispuoleisella alueella varsin tarkasti. Kratonin päälle kerrostuneet epikontinentaalisarjan kivet ovat havaintojen mukaan varsin ohuita näillä alueilla. Pihkainmäen alueella kvartsiitten paksuus on vain kymmenkunta metriä ja emäksiset laavat puuttuvat näiltä alueilta kokonaan. Vehmasmäen doomin länsilaidalla esiintyy puolestaan emäksisiä laavoja ohuelti kun taas kvartsiitit puuttuvat. Samoin Paukarlahden doomin länsipuolella olevissa ylityöntölaattojen kappaleissa vastaavat suprakrustiset kivet ovat hyvin ohuita. Toisaalta näiden kivien puuttuminen Vehmasmäen ja Paukarlahden doomien länsisivustalta voi johtua siitä, että ne on ylityönnetty itään päin pois primääriltä paikaltaan. Pihkainmäen alueella kvartsiitteja esiintyy ehkä samasta syystä enemmän vain arkeisen doomin pohjois- ja koillissivustoilla, jossa ne ovat olleet "suojassa" suuremmilta ylityöntöliikunnoilta. Kotalahden doomin alueella pohjagneissien yhteydessä on epikontinentaalisarjan kiviä runsaammin. Joka tapauksessa arkeisen kratonin reuna saadaan paikannettua näiden doomirakenteiden länsipuolelle.

Arkeisen kratonin länsireuna on toiminut myös myöhemmin aktiivisten tektonisten liikuntojen saumana. Voimakkaat  $D_3$  ja  $D_4$  -vaiheiden strike slip -liikunnot ovat keskittyneet tähän saumaan tuottaen eriasteisia migmatiitteja ja myloniitteja. Ni-kriittiset emäksiset intruusiot näyttävät keskittyvän ainakin osittain tähän saumakohtaan tai sen välittömään läheisyyteen. Onkin luultavaa, että tämä heikkousvyöhyke on toiminut eräänä emäksisten magmojen purkautumisreitinä. Ni-intruusioiden on katsottu tunkeutuneen sillimäisinä muodostumina subhorizontaalisiin metasedimentteihin varhaisten deformaatiovaiheiden ( $D_1$ - $D_2$ ) aikana. Mikäli asia olisi näin myös Kotalahden-Pihkainmäen alueella, olisi näiden intruusioiden täytynyt työntyä itään päin käynnissä olevien ylityöntöliikuntojen aikana. Onkin luultavaa, että Ni-kriittiset magmat ovat kratonin reunan heikkousvyöhykkeellä tunkeutuneet ylöspäin purkaukskanavia pitkin purkautuen mahdollisesti pintaan, jääden subvulkaanisiksi silleiksi ja osin kiteytyneet syvällä maakuoressa. Tässä mielessä syvälle jääneet intruusiot ovat säilyneet kratonin reunaan nähden paikallaan joskin kohoten ja breksioituen myöhemmissä hierroissa ja siirroksissa.

$D_3$  -vaiheeseen tultaessa makaavia  $D_1$ - ja  $D_2$  -rakenteita tuottaneet horisontaaliset liikunnot ovat ilmeisesti muuttaneet luonnettaan, jolloin poimutustyyli olisi muuttunut vaaka-asentoisia rakenteita pystyyn poimuttavaksi deformaatiotyyliksi.  $D_3$  -vaiheessa on syntynyt suurimittakaavaisia aerogeofysikaalisilta kartoilta selvästi erottuvia poimurakenteita pitkin kratonin reunaa. Nämä  $D_3$  -poimurakenteet ovat alun perin olleet SE-NW -suuntaisia, mutta nykyisessä muodossaan niiden suunnat vaihtelevat suuresti myöhäisempien poimutusten ja hiertojen vaikutuksesta.  $D_3$  -deformaatiovaihe on todennäköisesti alkanut en échelon tyyppisenä poimutuksena, jonka akselitaso on ollut pystyasentoinen ja poimuakselisuunnat varsin loivia. Myöhemmässä kehityksessä nämä poimut ovat revenneet kyljiltään muodostaen  $D_3$  -vaiheen suuria oikeakätisiä siirroksia. Deformaation jatkuessa siirrokset ovat edelleen laajentuneet ja yhtyneet toisiinsa muodostaen suuria oikeakätisiä hiertovyöhykkeitä (Suvasvesi, Airaksela). Näiden rakenteiden syntyminen edellyttää ainakin paikallista SW-NE -suuntaista kompressiota.

$D_3$  -vaiheen voimakas migmatisaatio kuvastaa ennen kaikkea hiertoon liittyvää kivien breksioitumista ja tehokasta fluidin toimintaa hiertovyöhykkeiden alueella. Alueellinen metamorfoosi saavutti huippunsa samaan aikaan tai hieman varhaisemmin. Kivien intensiivisin migmatoituminen on selvästi keskittynyt voimakkaimman hierron alueelle pitkin arkeisen kratonin reunaa (Airakselan siirros), missä esiintyy schollentyyppisiä migmatiitteja. Samoilla alueilla on syntynyt porfyyrisiä granitoideja anatektisissä prosesseissa. Migmatisaatio vähenee ja deformaatiotyyli muuttuu rauhallisemmaksi mentäessä pois päin tästä saumasta, jolloin  $F_3$  -suurrakenteet ovat säilyneet ja kivet ovat tyyppillisesti erilaisia suonimigmatiitteja tai suonigneissejä.

$D_3$  -vaiheen jälkeen deformaatio on keskittynyt pääasiallisesti suurimittakaavaisiin strike slip -hiertovyöhykkeisiin, jotka ovat kehittyneet suurten kompetenttien lohkojen reunoille. Keski-Suomen grani-

toidikompleksin ja Iisalmen arkeisen lohkon välille on kehittynyt tässä vaiheessa n. 30 km leveä SE-NW-suuntainen oikeakätinen hiertovyöhyke. Tämä Kuopion hiertovyöhykkeeksi (KSZ) nimetty suurrakenne rajautuu koillisessa Suvasveden siirrokseen ja lounaassa Iisveden siirrokseen. Näiden siirrosten välisellä alueella on useita hierrossa paremmin säilyneitä lohkoja (esim. pohjadoomit) sekä näitä rajaavia siirroksia. Vyöhykkeen sisällä oleva Airakselan siirros edustaa  $D_3$  -vaiheen siirrosta, joka on reaktivoitunut  $D_4$  -vaiheessa. Ilmeisesti myös muut suuret siirrokset ovat  $D_4$  -vaihetta vanhempia reaktivoituneita siirroksia. Siirrokset ovat yleisimmin tulkittavissa kulkusiirtymäsiirroksiksi, mutta liikuntoihin liittyy varmasti myös ylityöntösiirroksia (esim. Tervon-Pielaveden alueella).  $D_4$  -vaiheeseen liittyy varsin yleisesti myös pegmatiittijuonien intrudoitumista.

## Alueellinen geofysiikka

Alueellinen geofysikaalinen aineisto antaa hyvän kuvan vallitsevista geologisista yksiköistä ja rakenteista suurempia kokonaisuuksia tarkasteltaessa. Aineisto on ensiarvoisen tärkeää, kun luokitellaan geologisia yksiköitä geofysikaalisten ominaisuuksien perusteella. Kun tähän yhdistetään muu geotieto, pystytään paikallistamaan tarkemmin tutkittavat kohteet. Johdannaiskartoilla saadaan alueellisesta aineistosta esille jopa malmiutumiin liittyviä anomalioita. Näitä karttoja on menestyksellisesti käytetty hankkeessa lohkarekartoituksen yhteydessä lohkareviuhkan seurannassa kohti emäkalliota.

### *Alueellinen painovoimamittaus*

GTK:n alueellinen painovoimamittaus on tehty pistetiheydellä 4-6 pistettä/km<sup>2</sup> Ni-hankkeen toiminta-alueella ja kaikki lisämittaukset, jotka tehtiin hankkeen toiminta-aikana, tehtiin 6 pisteen tiheydellä. Bouguer -kartalta voidaan havaita suurrakenteet ja erilaiset geologiset suuryksiköt, mutta yleensä vain laajassa mittakaavassa. Malminetsinnällisesti tämä mittakaava palvelee suurten intruusioiden ja malmipotentialisten suuryksiköiden hahmottamisessa.

Liitteessä 9 on Tervo-Varkaus alueen Bouguer-anomaliakartta, jossa näkyvät myös hankkeen tutkimuskohteet. Tästä kartasta saa hyvän kuvan siitä, kuinka tutkimuskohteet sijaitsevat suurrakenteisiin nähden. Lähes kaikki tutkimuskohteet ovat suurten painovoima-anomalioiden alueella, yleensä reunan läheisyydessä. Jo kuvankäsittelymenetelmin voidaan Bouguer-anomaliaa havainnollistaa paljon yksityiskohtaisemmaksi. Liitteessä 10 on vinovalaistu Bouguer-anomaliakartta, jolloin isommat yksittäiset intruusioiden alkavat erottua ja huomataan joitakin rakennepiirteitä intruusioiden sisältäkin.

Samasta mittausaineistosta voidaan saada paljon enemmän irti erilaisin matemaattisin operaattorein, joilla voidaan suodattaa eri aallonpituuksia ja korostaa tietyn kokoluokan lähteiden aiheuttamia anomalioita. GTK:ssa on jo useiden vuosien ajan käytetty alueellisen painovoimamittauksen tulosten tarkastelussa Bouguer-anomalian 2. vertikaaliderivaattaa ja horisontaaligradiienttia.

Bouguer-anomalian **horisontaaligradienti** korostaa Bouguer-anomalian muutoskohtia anomalian aiheuttajan reunoilla. Näin ollen se korostaa nimenomaan rakennepiirteitä. Tämä tulee hyvin esille liitteessä 11, jossa on Bouguer-anomalian ja sen horisontaaligradientin yhdistelmäkartta. Tässä hankkeessa eniten käytetty komponentti alueellisen painovoimakartoituksen muunnoksista on **2-vertikaaliderivaatta**. Muunnoksen luonteeseen kuuluu, että se korostaa tiettyä aallonpituutta. Tällä muunnoksella voidaan korostaa alueellisen painovoimamittauksen anomalian aiheuttajat, joiden kokoluokka vaakaleikkauksessa on parhaimmillaan 300m x 300m, jolloin operaattorina on käytetty 500m. Tämä operaattori on hankkeessa eniten käytetty ja se edustaa minimikokoa, joka tästä alueellisesta painovoima-aineistosta saadaan esille. Pienemmät aallonpituudet sisältävät pääasiassa kohinaa, mutta suuremmilla aallonpituuksilla voidaan korostaa isompien yksiköiden ja syvältä tulevia anomalioita. Tämä edellyttää havaintoaineistolta pistetiheyttä 6 pistettä /km<sup>2</sup>, mikä on GTK:n nykyisessä painovoimakartoituksen mittauksissa yleisimmin käytetty. Tästä kartasta on esimerkki liitteessä 13, jossa on harmaasävyinä myös aeromag-

neettisen totaalianomalian standardipoikkema-anomalia.

*Matalalentoaineisto ja yhdistelmäkartat*

GTK:n matalalentoaineisto kattaa koko toiminta-alueen ja tämä luo hyvän pohjan geologiselle kartoitukselle. Matalalentomittauksen menetelmistä tässä hankkeessa eniten käytetty on magneettinen mittaus. Usein jo magneettiselta totaalianomaliakartalta saadaan hyvä kuva geologisesta rakenteesta ja kivilajiyksiköistä. Eri menetelmien yhdistelmäkartoilla saadaan korreloitua osa fysikaalisten ominaisuuksien yhdistelmistä kivilajiyksiköihin, metamorfoosiasteeseen ja eri syvyysleikkauksia edustaviin yksiköihin. Esimerkkinä tällaisesta kartasta on liitteen 12 gravimetrisen Bouguer-anomalian ja aeromagneettisen totaalianomalian yhdistelmä.

Johdannaiskarttojen soveltuvuudesta nikkelimalmien etsintään on tässä hankkeessa saatu erinomaiset kokemukset. Yhdistelmä painovoimamittauksen 2. vertikaaliderivaatta ja aeromagneettisen mittauksen standardipoikkeamakartta osoittautui ylivoimaiseksi esikartoittajien ja lohkarieksijöiden käytössä. Aeromagneettinen standardipoikkeamakartta korostaa magneettisen anomalia heikkoja amplitudeja samalla suhteellisesti voimakkaita amplitudeja vaimentaen. Tällöin saadaan esille myös heikosti anomaaliset rakennepiirteet magneettisesti jopa lähes neutraaleilta alueilta. Tämä mahdollisti joissakin tapauksissa jopa kiisuuntumien löytämisen aeromagneettisen aineiston perusteella. Toisaalta 2. vertikaaliderivaattakartta paljasti painovoima-anomalian aiheuttajat ja johdatti siten tutkimaan niitä magneettisia anomaliaita, jotka liittyivät läheisesti emäksisiin intruusioihin.

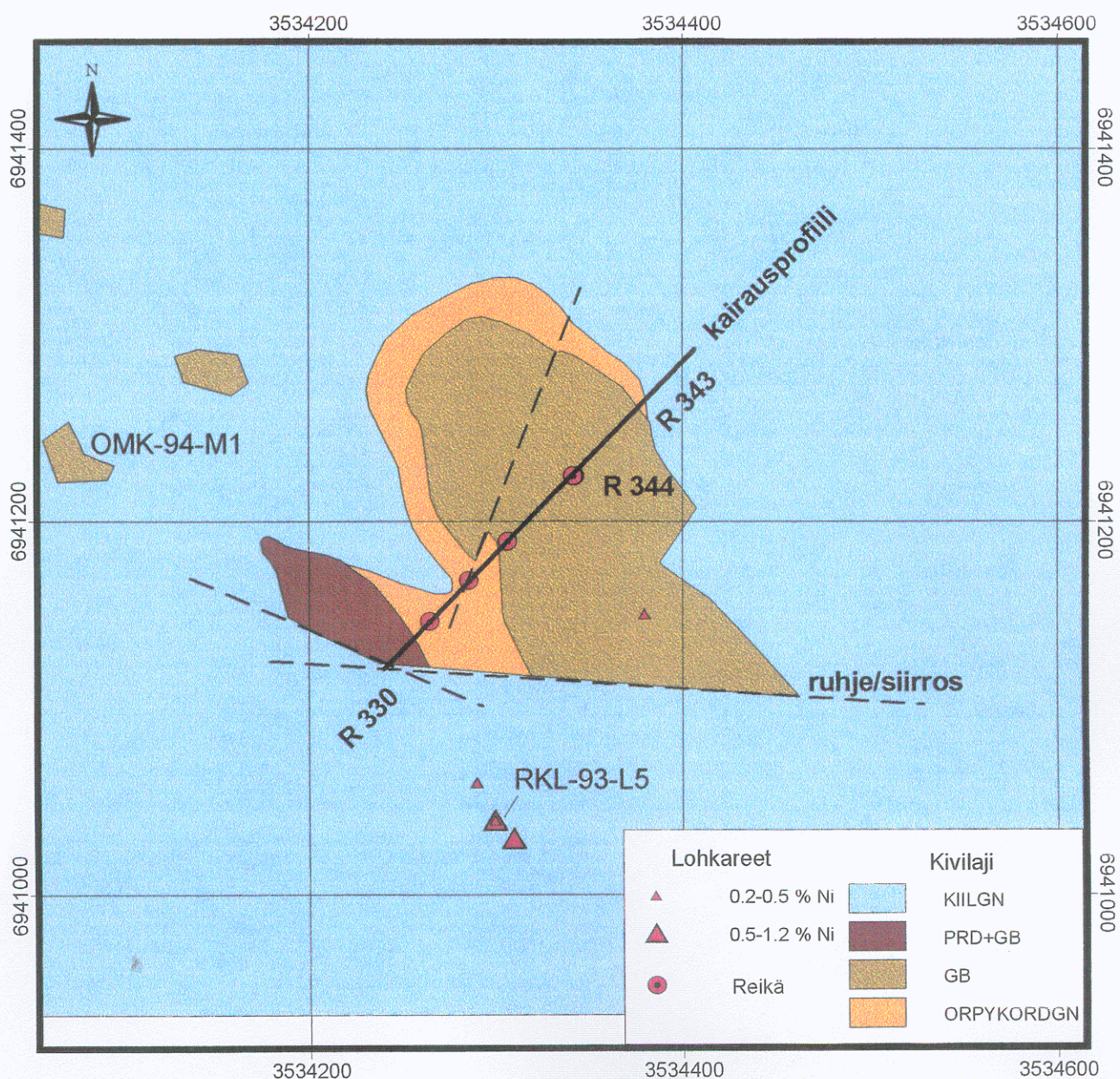
## INTRUUSIOIDEN JA NIKKELIKUPARIESIINTYMIEN GEOLOGIA

### Intruusioiden geologia

Seuraavissa kappaleissa kuvataan Ni-hankkeen tutkimien intruusioiden suhde ympäristöön, litologia ja sisäinen stratigrafia pohjaksi intruusioiden litogeokemialliselle tarkastelulle. Intruusioiden sijainti näkyy liitteen 1 kartasta.

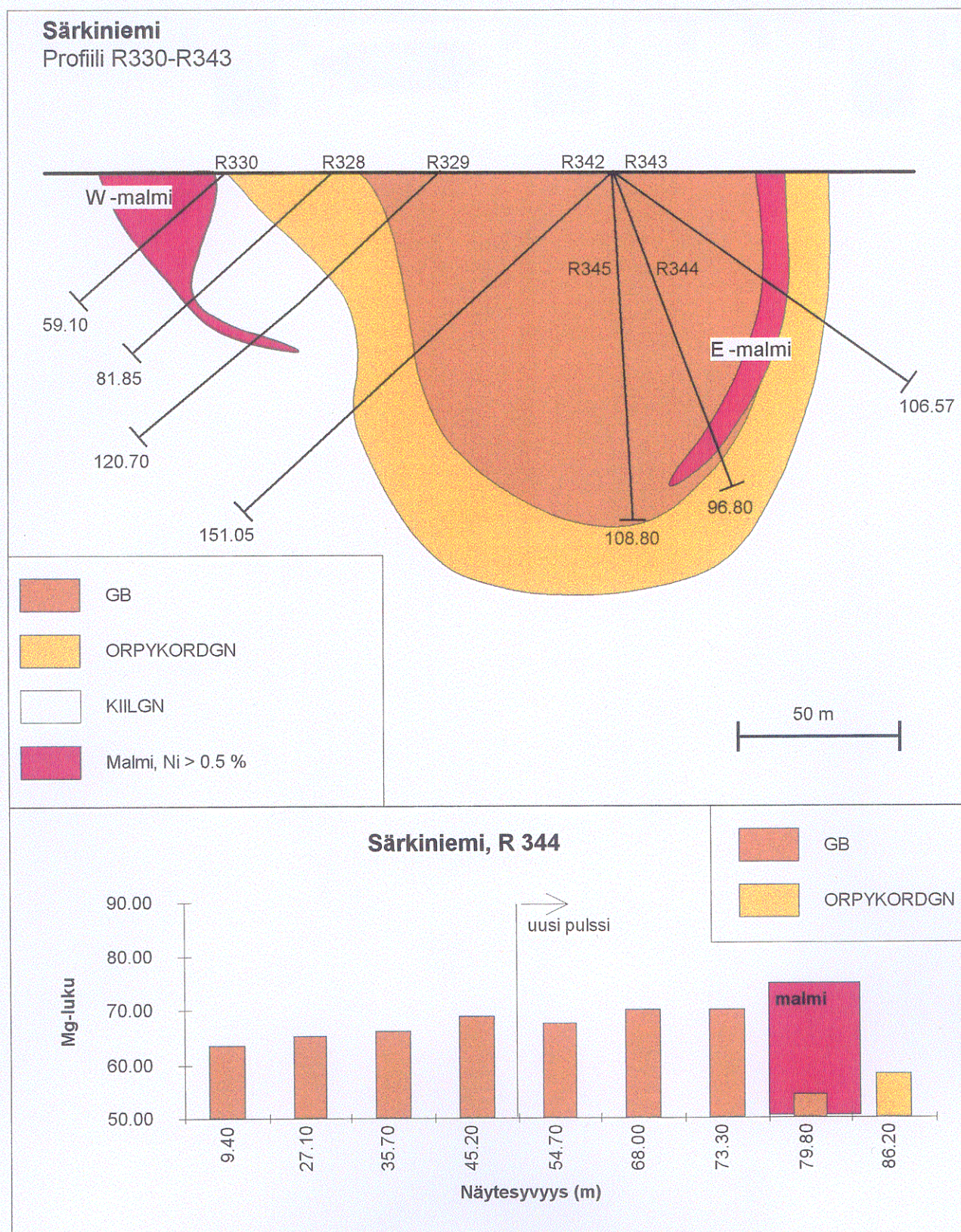
#### *Leppävirta, Särkiniemi*

Särkiniemen intruusio sijaitsee korkean metamorfoosiasteen migmatiiteissa laajojen hirtovyöhykkeiden (Arkkuselkä ja Särkilähti) välissä ja muutenkin litologiaan vaikuttaa suuresti kivilajiyksiköiden pilkkoutuminen (schollen-migmatiitit) ja mahdollisesti samassa yhteydessä etelästä tai kaakosta tapahtunut ylityöntyminen.



Kuva 48. Särkiniemen intruusion geologia.

Fig. 48. Geology of the Särkiniemi intrusion.



Kuva 49. Poikkileikkaus profiililta R330-343 Särkiniemessä ja Mg-luvun vaihtelu reiässä 344.  
Fig. 49. Cross-section trough the profile BH 330-343 at Särkiniemi and Mg-number in BH 344.

Särkiniemen alueella on useita pienempiä gabromurskaleita, mutta suurimman yhtenäisen gabro-yksikön läpimitta on suunnilleen 100 x 200 m (Kuva 48). Yksikkö koostuu W-osan peridotiitista ja itäosan gabrosta. Peridotiitissa on paikoin primääri oliviini, paikoin kivi on täysin muuttunut amfibolikiveä ja yksikkö on kokonaisuudessaan voimakkaasti kiisuuntunut (Kuva 49). Gabron koostumus vaihtelee vaaleasta, osin ofiittisesta leukogabrosta pyrokseenigabron kautta vaaleaan oliviinigabroon. Gabro on

heikosti kiisuuntunut monin paikoin, mutta varsinainen malmi on sen itäkontaktissa. Varsinkin isomman gabrokappaleen ympäri kiertää hienorakeinen usean metrin, jopa kymmenen metrin paksuinen hornfels (Kuvat 48 ja 49), jossa on suhteellisen runsaasti magneettisen anomalian aiheuttavaa hienorakeista magneettikiisua. Hornfelsistä puuttuu lähes täysin neosomiaines ja mineralogialtaan se vaihtelee biotiittiamfiboligneissistä pyrokseenikordieriittigneissiin ja pyrokseenigneissiin. Paikoin on hyvin vaikea erottaa pyrokseenigabroa hypersteenirikkaasta hornfelsistä muuten kuin Ni-pitoisuuden perusteella. Gabromuodostumaa ja samalla malmia leikkaavat graniittiset juonet ja suonet sekä maksimissaan muutaman metrin levyiset diabaasijuonet. Myös vanhempia deformatiivisia intermediaarisia ja mafisia juonikiviä esiintyy.

Kuvan 49 diagrammin perusteella Mg-luku näyttäisi hieman kasvavan kohti itäkontaktia R 344:ssä. Malmin kohdassa Mg-luku laskee jyrkästi, vaikka laskuissa onkin tehty sulfidikorjaus. Gabro on makroskooppisestikin heterogeenista ja toisinaan on havaittavissa selviä faasirajoja, kuten kuvan 49 Mg-luvun vaihtelun perusteellakin voi päätellä. Pyrokseenikordieriittigneissin Mg-luku ei poikkea kovin paljoa gabron vastaavasta.

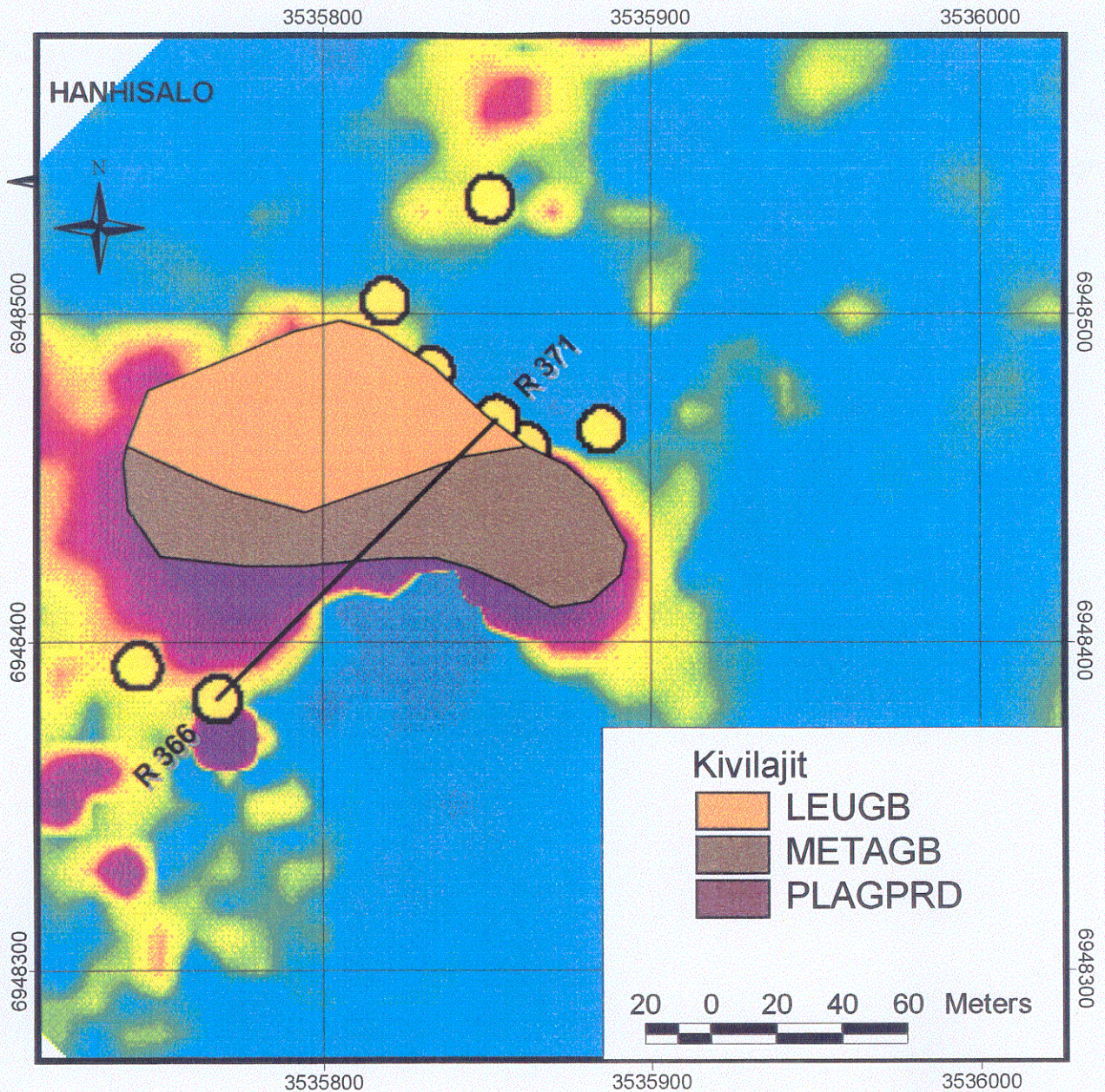
Gabron ja peridotiitin kontaktit ovat useimmiten hiertyneitä ja ainakin etelään ja lounaaseen selvästi ruhjeeseen rajoittuvia. Jos gabron kontaktissa on hornfelsiä, hiertosaumamat ovat vasta kiillegneissin kontaktissa. Itäinen gabron pohja näyttäisi kallistuvan n. 30-40 °:een kulmalla kaakkoon, mutta peridotiittikappaleella ei ole vastaavaa kenttäkaadetta, koska se rajoittuu kaikkialla ruhjeisiin. Intruusion "murskaleluonteesta" ja pilkkoutumisesta päätellen intrudoituminen on tapahtunut viimeistään D<sub>2</sub>-vaiheen alussa peliittiseen ympäristöön (hornfels), mutta on voimakkaasti fragmentoitunut D<sub>3</sub>:ssa ja D<sub>4</sub>:ssa. Saattaa olla, että Särkiniemen intruusio on kappale etelämpänä sijaitsevan intruusion (ks. Liite 1) pohjaosaa.

### *Leppävirta, Hanhisalo*

Hanhisalon saaren alueella sedimenttiset kivilajit ovat heikosti tai korkeintaan kohtalaisesti migmatoituneita. Suurimmaksi osaksi paljastumat ovat hiekkaisia metaturbidiitteja, joissa on yleisesti kalkkisirilikaatti-välikerroksia ja paikoin amfiboliittisia raitoja. Migmatoitumisaste kasvaa etelään ja länteen Hanhisalosta.

Hanhisalon gabrointruusio on pystyasentoinen, läpimitaltaan n. 150 x 80 m:nen piippu (Kuva 50), joka näyttäisi osin leikkaavan ja osin suhtautuvan konformisti ympäröiviin liuskeisiin. Gabrointruusion kenttäkaade noudattaa ilmeisesti paikallista F<sub>3</sub>-poimuaksien suuntaa, mikä kaatuu jyrkästi luoteeseen tai pohjoiseen. Itäpää (kokonaan metagabroa) on matala länteen viettävä kaukalo, joka yhtäkkiä profiiliin R366-371 (Kuvat 50 ja 51) paikkeilla kääntyy pystyyn. Tällä paikoin on gabroa leikkaava graniittitunut, suunnilleen N-S -suuntainen ruhje.

Intruusio koostuu mafisesta kummingtoniittigabromassasta, jota reunustaa epäyhtenäinen leukogabro (sarvivälkegabro) tai dioriitti (Kuva 50). Vain kummingtoniittigabro on mineralisoitunut. Kummingtoniittigabro on ilmeisesti kiteytynyt alunperin pyrokseenigabrona, sillä jäänteitä pyrokseenista on jäljellä vähemmän muuttuneissa osissa. Kummastakin gabrotypistä on todettu jäähtymisreunus: Liite 7, näyte R310/36.10-36.40 (metagabro) ja näyte R371/11.00 (leukogabro). Metagabron reunus on tiivis, heikosti ofiittinen, n. 30 cm leveä ja koostumukseltaan suhteellisen emäksinen (MgO = 12.20 %). Leukogabron jäähtymisreunus ei ole yhtä selvästi erottuva yksikkö ja MgO-pitoisuus on huomattavasti alhaisempi (4.57 %). Malmiutuneen metagabron jäähtymisreunuksesta voisi arvailla, että intruusioon kuuluisi myös ultramafisia osia, mutta jollakin muulla leikkaustasolla. Kuten kuvasta 51 näkyy, intruusion S-reunan metagabro on mineralisoitunut ja R 371 :stä otetun näytesarjan Mg-luvun perusteella gabrotypit eroavat selvästi toisistaan, mutta tyyppien sisäisellä koostumusvaihtelulla ei ole selvää trendiä. Tässäkään tapauksessa Mg-lukuun tehty "sulfidikorjaus" ei ilmeisesti ole ollut riittävä. Profiilin viimeisen näytteen (214.50) kivilajimääritys on epävarma.



Kuva 50. Hanhisalon intruusion pintaleikkaus esitettyä magneettisella kartalla. Keltaiset ympyrät ovat kairanreikien paikkoja.

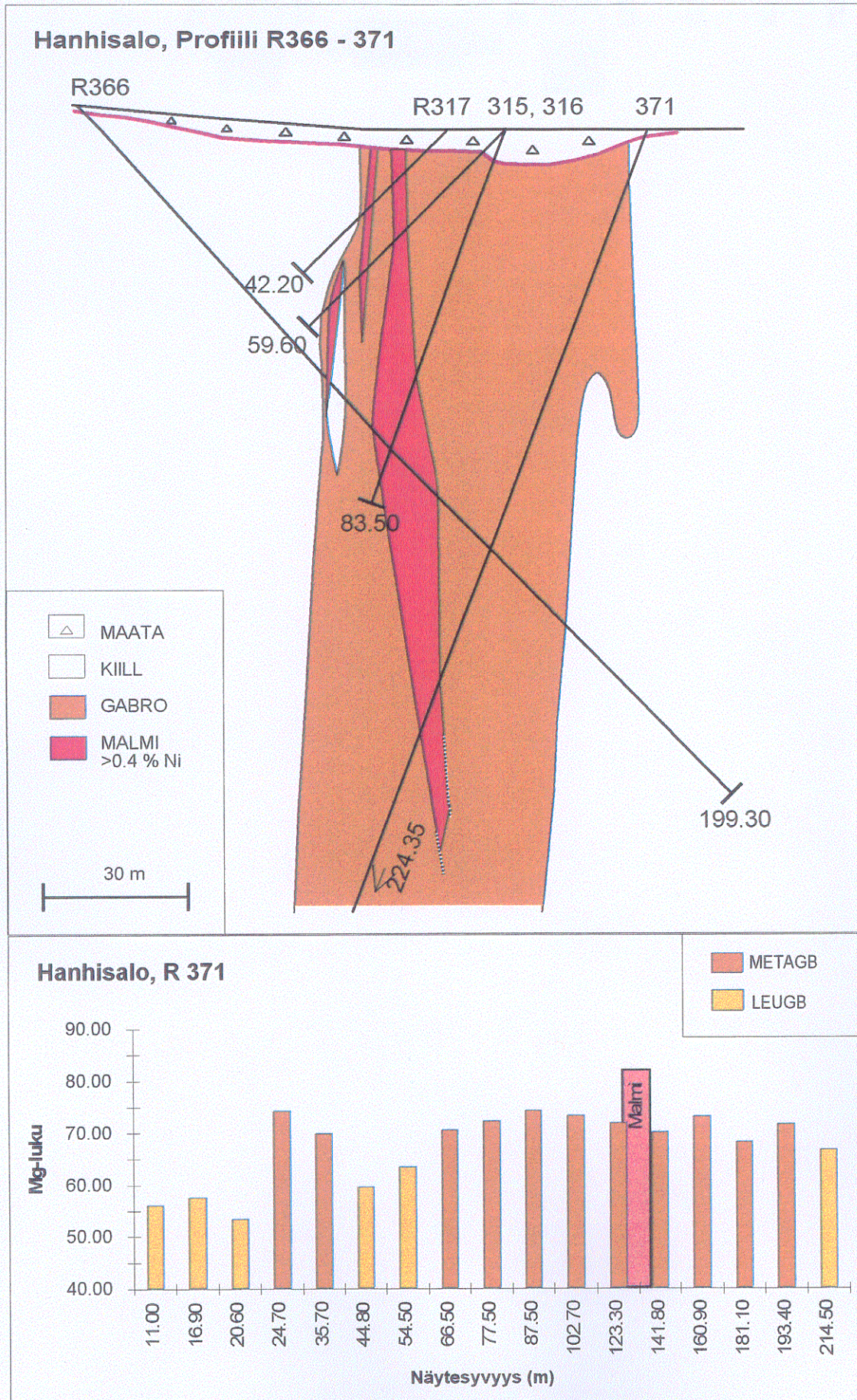
Fig. 50. Surface section of the Hanhisalo intrusion presented on the magnetic map. Yellow circles are sites of the bore holes.

### Leppävirta, Naistenrako

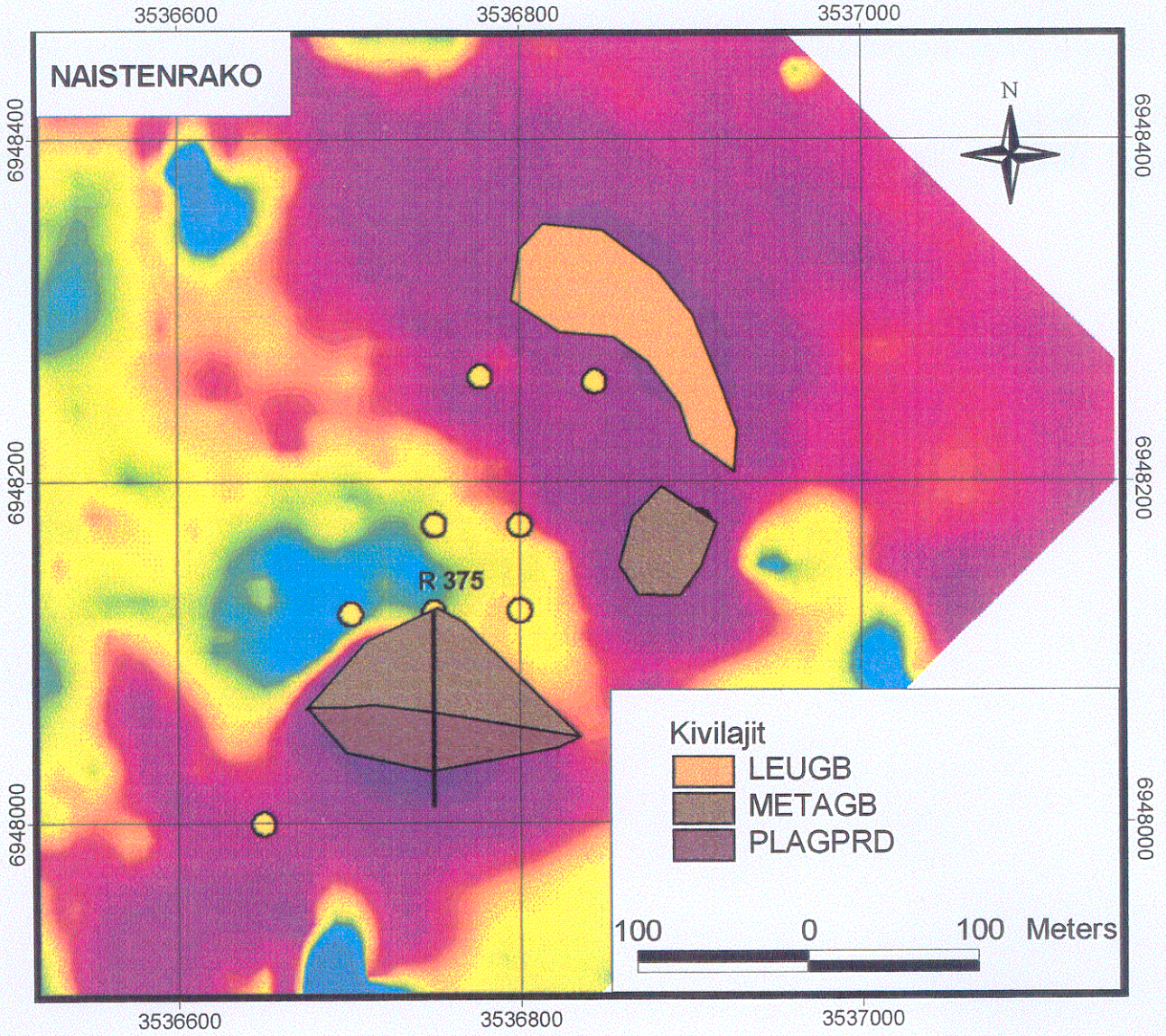
Naistenraon alueella on laajahko leukogabro-dioriitti -muodostuma ja pienempi amfiboligabro-oliviinigabro-plagioperidotiitti -muodostuma (kuva 52), joka on eteläreunastaan mineralisoitunut. Tarkemmin tutkittulla jälkimmäisellä, varsinaisella Naistenraon intruusiolla on ainakin etelään, luoteeseen ja koilliseen tektoniset kontaktit. Sisäänpäin kaatuvien kontaktien takia intruusiosta syntyy alaspäin kapeneva suppilo. Intruusion N-puolella on tyypillisiä Hanhisalon hiekkaisia sedimenttejä, mutta S-puolella on selvästi korkeamman asteen suonignessejä.

Reiän 375 näytteissä (kuva 53) näkyy selvästi vähittäinen Mg-luvun kasvu siirryttäessä metagabrosta oliviinigabron kautta plagioperidotiittiin. Sama trendi on havaittavissa oliviinin koostumuksessa. Profiilin viimeinen näyte on kontaktin sekalaisesta ja voimakkaasti hiertyneestä sekä kiisuuntuneesta metagabrosta. Naistenraon metagabro muistuttaa suuresti Hanhisalon vastaavaa, joten Hanhisalosta puuttuva ultramafiitti saattaisi olla näkyvillä Naistenraossa.

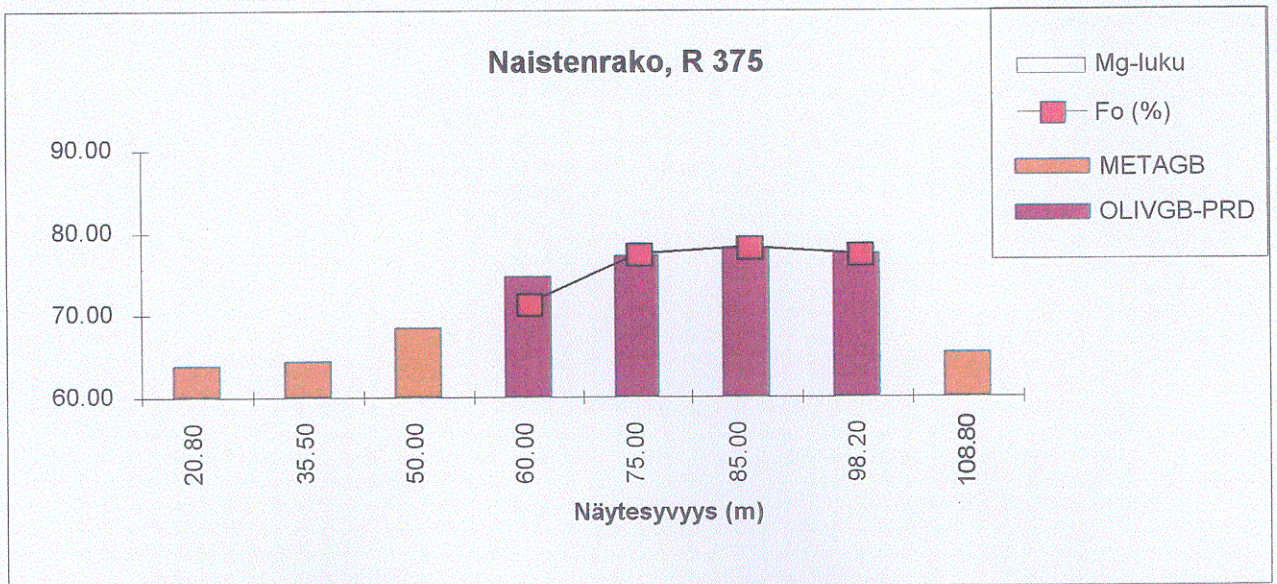




Kuva 51. Poikkileikkaus profiililta R366-371 Hanhisalosta ja Mg-luvun vaihtelu reiässä 371.  
 Fig. 51. Cross-section of the profile BH 366-371 at Hanhisalo and Mg-number in BH 371.



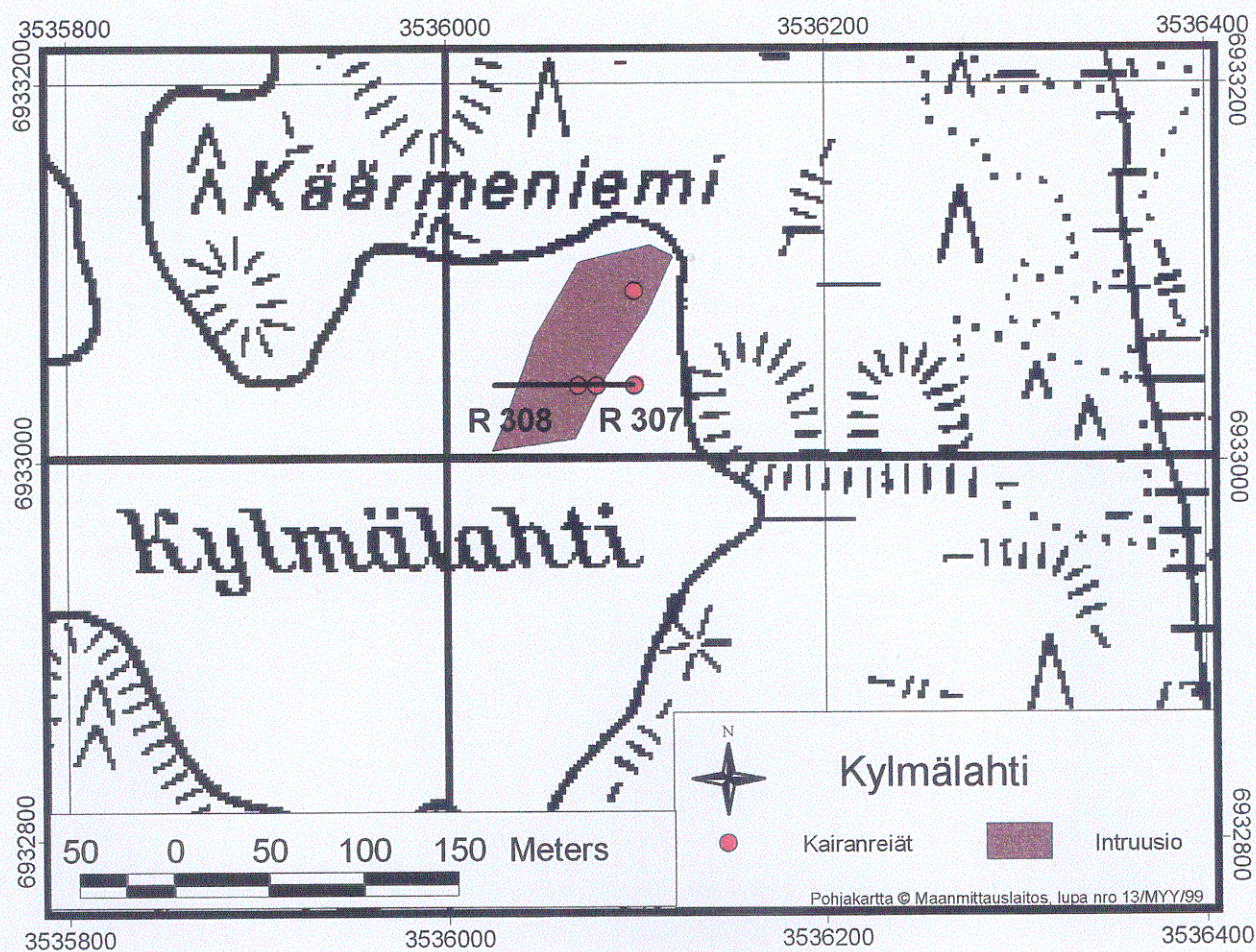
Kuva 52. Pintaleikkaus Naistenrajo intruusiosta esitettyä magneettisella kartalla. Keltaiset ympyrät = kairanreiğiä.  
 Fig. 52. Surface section of the Naistenrajo intrusion presented on the magnetic map. Yellow circles = bore holes.



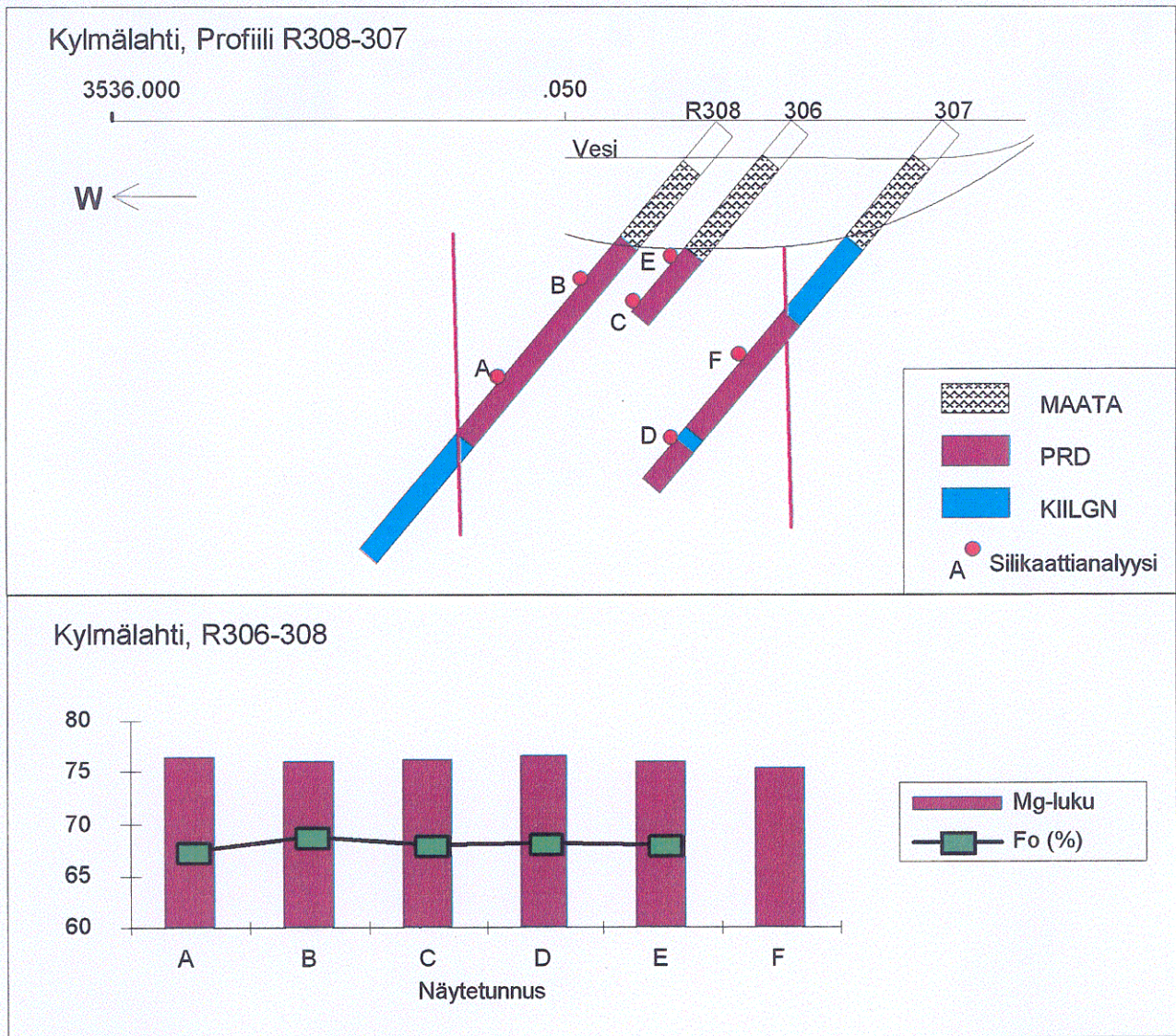
Kuva 53. Mg-luvun ja oliiviinin Fo-pitoisuuden vaihtelu Naistenrajo reiässä 375.  
 Fig. 53. Mg-number and Fo-content of olivine in BH 375 at Naistenrajo.

*Leppävirta, Kylmälahti*

Kylmälahden pohjukasta tavoitettiin kairauksin n. 50 m leveä intruusio kiillegneissiympäristössä (kuva 54). Kivi on voimakkaasti hiertynyttä, mutta kuitenkin suhteellisen homogeenista peridotiittia (OLIV-ORPY-kumulaatti). Interkumuluksena on muuttumisesta riippuen joko klinopyrokseenia tai rusehtavaa amfibolia sekä sulfideja. Paikoin reunavyöhykkeessä on metapyrokseeniittia tai hornblendiittia. Muodostuman ulkopuolella kiillegneississä on runsaasti karkeita hornblendiittisulkeumia ja muita mafisia sulkeumia, kuten yleensä alueen migmatiiteissa. Intruusion poikki otetun näytesarjan (kuva 55) perusteella Mg-luku ja oliiviinin koostumus ei vaihtelee muodostumassa.



Kuva 54. Pintaleikkaus Kylmälahden intruusiosta.  
 Fig. 54. Surface section of the Kylmälahti intrusion.



Kuva 55. Poikkileikkaus Kylmälahden intruusiosta, Mg-luku ja oliivin Fo-pitoisuus rei'issä 306-308.  
 Fig. 55. Cross-section of the Kylmälahti intrusion, Mg-number and Fo-content in olivine of BH 306-308.

### Leppävirta, Koirus N

Koirusvedeltä tunnetaan kaksi suurempaa intruusiota, joita ko. tutkimuksissa on nimitetty maantieteellisen sijaintinsa perusteella Koirus N:ksi ja Koirus S:ksi. Koirus N -intruusiosta tehdään myöhemmin esiintymäkohtainen raportti, joten tässä yhteydessä se kuvataan vain pääpiirteissään. Koirus N -intruusio ei ole paljastuneena. Kairausten sekä gravimetrisen ja magneettisen anomalian perusteella se on pintaleikkauksessaan n. 2.5 km pitkä ja 0.5-1.0 km leveä. Intruusion asento ja syvyysulottuvuus on epäselvä, mutta magneettisen anomalian tulkinnan perusteella intruusion magneettiset osat jatkuvat n. 400 m:n syvyyteen melko pystyinä. Intruusioon kairattu syvin reikä (R451) ulottuu n. 300 m:iin (kuvat 56 ja 57). Kontakteja ei kairauksissa ole lävistetty, mutta lähialjastumien perusteella intruusiota ympäröivä kivi on kiillegneissi.

Intruusio koostuu pääosin gabrosta, joka kairauksin tutkitussa osassa (R451) on pääosin noriittia. Päämineraaleina ovat plagioklaasi, ortopyrokseeni ja joskus myös biotiitti tai klinoamfiboli. Noriitin yhteydessä esiintyy paikoin myös pyrokseenigabroa, jossa on sekä ortopyrokseenia että klinopyrokseenia päämineraaleina. Pyrokseeniittia, joka koostuu lähes yksinomaan ortopyrokseenista on välikerroksina gabrossa.

Pintaleikkauksessa intruusion keskellä on serpentiniittiä kahtena erillisenä osana (kuva 56). Oliiviinista näkyy jäänteitä useimmissa tutkituissa näytteissä. Myös plagioklaasia esiintyy kivessä ja oliiviinin ja plagioklaasin välillä on ortopyrokseenista, klinoamfibolista ja spinellistä koostuva reaktiosauha. Reiän 451 loppuosa lävisti pyrokseeniittiä, jossa päämineraalina on yksinomaan ortopyrokseeni. Oliiviinia on kivessä aina, paikoin lähes 10 %; muita yleisiä mineraaleja ovat plagioklaasi, biotiitti ja klinoamfiboli. Pyrokseeniitti on lähes yhtä emäksistä kuin serpentiniitti ja reiän loppua kohden MgO kasvaa hieman (vrt. kuva 57).

#### *Leppävirta, Koirus S*

Koirus S -intruusiota on tutkittu Outokumpu Oy:n toimesta 1970-luvulla (mm. Parkkinen 1972) ja GTK:n sekä Outokumpu Oy:n yhteistyönä 1980-luvulla (Makkonen and Ekdahl 1984). Viimeksi mainitussa työssä on esitetty intruusion litologia tarkemmin. Ni- hankkeen aikana kairattiin intruusioon kolme Poka-reikää ja tutkimuksista on tehty raportti M06/3241/97/1/10 (Makkonen 1997).

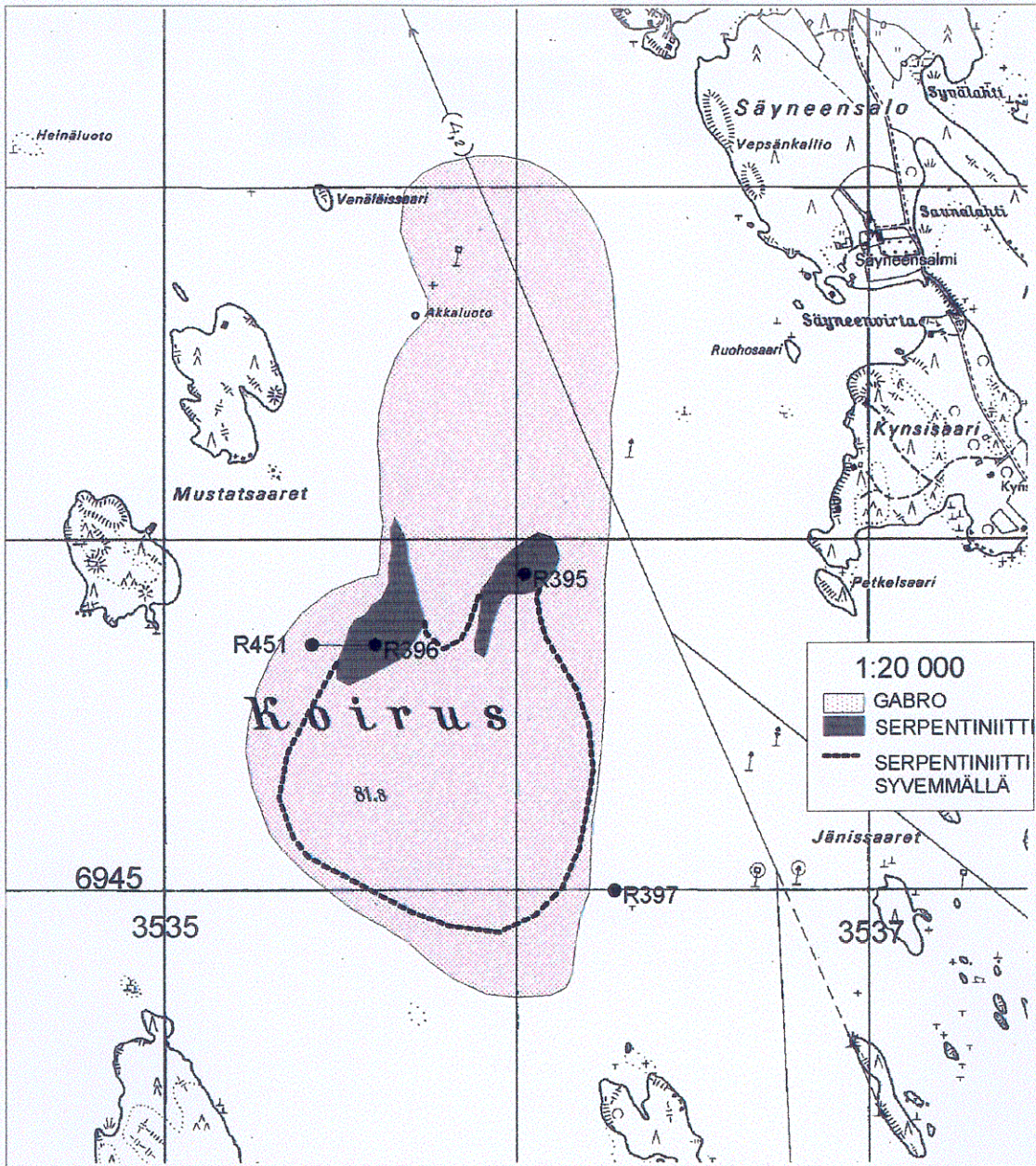
Intruusio on pintaleikkauksessaan halkaisijaltaan n. 1 km ja on paljastuneena pohjoisreunaltaan muutamissa saarissa. Se koostuu pääosin pyrokseenigabrosta ja noriitista. Intruusion keskellä on lounas-koillis -suuntainen, vajaan kilometrin pituinen ja n. 50-100m paksu peridotiitti-duniitti sekä pyrokseeniittiä. Intruusiota ympäröi kiillegneissi (kuva 58).

Kokokivianalyysien, oliiviinianalyysien sekä sulfidifaasin Ni/Co -suhteen perusteella peridotiitin primääri pohja on kaakkoisreunassa (kuvat 58 ja 59).

#### *Leppävirta, Rytky*

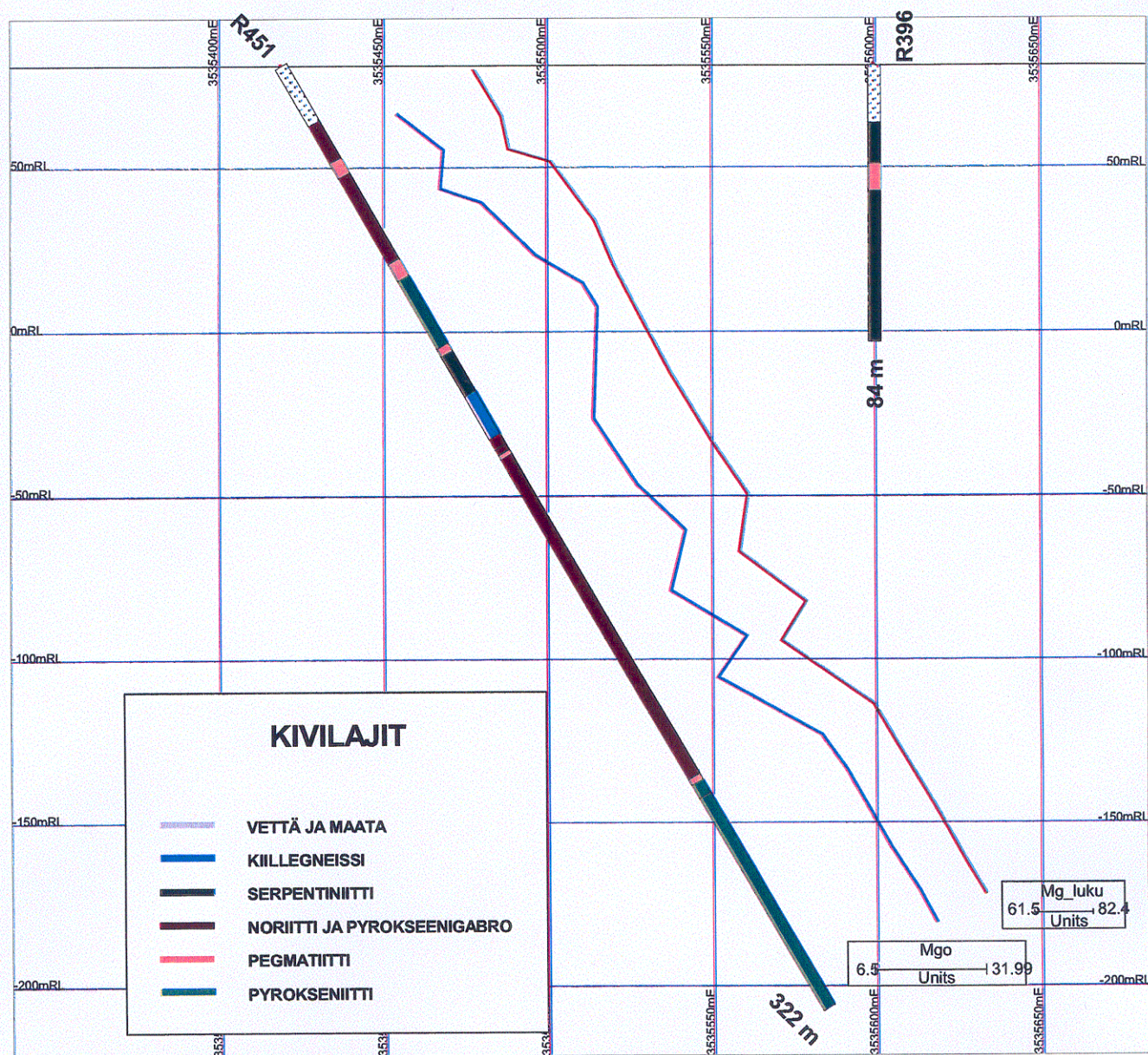
Rytkyn intruusio on pyöreämuotoinen ja sen pintapuhkeama jakaantuu kahteen osaan (Kuva 60). Vain NW-puoleinen osa on paljastuneena maan pinnalla. Pintapuhkeamien välissä on suprakrustisia kiviä. Pintapuhkeama on n. 800 x 300 m:n suuruinen, ja tektonisten havaintojen ja painovoimamittausten perusteella intruusion mittasuhteet laajenevat alaspäin. Selvimmin tämä näkyy kohteen SE-osassa, missä kontaktin kaade SE-suuntaan on n. 45° (Kuva 61). Samassa suunnassa on sivukivistä mitattu venymä 157/45°, mikä on yhdensuuntainen laajemmalti kohteen SE-puolella olevien D3-rakenteiden kanssa (Särkiniemi, Heimonvuori). Intruusion N-osa rajoittuu proterotsoosiin suprakrustisiin kiviin jäähtymis-reunusten kautta, mutta SE-osan tektoninen kontakti on arkeisia tonaliittigneissejä vasten.

Muodostuma on kerrosintruusio, jossa N-S suuntaisten kerrosten paksuudet vaihtelevat n. 1 - 25 m:n välillä ja muodostuman stratigrafinen pohja on E-suuntaan. Tyypillisimmillään kerroskohtainen kivilajivaihtelu näkyy paljastumilla mela-leukogabron vaihettumina. Emäksisimmät Rytkyn kivilajit ovat laminaarisesti kiteytyneitä oliivinigabroja (plagioperidotiitti?), joita tavataan muutamina n. 2 m paksuisina kerroksina muodostuman SE-osassa. Niitä on kuitenkin hyvin vähän (n. 1 %) suhteessa muihin kiviin. Pyrokseeniitteja ja pyrokseenigabroja on eniten intruusion SE-osassa. Pyrokseeniiteissa on vähän kromiittirakeita, jotka ovat osaksi syöpyneitä. Gabrot vaihettuvat aukottomasti dioriiteiksi, joita on runsaimmin intruusion NE-osassa. NE-osan reunoilla ja muutamain paikoin kerrosten sisällä tavataan amfiboliittisia ja uraliittiporfyyriittimäisiä reunamuunnoksia. Kivien orto- ja klinopyrokseeni on muuttunut vaihtelevassa määrin kummingtoniitiksi ja amfiboliksi. Paikoin esiintyy kloriittiä. Pegmatiittisten juonien läheisyydessä muuttuminen on ollut voimakkainta.



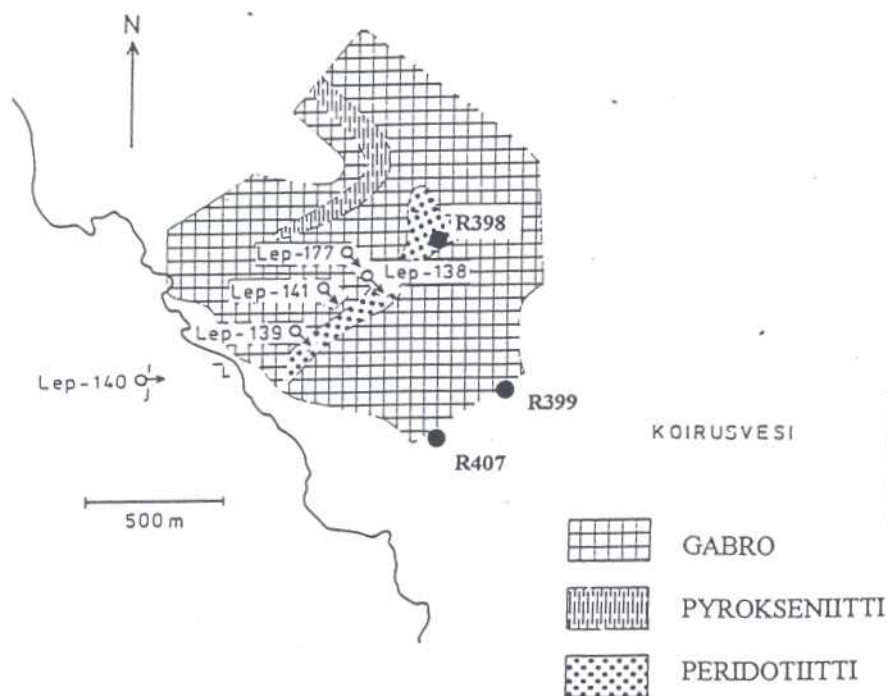
Kuva 56. Koirus N -intruusion pintaleikkaus.  
 Figure 56. Surface section of the Koirus N intrusion.

## KOIRUS N



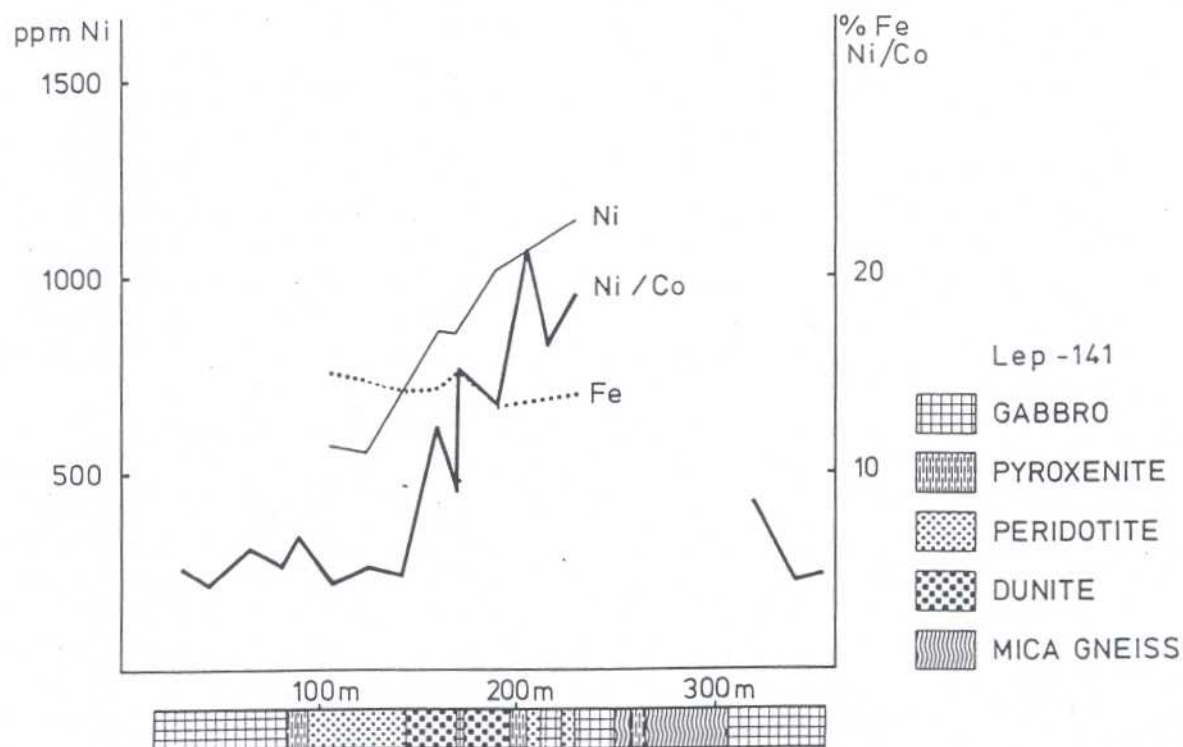
Kuva 57. Kokokiven MgO (%) ja Mg-luku reiässä 451.

Figure 57. Whole rock MgO (%) and Mg-number in BH 451.



Kuva 58. Koirus S -intrusion pintaleikkaus Parkkisen (1972) mukaan.

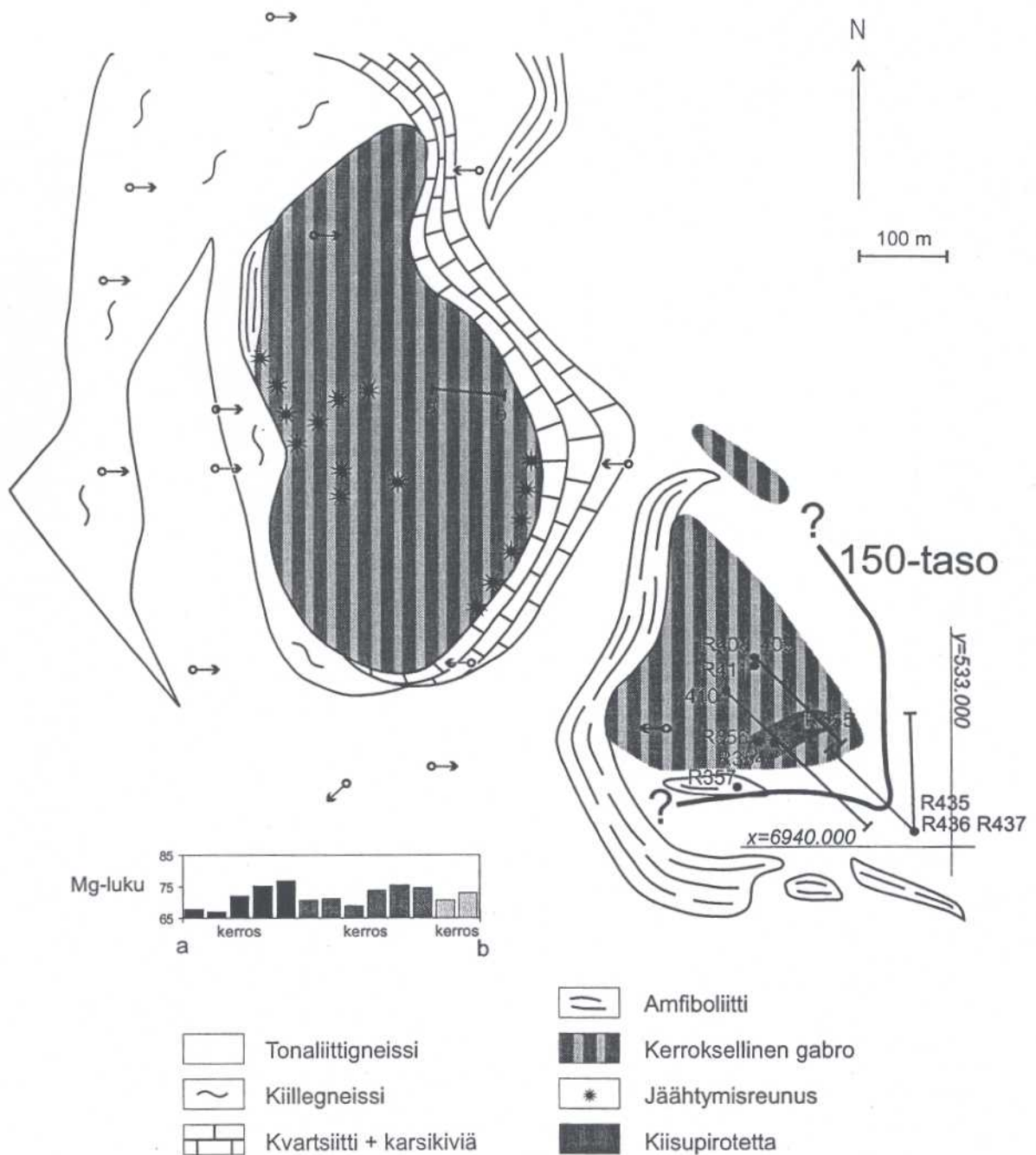
Figure 58. Surface section of the Koirus S intrusion after Parkkinen (1972).



Kuva 59. Oliiviinin Ni- ja Fe-pitoisuus sekä sulfidifaasin Ni/Co-suhde reiässä Lep-141. (Kuva 13, Makkonen & Ekdahl 1984).

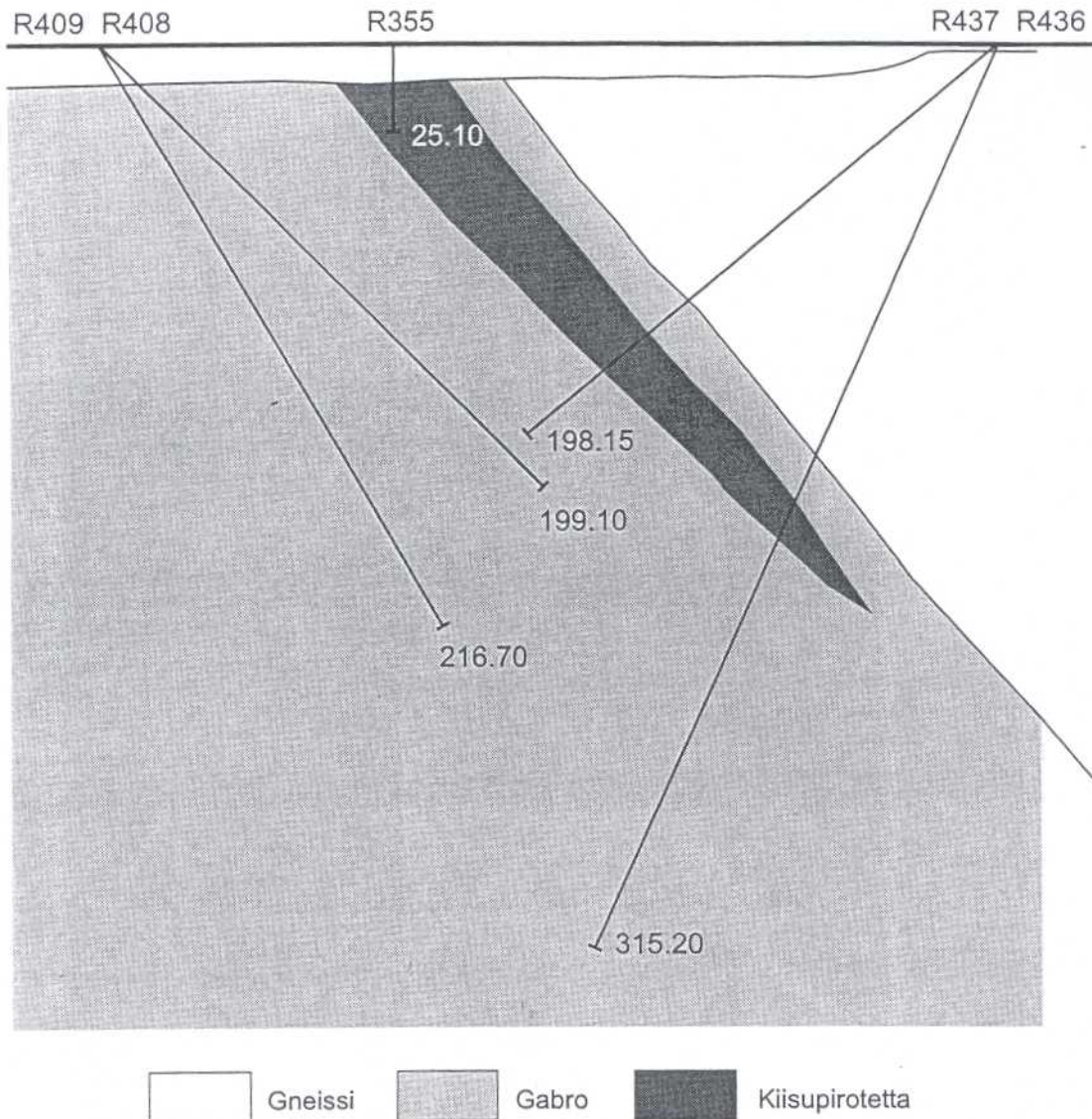
Figure 59. Olivine Ni and Fe contents and Ni/Co ratio of the sulfide fraction in BH Lep-141. (Fig. 13, Makkonen & Ekdahl 1984).





Kuva 60. Rytkyn alueen geologinen kartta. Kartta on mukaeltu Gaálin (1980) esityksestä. GTK:n teettämät kairareivät on numeroitu. Outokumpu Oy:n teettämässä kairareijissä ei ole numerointia.

Figure 60. Geological map of the Rytky area. The map is based on the presentation of Gaál (1980). Drill holes made by GTK are attached by the numbers. There are no numbers on the drill holes made by Outokumpu Co.



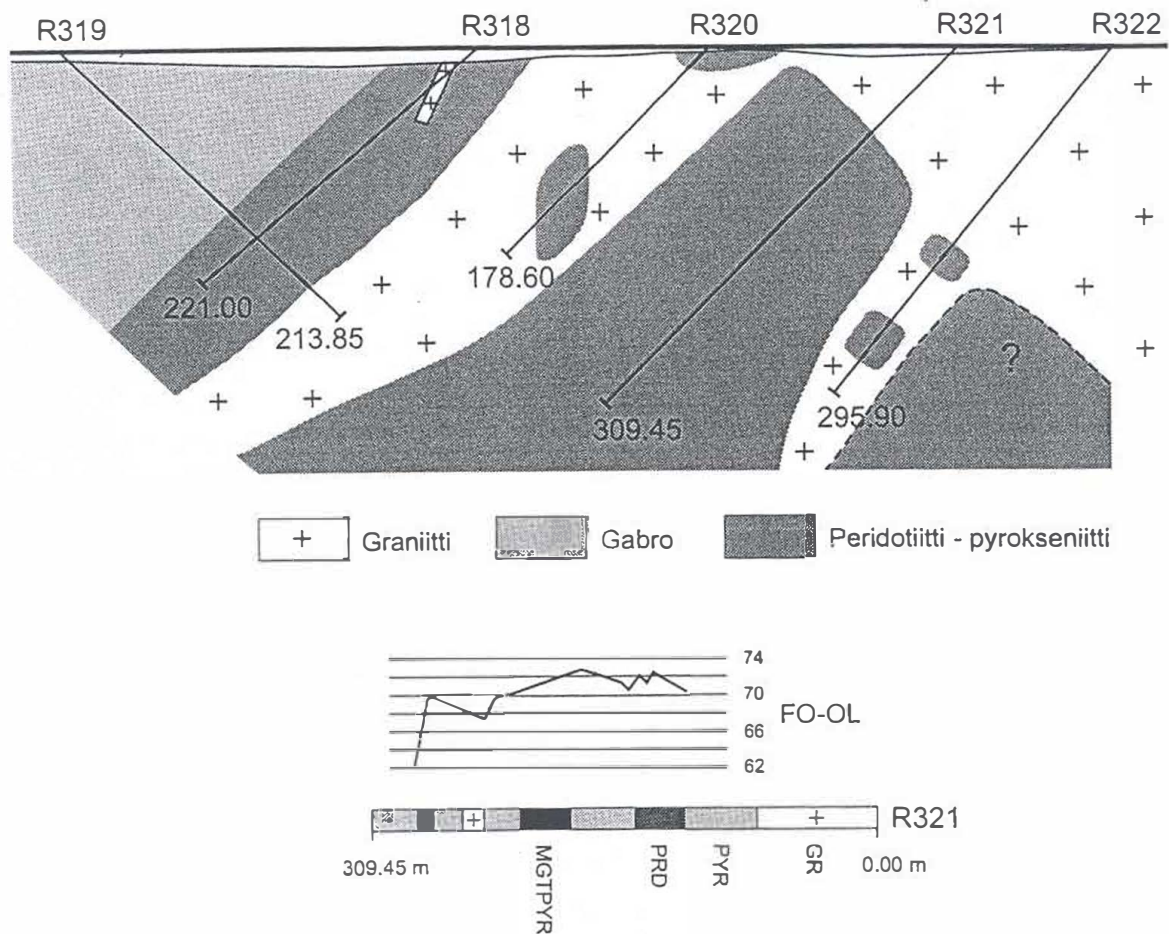
Kuva 61. Kairausprofiili Rytkyn intruusion kaakkoisosasta (kts. kuva 60).

Figure 61. Cross section through the SE-part of the Rytky intrusion (see fig. 60).

### Leppävirta, Luusniemi

Luusniemen kohde (Mäkinen & Forss 1998a) koostuu gabro- ja peridotiitti-pyrokseeniittimuodostumasta, joiden kontakti kairauslävistyksessä on tektoninen. Ultramafisen osan pintaleikkaus on läpimitaltaan n. 1 km ja gabro-osan suurimmillaan n. 5 km (Kuva 62). Ultramafinen osa on kartion muotoinen ja reunojen kaadukulmat NW-SE-suunnissa on tulkittu n. 45°:ksi. Ultramafisen osan on todettu kairauksissa rajoittuvan granitoideihin, jotka myös pilkkovat intruusiota hyvin voimakkaasti. Suunnassa 45° on geofysikaalisia anomaliahuippuja, ja kohteen E-puolella on runsaasti pegmatiitteja ja granitoidisia kiviä, joiden keskellä olevan kiillegneissiosueen kulkusuunta on sama (99-JEM-95). Piirre on joko D3-konjugaatti- tai D4-akselitasorakenne; todennäköisesti vm., koska Särkiniemessä esiintyy runsaasti samansuuntaisia leikkaavia pegmatiittijuonisysteemejä (kts. raportin rakenneosa).

Ultramafisessa osassa tavataan peridotiitteja ja klinopyrokseenivaltaisia (oliviini)pyrokseeniitteja, magnetiittipyrokseeniitteja ja vain paikoitellen gabroja. Peridotiiteissa esiintyy magmaattista laminaarisuutta ja oliviini on paikoin syöpynyt voimakkaasti, minkä perusteella kiteytymisolosuhteet ovat oliviinin suhteen olleet epästabiilit.



Kuva 62. Kairausprofiili Luusniemen intruusiosta.  
 Figure 62. Cross section of the Luusniemi intrusion.

### Leppävirta, Heimonvuori

Heimonvuoren intruusio sijaitsee kiillegneissien keskellä, jotka ovat migmatoituneet etupäässä stromaattisesti (Mäkinen & Forss 1998b). Kohteen W-puolella on porfyyrisiä tonaliitteja. Intruusio on kaakkoon jyrkästi kaatuva suppilo, jonka dimensiot ovat suurimmillaan n. 70x70 m (Kuva 63). Kaade on samansuuntainen kuin ympäristön kiillegneisseistä mitatut F3-poimuakselit ja venymät. F3-poimut ovat tutkimusalueella oikeakätisiä. Intruusion reunoilla esiintyy heterogeenisiä ja paikoin amfiboliittisia gabro-pyrokseniittiluokan kiviä, joiden kontakti sivukiviin on tektoninen. Intruusion keskellä on plagioperidotiittinen osa, joka yläosassa vaihettuu säännöttömästi vähän oliviinia sisältäviksi pyrokseniiteiksi ja gabroiksi. Kivilajien vaihtuminen toisikseen tapahtuu n. 20 cm:n matkalla. Plagioperidotiitissa on heikkoa magmaattista laminaarisuutta.

### Leppävirta, Takkula

Takkulan kohde on kiillegneissien keskellä oleva gabro-pyrokseniitti-intruusio, joka on paljastuneena n. 120 m:n läpimittaisella alueella (Kuva 64). Vain kohteen E-puoleinen kontakti pystyttiin määrittelemään, ja paljastumahavaintojen mukaan se on tektoninen. Lähellä kontaktia sijaitsevat gneissit ovat kaoottisen näköisiä schollenmigmatiitteja, joissa on muutamia gabrofragmenteja. Gabron sisällä on myös kiillegneissisulkeumia, joista osa on lähes muuttumattomia kun taas osa kiillegneissistä on muuttunut amfiboliittimaiseksi gneissiksi. Trondhjemiittinen neosomi leikkaa gabroa säännöttömästi.

Mafisin kivilajiyksikkö on kohtalaisesti amfiboliutunut pyroksemiitti, jota on eniten muodostuman NE-osassa. Sitä leikkaa gabro, joka vaihettuu W-suuntaan amfiboliittiseksi tai uraliittiporfyyriittimäiseksi reunamuunnokseksi. Reunamuunnoskiviä paikoin gabropegmatoidin sulkeumina. Intruusion stratigrafinen pohja ilmeisesti on E-suunnassa. Magnesiumluvun perusteella ei voi tehdä päätelmiä intruusion stratigrafiasta.

#### *Rautalampi, Törmälä*

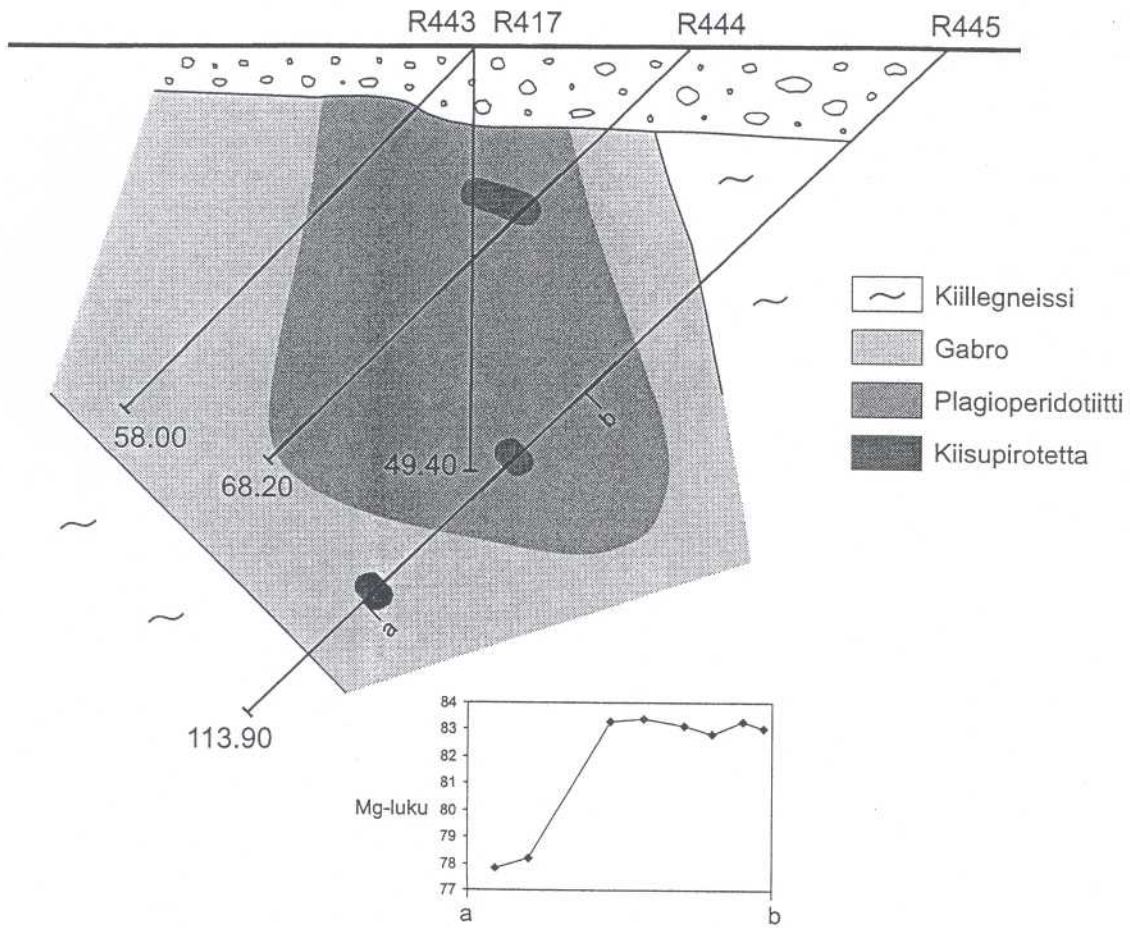
Rautalammin Törmälästä löysi A. Pääjärvi Pappilansalmen W-rannalta ja Etusaaren SE-puoliselta luodolta kartoitustyön yhteydessä gabropaljastumia. Törmälän ja "luodon" intruusio koostuu pääosin oliviinigabrosta ja plagioperidotiitista ja kivi sisältää kauttaaltaan vaihtelevasti sulfideja. Törmälän intruusion (kuva 65) kontaktit ovat sotkuisia ja useinmiten joko pyrokseenigabroa tai pyroksemiittia. Myös reunaosassa on sulfideja karkeana piroteena tai kiisubrekksiana. Alueella ovat vallitsevina korkean asteen gneissit, jotka koostuvat tonaliittigneissistä ja amfiboliittivälikerroksista. Mafiset intruusiot ovat murskaleina tai sulkeumina gneisseissä. Rakenteellisesti alueen kulminaatioluonteesta johtuen liuskeisuudet ja venymät ovat lähes vaakoja. Nuoremmat ruhjeet ja siirrokset pilkkovat kivilajiyksiköitä voimallisesti. Vaakoista rakenteista, magnetiittia sisältävistä amfiboliittiraidoista ja mineralisaation voimakkaasta remanenssista johtuen kiisuuntuman laajuutta ja jatkuvuutta sekä paikkaa oli mahdoton ennustaa ennen kairauksia. Kairausten perusteella vaikuttaa siltä, että "luotointruusio" on vain 20-30 m läpimittainen litteä kappale Törmälän intruusiota Pappilansalmen hierron takana. Itse Törmälän intruusio on parhaimmillaan n. 40 m paksu, pintapuhkeamaltaan n. 130-150 m pitkä ja 30-50 m leveä loivasti luoteeseen painuva kappale (kuvat 65 ja 66). Parhaimmat kiisuuntumat ovat lähellä pohjakontaktia. Intruusion keskiosa näyttäisi olevan hieman ympäristöään mafisempi sekä Mg-luvun että oliviinin koostumuksen perusteella (kuva 66). Kiisuuntuma saattaa toki vaikuttaa alaosan arvoihin.

#### *Rautalampi, Kerkonkoski*

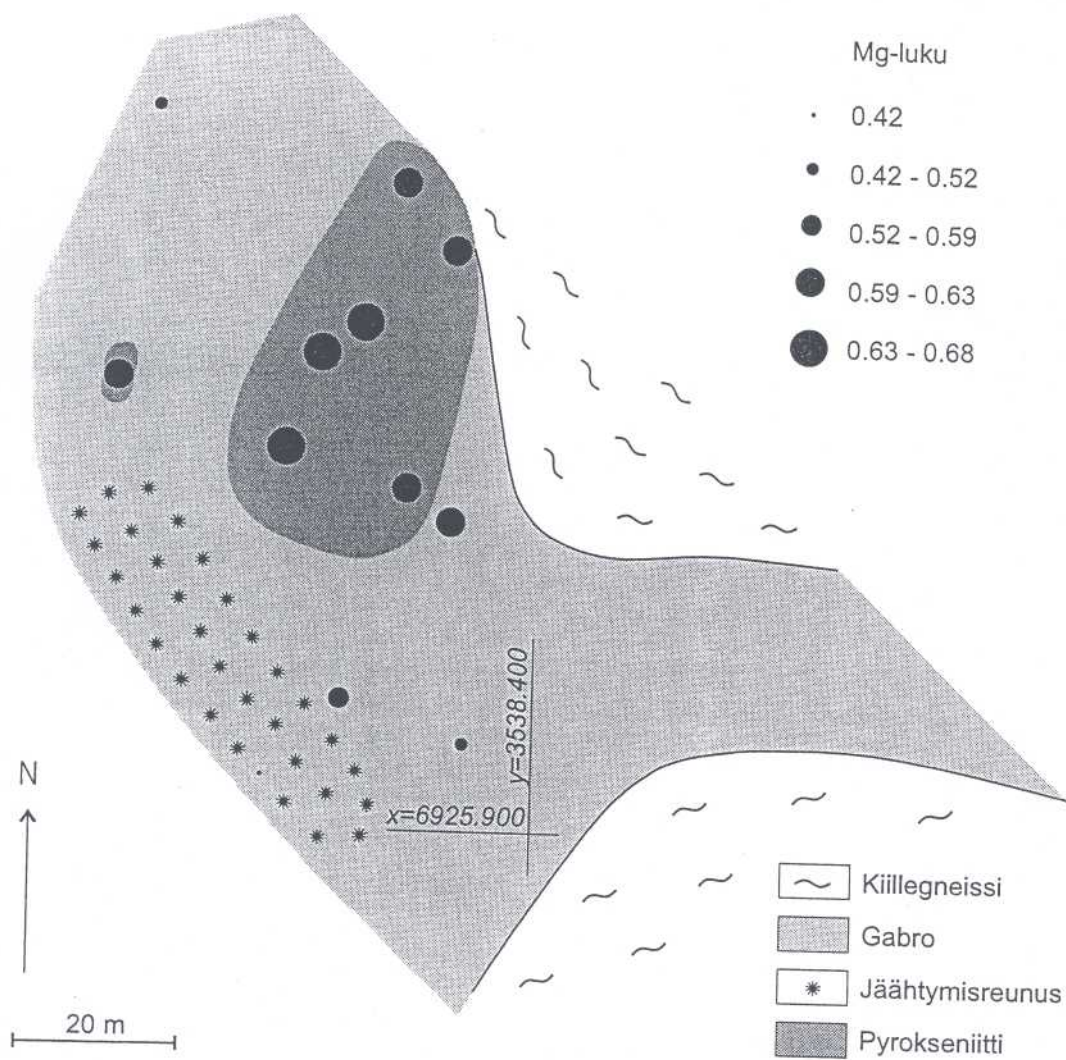
Kerkonkosken intruusio ei ole paljastuneena. Seuraavassa esitetty tulkinta perustuu geofysiikkaan ja kairauksiin. Intruusio on pintaleikkauksessaan epäyhtenäinen koostuen kolmesta eri osasta. Intruusioalue on koillis-kaakko-suuntainen ja kokonaisuudessaan 1.5 km pitkä. Intruusio on keskimäärin vain n. 50 m paksu kaatuen lounaaseen 40-80° :n kulmalla. Sivukivenä on tonaliitti ja kontaktit ovat terävät (kuvat 67 ja 68).

Pääosa kairauksin tutkituista osista koostuu oliviiniperidotiitista, jossa päämineraaleina ovat useimmiten oliviini, klinoamfiboli ja serpentiini sekä joskus myös ortopyrokseeni tai klinopyrokseeni ja flogopiitti. Serpentiiniytymisaste vaihtelee ja paikoin esiintyy myös serpentiiniittia, jossa päämineraalina serpentiinin lisäksi on vain flogopiittia. Peridotiitin lisäksi intruusio koostuu metapyroksemiitista, jota on kerroksina peridotiitissa ja yhtenäisempänä intruusion eteläisemmässä osassa (kuva 67). Päämineraaleina ovat klinoamfiboli ja klinopyrokseeni. Metapyroksemiitti on muuttunut monin paikoin vaaleaksi, asbestimäiseksi amfibolikiveksi.

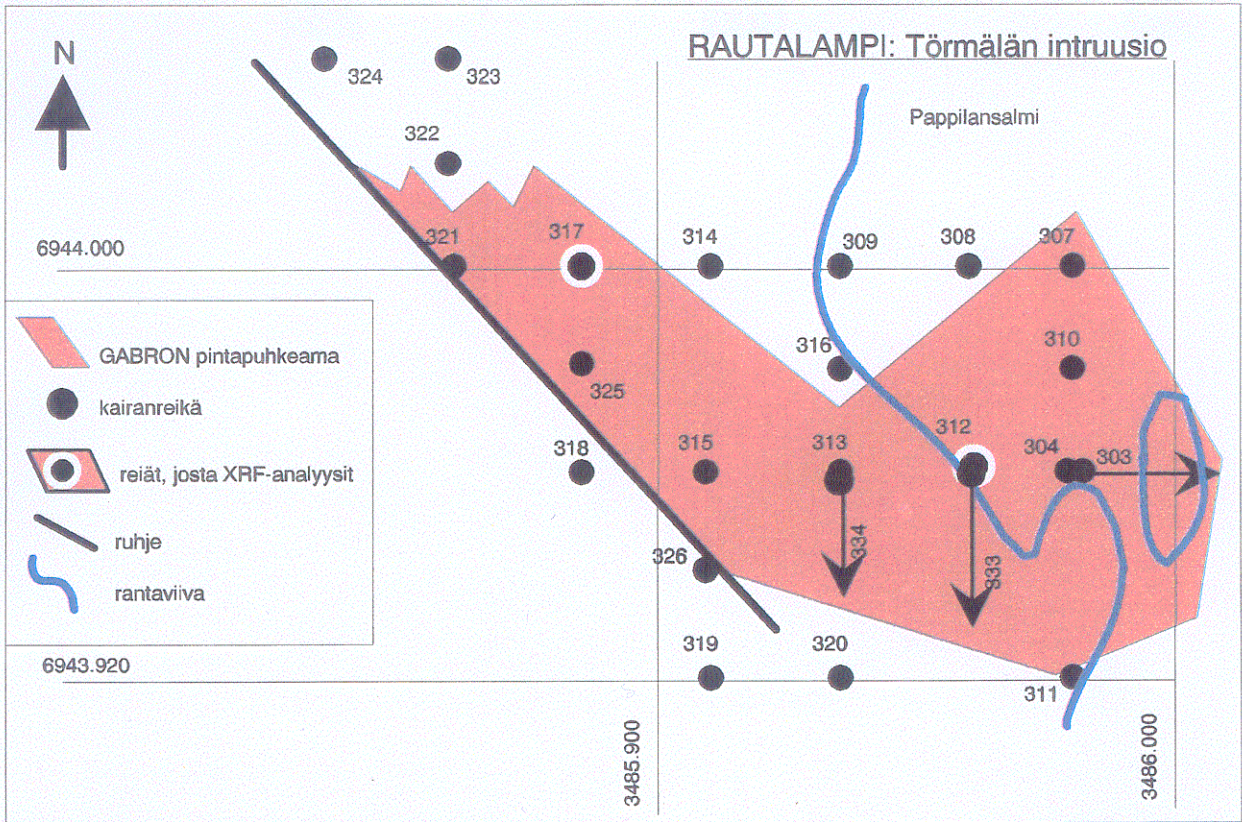
Mineralogian, oliviinin koostumuksen tai kokokivianalyysien perusteella ei voi nähdä, mikä reuna intruusiosta edustaa primääriä pohjaosaa (vrt. kuva 68).



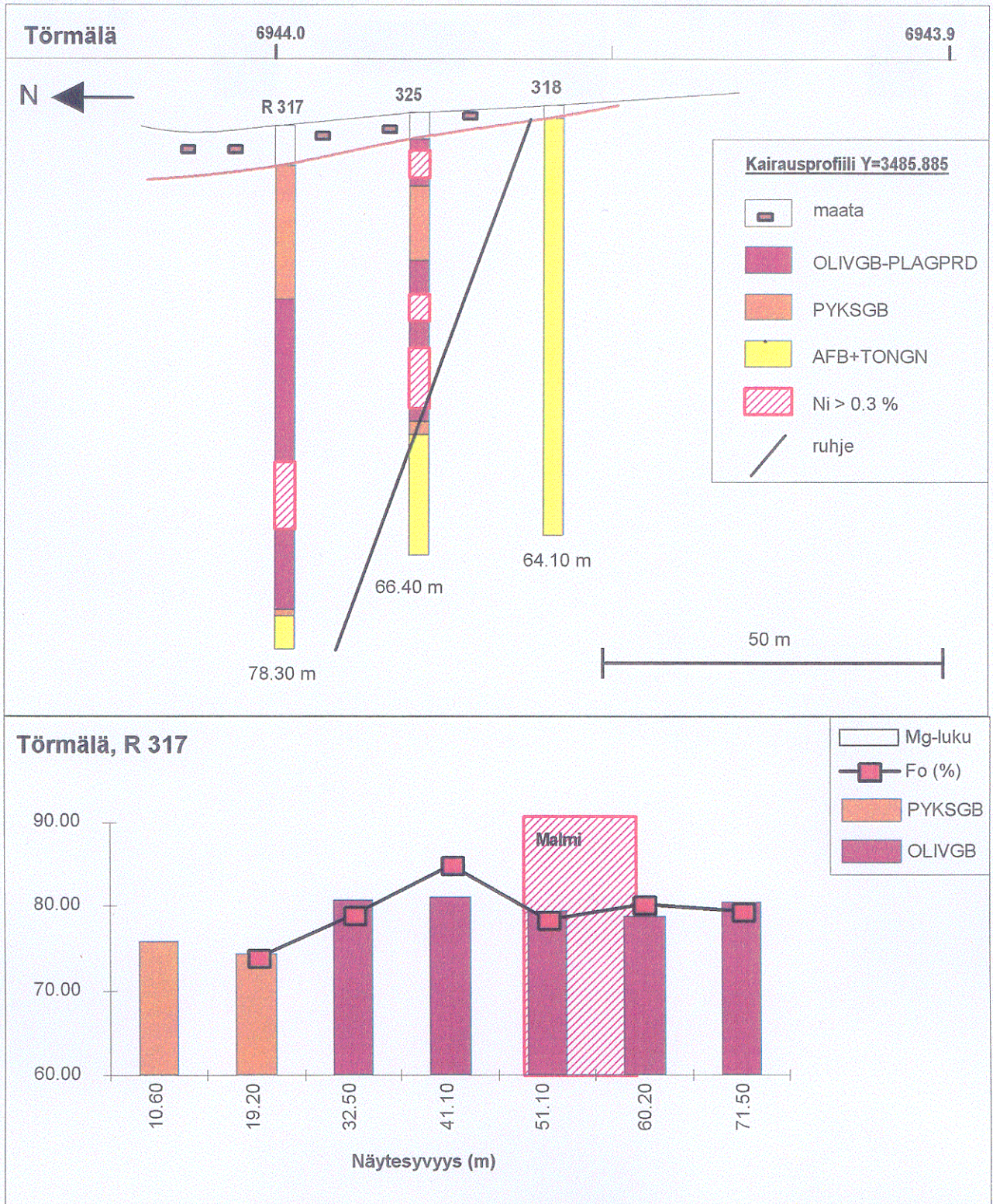
Kuva 63. Kairausprofili Heimonsvuoren intruusiosta.  
 Figure 63. Cross section of the Heimonsvuori intrusion.



Kuva 64. Geologinen kartta Takkulan intruusiosta.  
 Figure 64. Geological map of the Takkula intrusion.

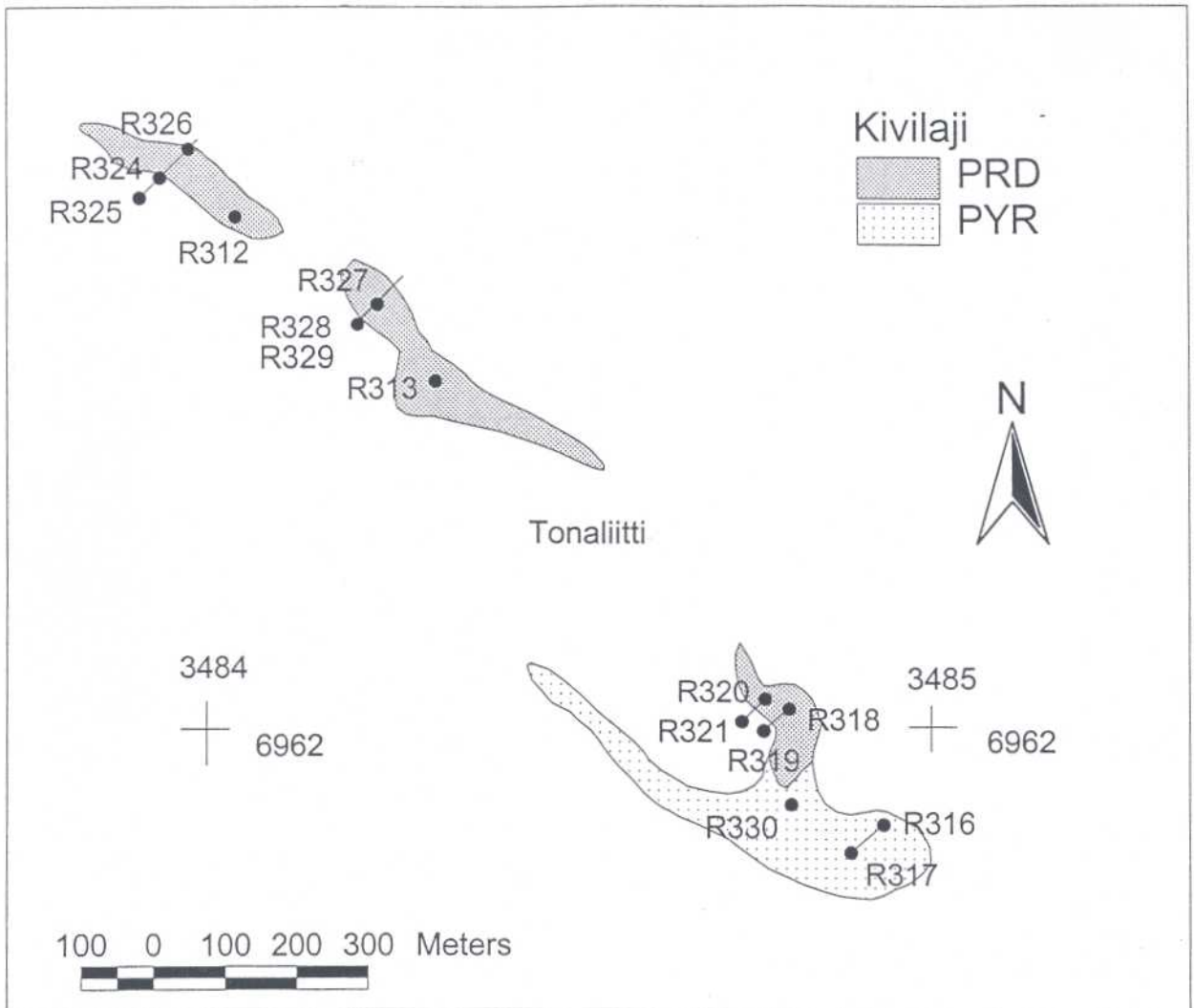


Kuva 65. Törmälän intruusion pintaleikkaus.  
 Fig. 65. Surface section of the Törmälä intrusion.



Kuva 66. Poikkileikkaus Törmälän intruusiosta ja Mg-luvun ja oliiviinin Fo-pitoisuuden vaihtelu reiässä 317.  
 Fig. 66. Cross-section of the Törmälä intrusion and Mg-number and Fo-content of olivine in BH 317.





Kuva 67. Kerkonkosken intrusioon pintaleikkaus  
 Figure 67. Surface section of the Kerkonkoski intrusion.

### *Kuopio, Vehmasjoki*

Vehmasjoen intruusio on pieni pystyasentoinen silli kiillegneissi-mustaliuskeympäristössä. Pituutta pohjois-etelä -suuntaisella muodostumalla on n. 450 m ja paksuutta keskimäärin 10 m (kuvat 69 ja 70). On mahdollista, että muodostuma ei puhkea koko pituudelta pintaan. Se noudattaa loivasti etelään painuvan poimuakselin (todennäköisesti  $F_2$ ) suuntaa ja loppuu sen vuoksi pintaleikkauksen pohjoispäässä. Paljastumia ei ole. Yhtenäisenä muodostuma jatkuu kairausten perusteella vain n. 50 m:n syvyyteen (kuva 70).

Intruusion pohjoisosa on lähes kokonaan kiisuuntunut ja Vehmasjoki olikin malmitutkimuskohteena vuosina 1996 ja 1997. Myöhemmin tehtävässä tutkimusraportissa selostetaan aiheen geologia ja Ni-esiintymä tarkemmin; tässä yhteydessä muodostumasta esitetään vain pääpiirteet.

Sivukivenä intrusiolle on vaihtelevasti migmatoitunut kiillegneissi. Lähellä intruusion itäkontaktia on kapea mustaliuskekerros ja n. 250m länteen on intruusion suuntainen paksumpi mustaliuskekerros. Intruusion kontaktit ovat kairaushavaintojen perusteella pääosin intrusiiviset.

Muodostumassa on nähtävissä pohjois-eteläsuuntainen differentiaatio: pohjoispää on peridotiittinen vaihettuen pyrokseeniin kautta eteläpäähän gabroon. Koostumusvaihtelu on esitetty kokokiven  $MgO$ - ja  $Al_2O_3$ -pitoisuuksina kairanreikien pintaprojektiossa (kuva 69). Poikkileikkauksessa ei ole havaittu differentiaatiota. Peridotiitissa päämineraaleina ovat malmi (MAGK, CUKI, PENT) oliviini + serpentiini ja klinoamfiboli sekä joskus myös klinopyrokseeni. Yleinen aksessorinen mineraali on kloriitti. Paikoin peridotiitti on täysin serpentiiniytynyt. Pyrokseeniitti on muuttunut ja kostuu pääosin klinoamfibolista, sulfideista ja joskus myös biotiitista. Joskus on nähtävissä pyrokseenin jäänteitä amfibolissa. Gabroluokan kivet ovat karkearakeisia amfiboligabroja.

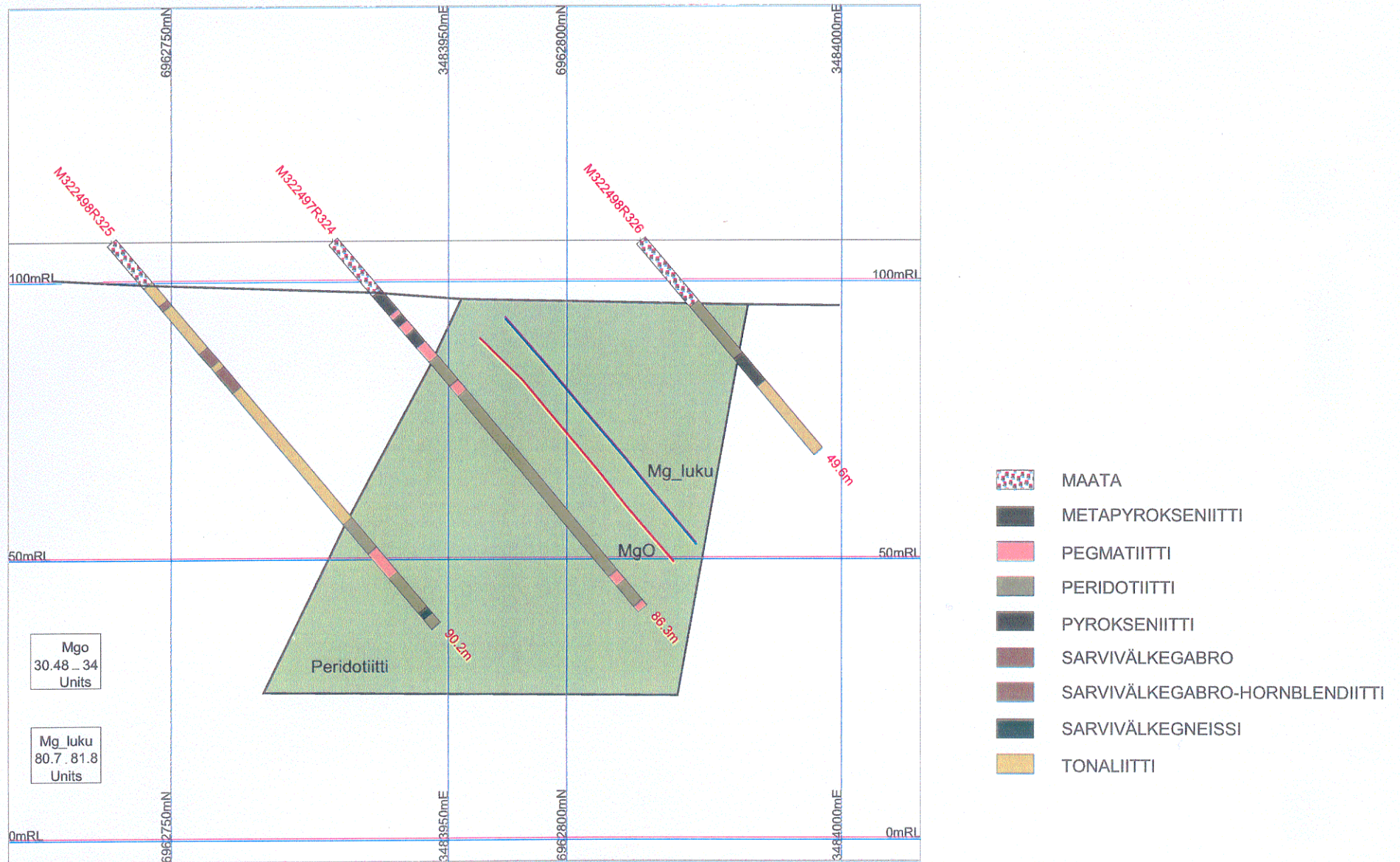
### *Karttula, Munaniemi*

Munaniemen intruusio on pintaleikkauksessaan luode-kaakko -suuntainen, n. 2 km pitkä ja 0.5 km leveä muodostuma (kuva 71). Geofysikaalisten tulkintojen ja syväkairauksen perusteella intruusio ulottuu n. 300 metrin syvyyteen. Sivukivenä on migmatiittinen kiillegneissi. Intruusio koostuu lähes yksinomaan gabroluokan kivistä; peridotiittisia osia ei ole tavattu. Reunaosissa, lähellä kontaktia gabro vaihettuu dioriitin kautta porfyyriseksi kvartsidioriitiksi ja tonaliitiksi. Tähänastisten tutkimusten perusteella intruusio on homogeeninen ja pääkivilajeina ovat kummingtoniittigabro (plag+kumm) ja noriitti (plag+orpy+ sarv). Lisäksi on tavattu sarvivälke-kummingtoniittigabroa (plag+sarv+kumm) ja biotiitti-sarvivälkegabroa (plag+biot+sarv). Pystyn Poka-reiän (R370) analyysien perusteella emäksisyysaste kasvaa alaspäin (kuva 72), minkä perusteella intruusio olisi suurinpiirtein alkuperäisessä asennossaan.

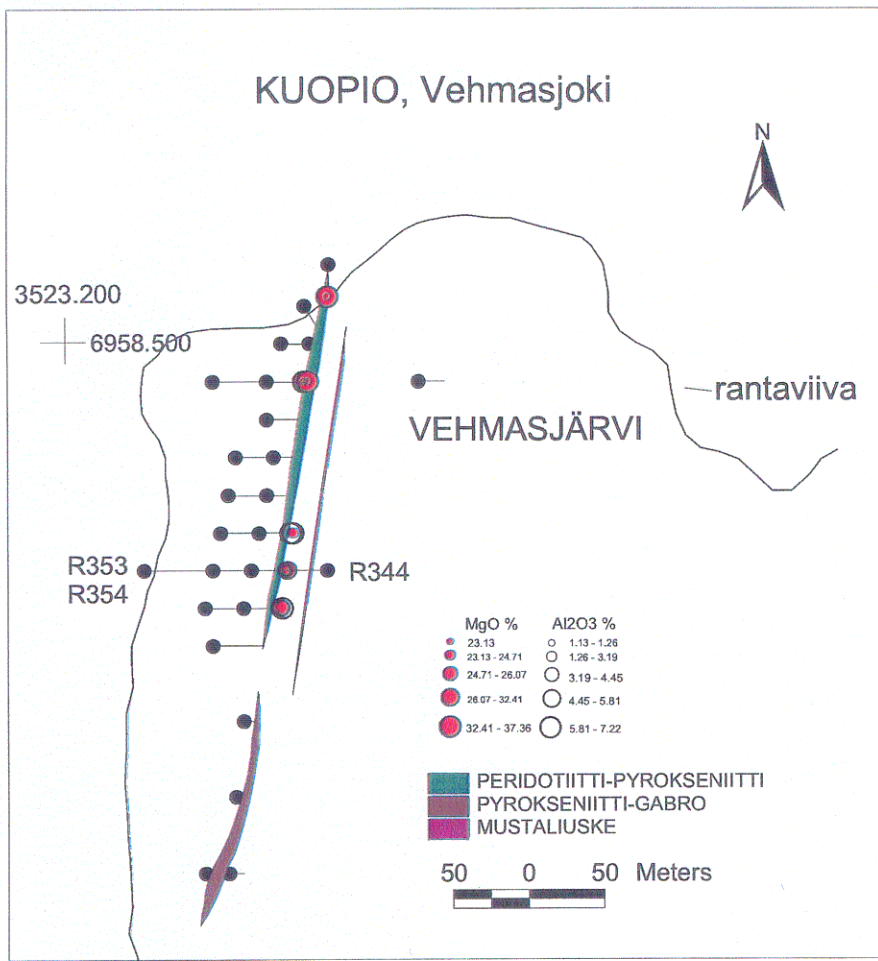
### *Rantasalmi, Tiemasoja*

Tiemasojan aiheeseen liittyy kaksi esiintymää: Tiemasoja 1 ja Tiemasoja 2. Esiintymät kuvataan yksityiskohtaisemmin v. 1999 valmistuvassa M19-raportissa. Ensin mainittua on tutkinut myös Outokumpu Oy. Tämä esiintymä on hyvin pieni, ojaleikkauksessa n. 35m:n leveydellä näkyvä loiva-asentoinen muodostuma. Poka-reikien perusteella todellinen paksuus on vain n. 10 m. Muodostuma on pyrokseenigneissin (plag + orpy + biot + kvar) ympäröimä ja koostuu peridotiitista (oliv + serp + orpy + klamfi), sarvivälke-pyrokseenigabrosta (sarv + klpy + plag + biot), sarvivälkegabrosta (sarv + plag + biot) ja dioriitista (plag + biot ± orpy). Tiemasoja 2 on pintaleikkauksessa n. 1 km pitkä ja 20-50 m leveä muodostuma kvartsidioriittiympäristössä. Kaade on  $45-85^\circ$  luoteeseen. Muodostuman koostumus vaihtelee peridotiitista dioriittiin, kuten Tiemasoja 1:ssä. Peridotiitissa päämineraaleina ovat sarvivälke ja klinopyrokseeni, mutta emäksisimmissä tyypeissä päämineraaleina on myös ortopyrokseenia ja oliviinia. Gabrot koostuvat sarvivälkkeestä, plagioklaasista ja vaihtelevasti joko ortopyrokseenista tai klinopyrokseenista. Dioriitit eroavat gabroista kvartsimääränsä perusteella.

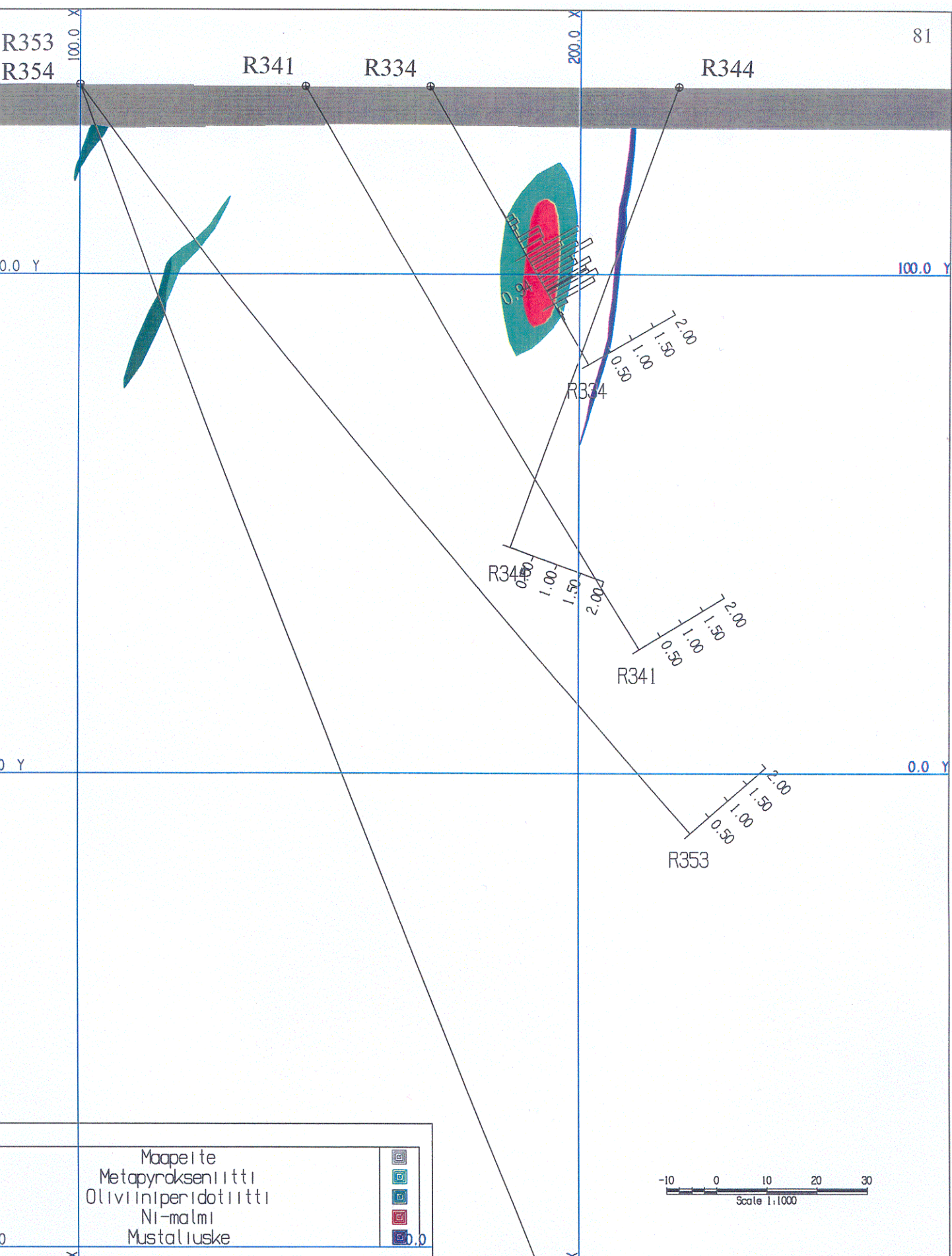
RAUTALAMPI, Kerkonkoski



Kuva 68. Poikkileikkaus Kerkonkosken intruusion pohjoisimmasta osasta.  
Figure 68. Cross-section through the northernmost part of the Kerkonkoski intrusion.



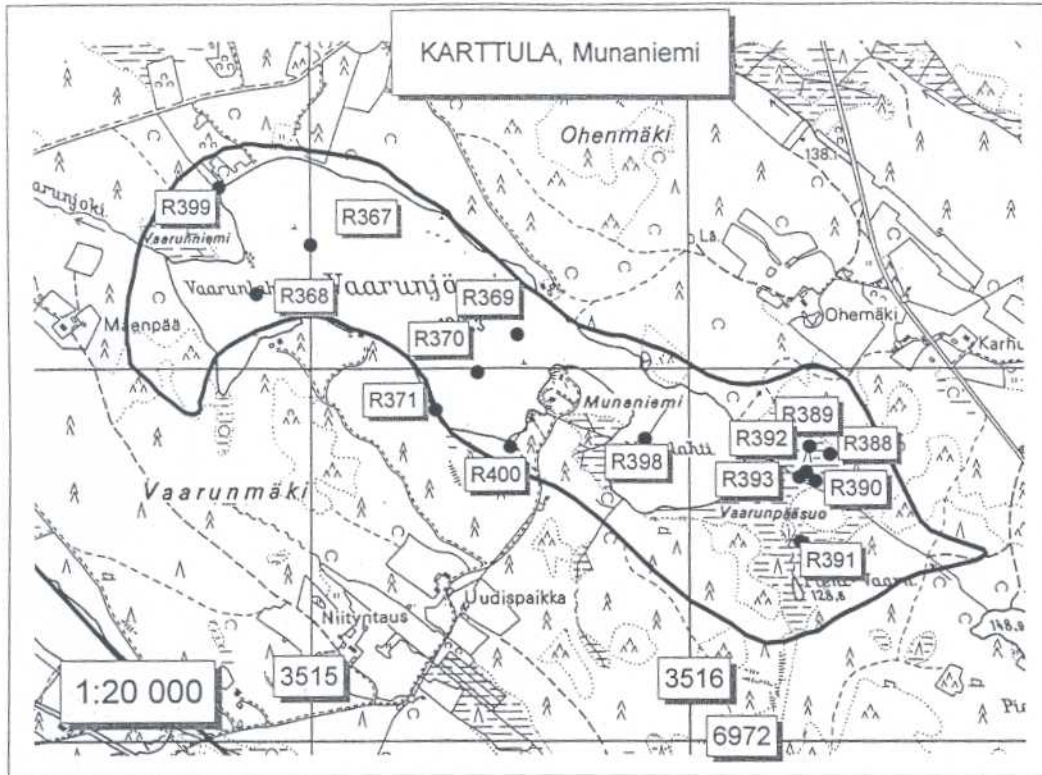
Kuva 69. Vehmasjoen intruusion pintaleikkaus.  
Figure 69. Surface section of the Vehmasjoki intrusion.



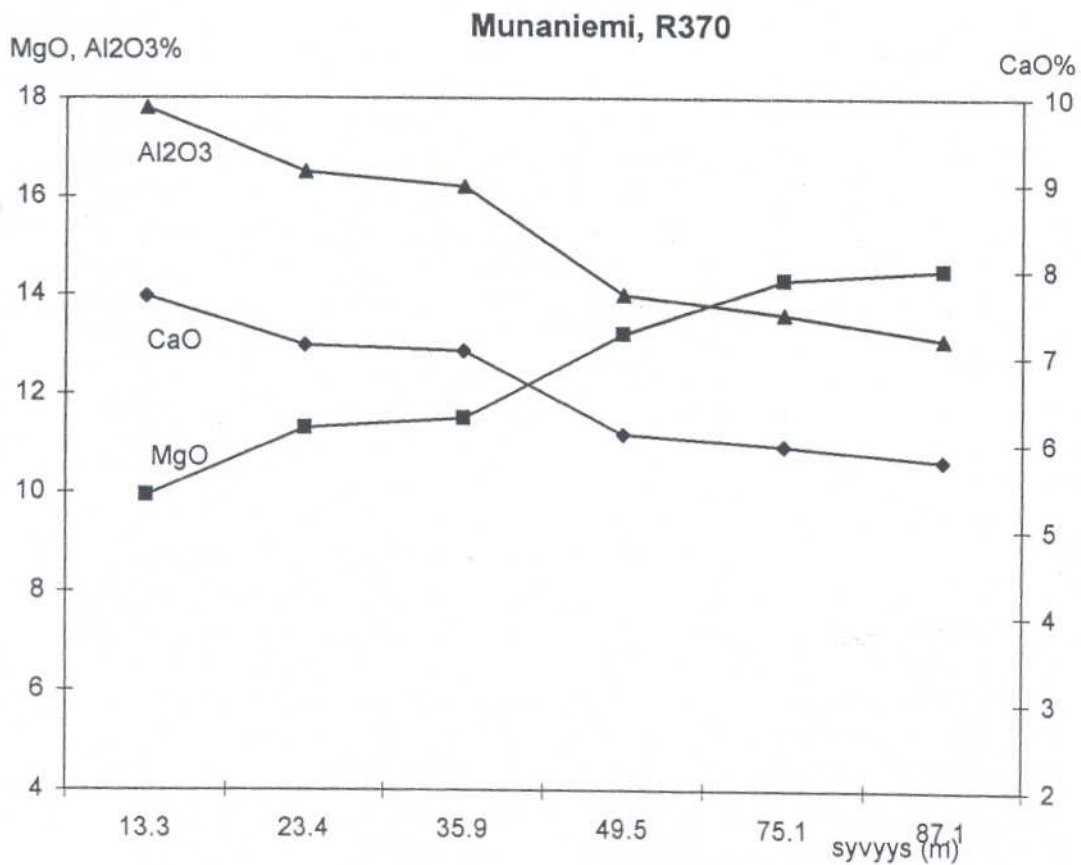
Kuva 70. Poikkileikkaus profiililta R354-R344.  
 Figure 70. Cross-section through the profile BH354-BH344.

Geological Survey of Finland  
 Kuopio Office  
 Neulanientie 5  
 P.O. Box 1237  
 Kuopio, FIN-70211

Kuopio, Vehmasjoki  
 Section 350  
 Ni histogrammina ja keskipitoisuus



Kuva 71. Munaniemen intruusion pintaleikkaus.  
 Figure 71. Surface section of the Munaniemi intrusion.



Kuva 72. Kokokiven Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO- ja MgO-pitoisuus reiässä R370.  
 Figure 72. Whole rock Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO and MgO contents in BH370.

## Litogeokemia

### *Geokemiallinen luokittelu*

Kivien kemiallinen koostumus määritettiin Geologian tutkimuskeskuksen laboratorioissa XRF-menetelmällä jauhepuristeesta (175X). Analyysyjä varten tehdyssä näytteenotossa vältettiin runsaasti kiisuja sisältäviä näytteitä.

Näytteiden koostumus laskettiin volatiilittomaksi ja rikittömäksi APE-ohjelmistolla. Kahdenarvoisesta raudasta poistettiin rikkiin sitoutunut rauta kertoimella  $1.408 \cdot S$ .

Geokemiallisen luokittelun tarkoituksena oli kuvata sekä intruusiokohtainen kivilajivaihtelu että tutkimuskohteiden väliset erot ja malmipotentialisuuteen viittaavat tekijät. Sitä varten jaettiin kunkin kohteen kivilajit ensimmäiseksi petrografisen, sijaintitiedon ja geokemiallisen koostumuksen perusteella ryhmiin. Eniten ryhmiä muodostettiin suurimmista ja eniten näytemateriaalia sisältävistä intruusioista, (Luusniemi, Niinimäki ja Ylivieska). Kustakin ryhmästä laskettiin keskiarvopitoisuudet alkuaineittain ja tiedot on esitetty Liitteessä 6.

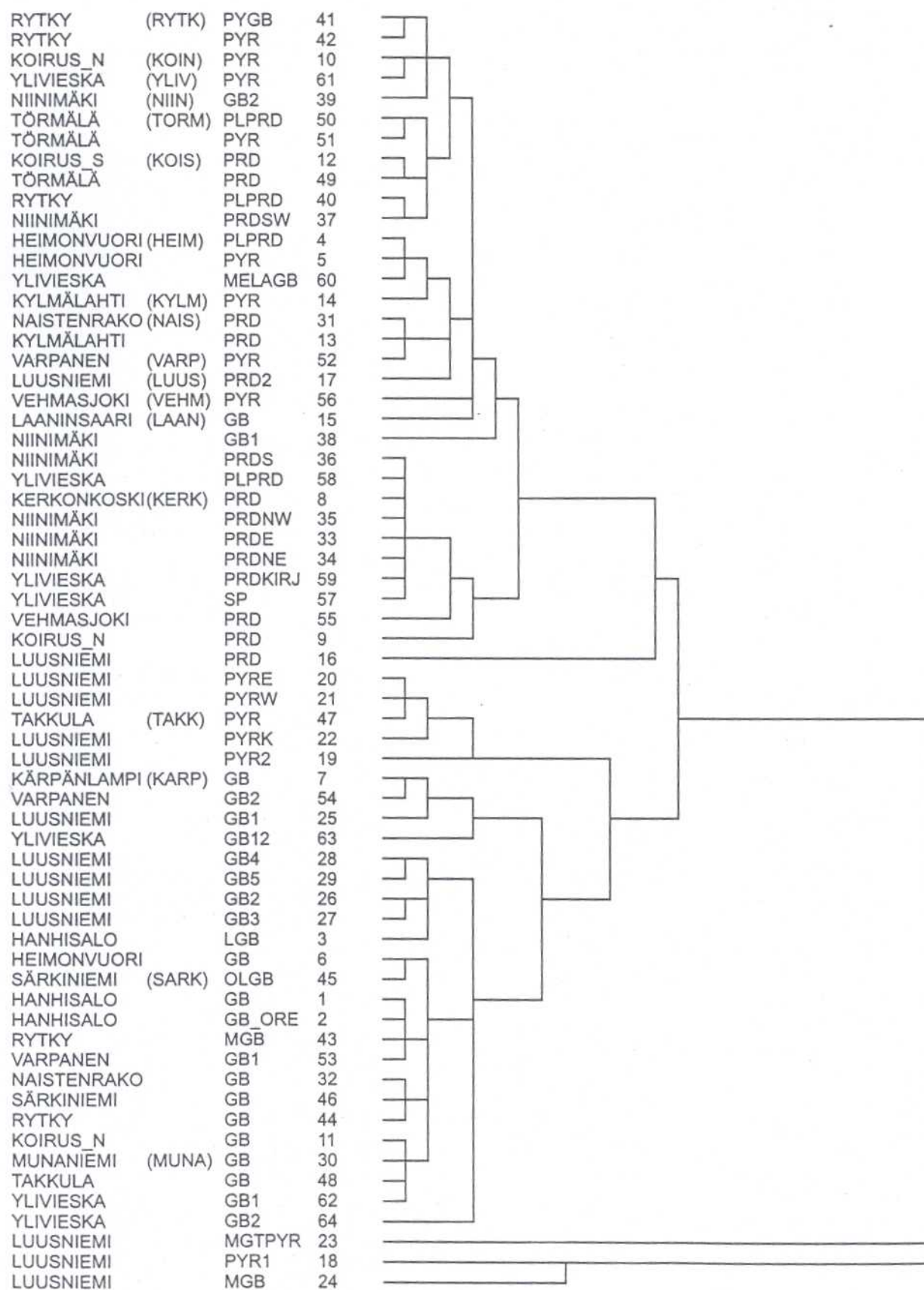
Aineistossa on myös yksittäisistä kiillegneissien keskellä olevista gabrofragmenteista otettuja näytteitä Varkauden, Jäppilän ja Leppävuiran alueilta. Aineistossa on lisäksi gabroamfiboliiteiksi kutsuttuja gabro-pyrokseeniittiluokan juonikiviä, joita esiintyy arkeisten gneissien keskellä sekä kiillegneisseissä lähellä arkeisia gneissejä. REE-analyysyjä on tehty Ilvesjärven (ILVE) kivistä.

Intruusiot jaettiin malmipotentialisuuden suhteen kolmeen ryhmään (0, 1, ja 2). 2 ryhmässä esiintyy sulfideja runsaasti, 1-ryhmässä hieman ja 0-ryhmässä vain vähän. 0-ryhmään kuuluivat Kylmälahti, Laaninsaari, Luusniemi, Takkula ja Varpanen. 1-ryhmään kuuluivat Heimovuori, Koirus N, Koirus S ja Rytky. 2-ryhmään kuuluivat Hanhisalo, Kerkonkoski, Munaniemi, Naistenrako, Niinimäki, Särkiniemi, Törmälä, Vehmasjoki ja Ylivieska. Kohteiden litogeokemiallista koostumusta tarkasteltiin näiden ryhmien mukaisesti. Luusniemi, Niinimäki ja Ylivieska sisälsivät niin runsaasti näytteitä, että ne kuvattiin osittain erikseen.

Ensivaiheen luokittelussa käytettiin pääalkuaineita:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  ja  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Luokkien keskiarvot Liitteestä 6 ryhmiteltiin klusterianalyysillä hierarkisesti joukkoihin (Kuva 73) käyttämällä SPSS 8.01-version cluster-metodia. Muuttujien arvot standardoitiin ryhmittelyanalyysiä varten välille 0 - 1. Klusterointimenetelmä oli between-groups linkage ja mittayksikkönä squared euclidean distance.

Eniten muista kohteista poikkeava intruusio on Luusniemi, jonka runsaasti  $\text{CaO}$  sisältäville klinopyrokseeniitti- ja magnetiittikiville ei löydy muista kohteista vastinetta (ks. Liite 6). Suurista tutkimuskohteista Niinimäki ja Ylivieska muistuttavat geokemiallisesti toisiaan. Samanlaisuus koskee vain pääalkuaineiden pitoisuustasoja, kun taas hivenalkuaineissa intruusiot eroavat toisistaan (Liite 6, Kuvat 98-101).

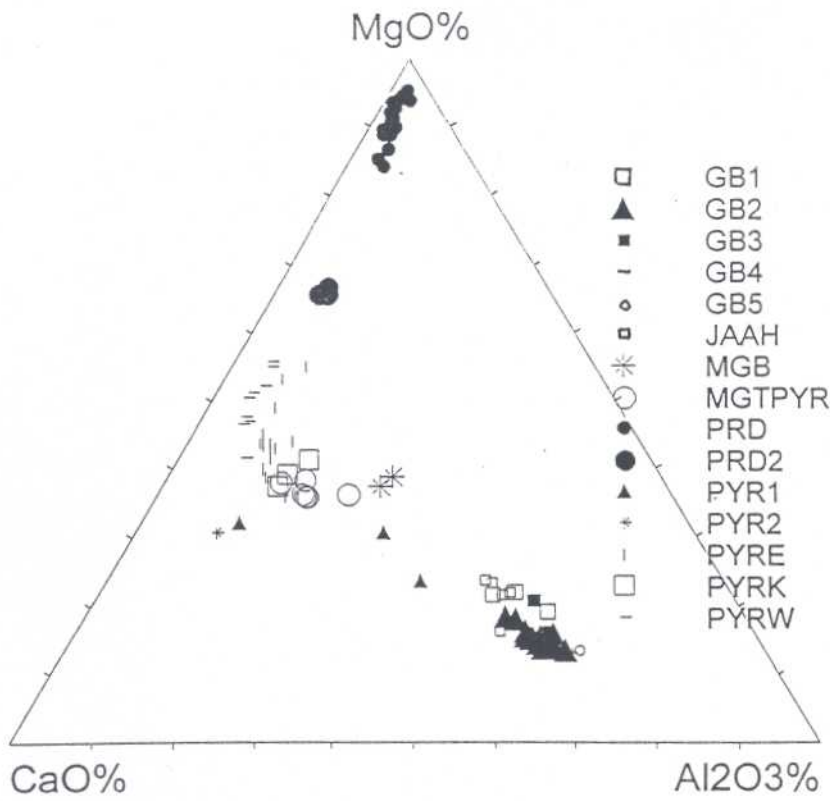
CMA-diagrammeissa (Kuvat 74-79) Luusniemen ultramafiitit sijoittuvat Ca-reunaan kun taas Niinimäki ja Ylivieska sijoittuvat lähemmäksi Al-reunaa. Kylmälahti ja Takkula muistuttavat tässä suhteessa Luusniemeä. Suurimmassa osassa malmiluokan 1 ja 2 kiviä Törmälää ja Vehmasjokea lukuun ottamatta  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ -suhde on  $> 1$ .



Kuva 73. Dendrogrammi kivilajiryhmistä. Kivilajiluokat ovat samat kuin Liitteessä 6.

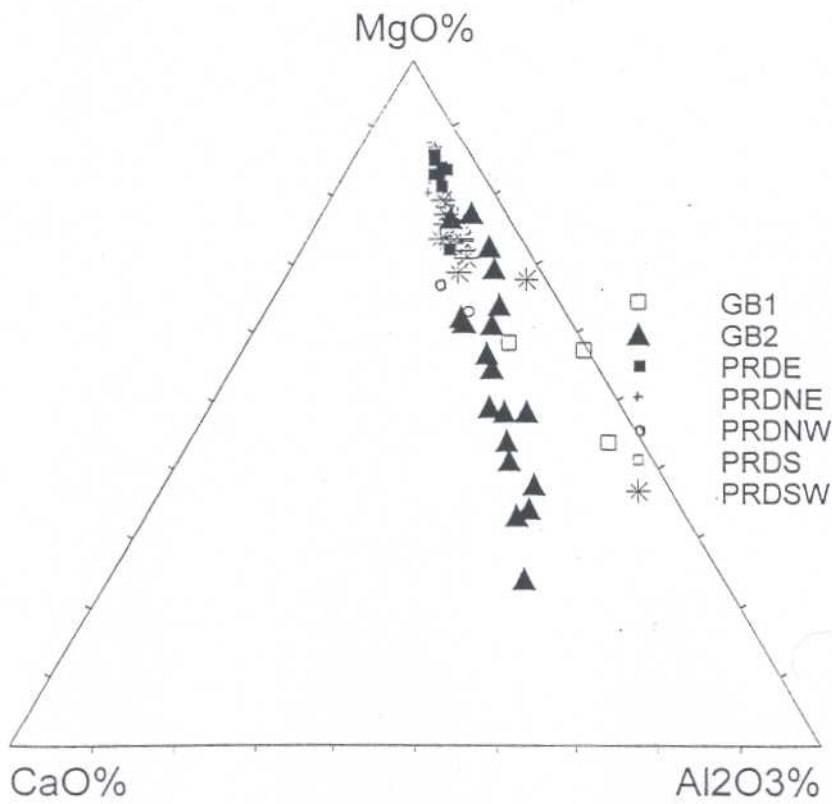
Figure 73. Dendrogram of the geochemical groups. Rock classes are same as in App. 6.





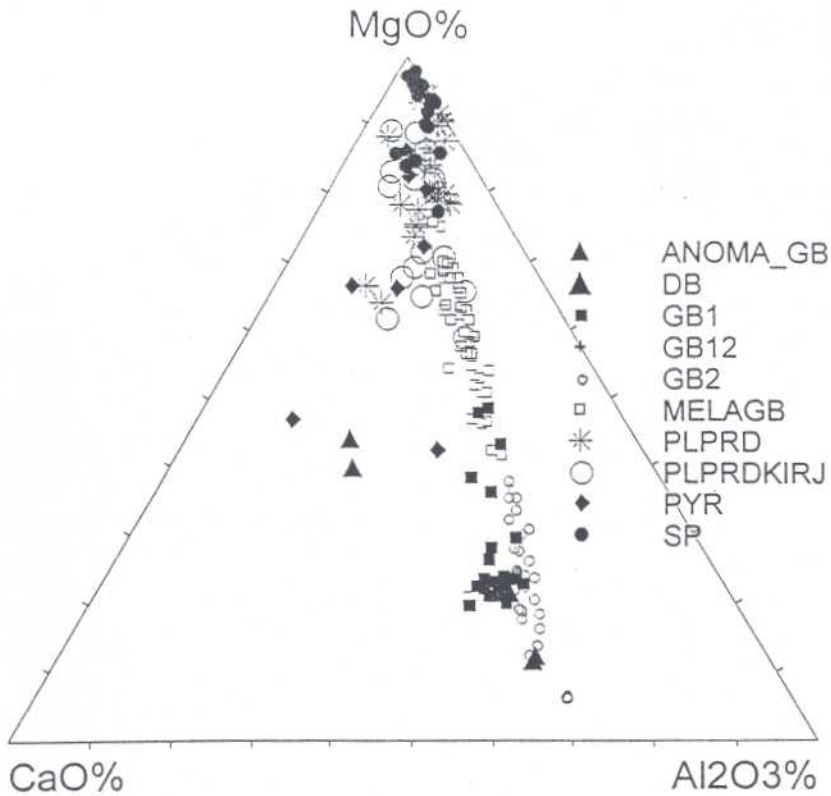
Kuva 74. CMA-diagrammi Luusniemen kivistä.

Figure 74. CMA-diagram representing geochemistry of Luusniemi rocks.



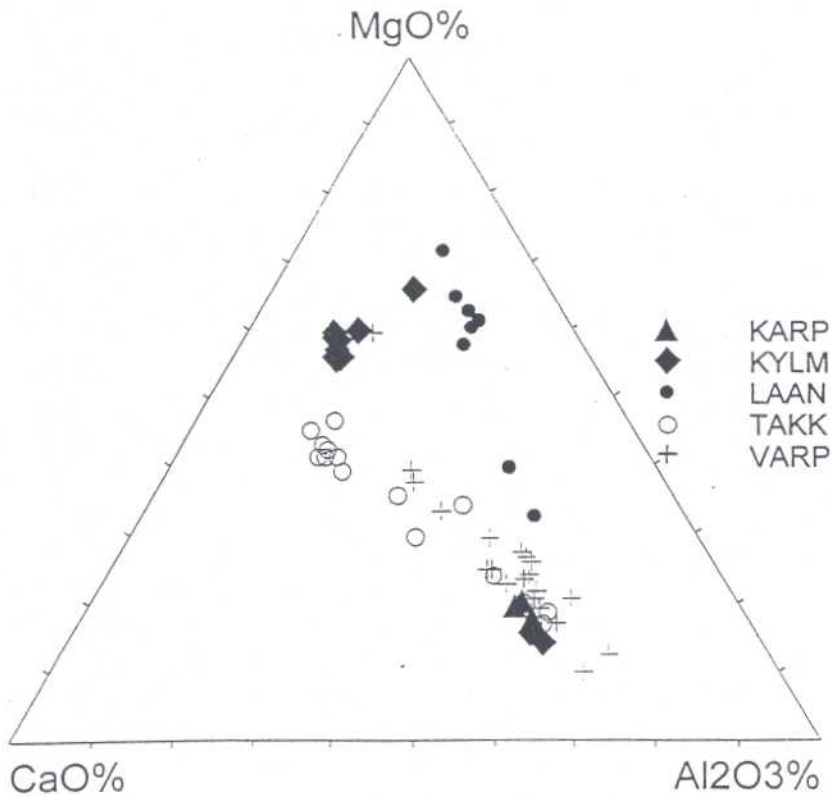
Kuva 75. CMA-diagrammi Niinimäen kivistä

Figure 75. CMA-diagram representing geochemistry of Niinimäki rocks.



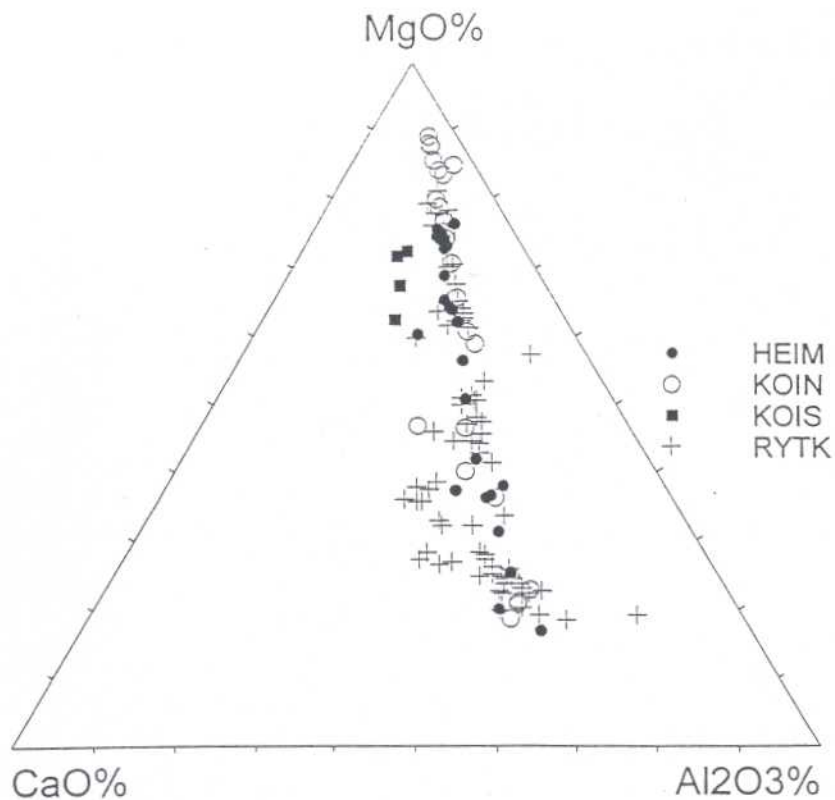
Kuva 76. CMA-diagrammi Ylivieskan kivistä

Figure 76. CMA-diagram representing geochemistry of Ylivieska rocks.



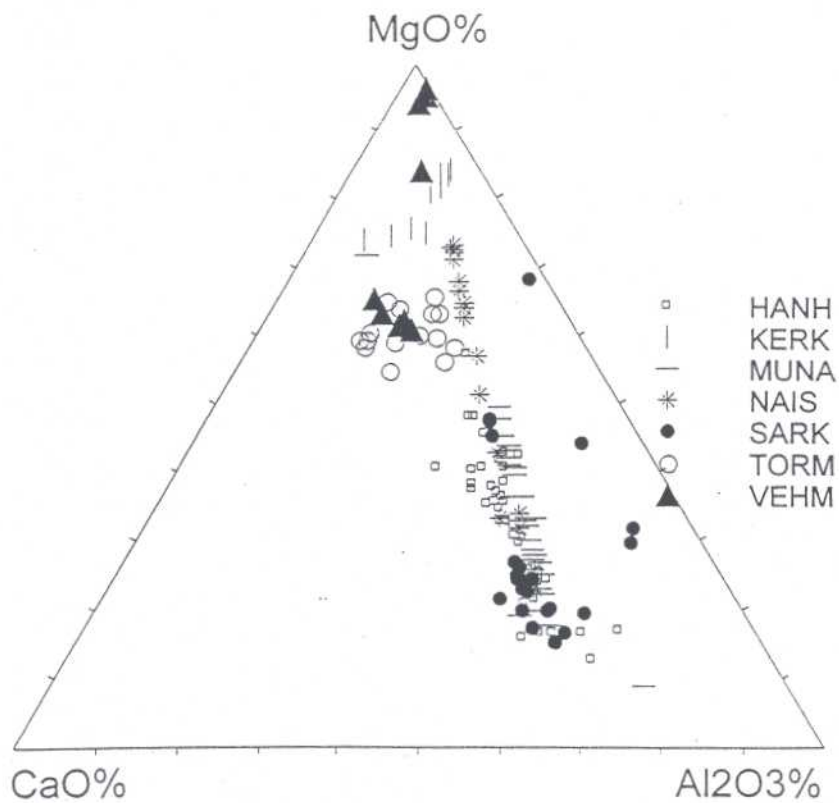
Kuva 77. CMA-diagrammi Kärpänlammen, Kylmälahden, Laaninsaaren, Takkulan ja Varpasen kivistä. Kohdelyhenteet ovat samat kuin kuvassa 73.

Figure 77. CMA-diagram representing geochemistry of Kärpänlampi, Kylmälahti, Laaninsaari, Takkula and Varpanen rocks. Short names of the targets are same as in Fig. 73.



Kuva 78. CMA-diagrammi Heimonvuoren, Koirus N:n, Koirus S:n ja Rytlyn kivistä

Figure 78. CMA-diagram representing geochemistry of Heimonvuori, Koirus N, Koirus S and Rytky rocks.



Kuva 79. CMA-diagrammi Hanhisalon, Kerkonkosken, Munaniemen, Naistenraon, Särkiniemen, Törmälän ja Vehmasjoen kivistä

Figure 79. CMA-diagram representing geochemistry of Hanhisalo, Kerkonkoski, Munaniemi, Naistenrako, Särkiniemi, Törmälä and Vehmasjoki rocks.

Mineralogiassa koostumus kuvastuu siten, että Luusniemen kivilajisarjasarja peridotiiteista pyrokseeniiteihin on klinopyrokseenivoittoinen, kun taas muissa kivissä ovat molemmat pyrokseenit sekä varhaisen vaiheen interkumulusplogioklaasi. Plagioklaasia sisältävät peridotiittiluokan kivet on tässä tutkimuksessa määritelty plagioperidotiiteiksi. Niitä esiintyy seuraavissa kohteissa: Heimonvuori, Koirus N, Naistenrako, Rytky, Törmälä ja Ylivieska. Jakaumassa on samantyyppistä kaksijakoisuutta Kotalahti- ja Vammala-tyyppien välillä kuten Juvan ja Vammalan alueen kivissä (Makkonen 1996, Mäkinen 1987).

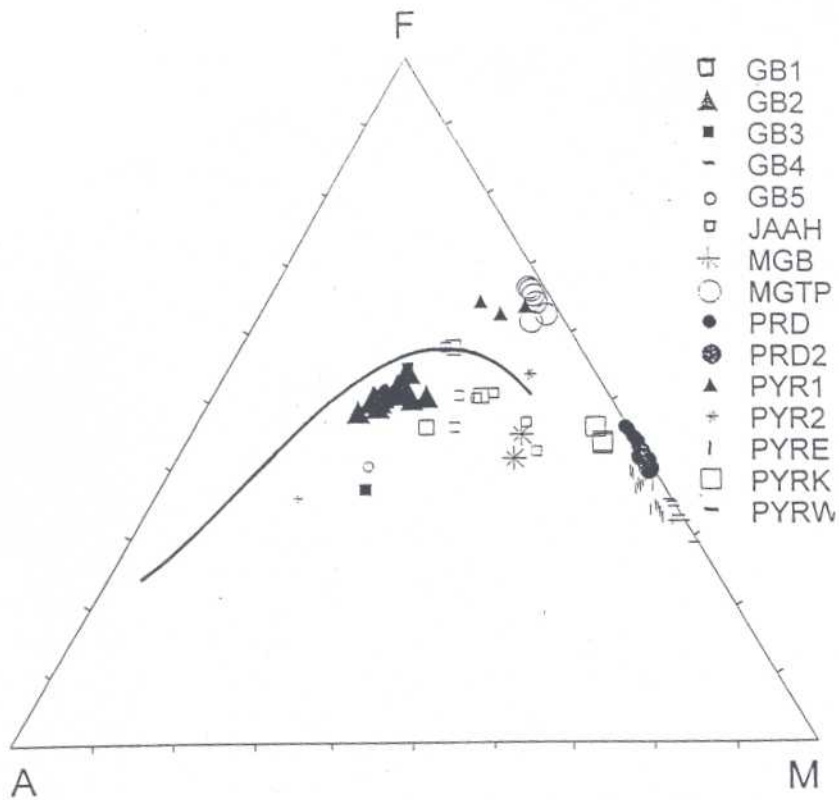
AFM-kolmiodiagrammien (Kuvat 80-85) mukaan Luusniemen ja muiden "malmittomien" kohteiden (Kärpänlampi, Kylmälahti, Laaninsaari, Takkula ja Varpanen) FeO/MgO-suhde on hieman suurempi kuin kuin muissa kohteissa. Toinen intruusioita jakava ominaisuus on kalkkialkalinen/tholeiittinen differentiaatiotrendi. Selvimmin tholeiittisen trendin mukaan ovat kiteytyneet Törmälä ja Heimonvuori. Kalkkialkalinisen trendin mukaan selvimmin ovat kiteytyneet Laaninsaari ja Ylivieskan GB2. Muut ovat näiden väliltä. Juvan alueen ultramafiitteihin verrattuna tutkimuskohteet näyttävät olevan keskimääräistä kalkkialkalisempia (Makkonen 1996). Myöskin alkalimetallien yhteenlaskettu taso on hieman korkeampi kuin Juvan gabroissa ja ultramafiiteissa. Niinimässä alkalimetallien pitoisuustaso ei kuitenkaan poikkea muiden tutkittujen malmipitoisten kohteiden tasosta, joten mahdollisen alueellisen tasoeron toteaminen vaatii lisäselvityksiä. Myös Vammalan ultramafiiteissa on alkalimetallien pitoisuustaso alhaisempi kuin Kotalahden alueella (Mäkinen 1987).

Magmatyyppien primäärikoostumusta pyrittiin arvioimaan  $Al_2O_3/TiO_2$  vs. MgO-kuvaajien avulla kivistä, joiden MgO-pitoisuus on yli 17 % (Kuvat 86-91). Yleispiirteensä on, että malmittomissa intruusioissa  $Al_2O_3/TiO_2$ -suhde on n. 10 kun taas kiisupitoisissa intruusioissa vaihtelu on erittäin voimakasta. Suhdeluku 10 viittaa basalttiseen kantamagmaan. Suurin intruusion sisäinen vaihtelu on Ylivieskassa, missä  $TiO_2$ -taso on hyvin alhainen (Kuva 88).

Intruusioiden sisäistä kehitystä kuvattiin myös MgO vs. Mg#-diagrammeilla. Tulosten mukaan malmipotentialisten intruusioiden (Kuvat 93, 96 ja 97) differentiaatio etenee likimain samansuuntaisesti kuin tasapainossa kiteytyvä ultramafinen kumulaatti kun taas malmittomissa intruusioissa (Kuvat 92 ja 95) ultramafiset osat näkyvät pisteryppäinä eli differentioituminen on ollut vähäistä (Makkonen 1996). Ylivieskan aineistossa trendi (Kuva 94) poikkeaa kokonaisuudessaan melko voimakkaasti lasketusta, mutta kivilajiryhmien sisällä on havaittavissa tasapainokäyrän suuntaisia joukkoja. Se liittyy mahdollisesti kohteen kerrosintruusioluonteeseen, jolloin kunkin magmapulssin sisällä on tapahtunut tasapainoista, trendiviivan kuvaamaa kiteytymistä. Magmapulssien välillä on taas tapahtunut oliviinin kumuloitumista, jolloin pulssien välinen ero kuvastuu eniten MgO-pitoisuuden vaihteluna.

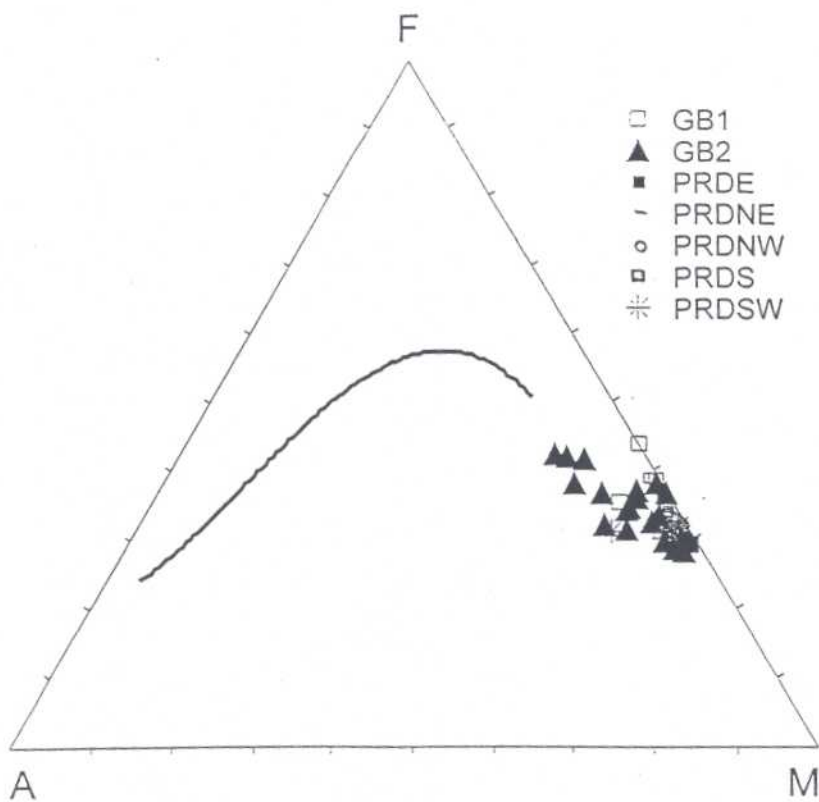
Tulkinnan avuksi tarkasteltiin Niinimäen aineistoa faktorianalyysin avulla. Sen mukaan kiisuja sisältävät kivet sisältävät MgO ja  $Cr_2O_3$  vähemmän kuin kiisuttomat kivet, (F2, Taulukko 6), joten malmituminen on tapahtunut myöhemmin kuin intrudoitumisen alkuvaiheessa tapahtunut oliviinin ja kromiitin kiteytyminen. Tämä tulee esille myös ryhmäkohtaisissa keskiarvoissa. Zn:n latauksen perusteella malmitumiseen liittyy kontaminaatiota (F2). Normaalista kiteytymisdifferentiaatiota ja kontaminaatiota kuvastavat faktorit (F1 ja F3) ovat erillään malmifaktorista ilmeisesti siitä syystä, että kiisuuntumiseen liittyy gravitatiivista differentiaatiota. Pelkästään ryhmäkeskiarvoja vertaamalla voidaan päätyä samaan lopputulokseen. Ilman differentiaation aikaista kontaminaatiota Niinimässä ei siten olisi malmia.

Kromiitin ja kiisujen esiintyminen erillään toisistaan on yleistä myös Vammalan alueella (Hoiopola, Posionlahti, Stormi) (Mäkinen 1987), joten tapahtumalla on yleisempään merkitystä.



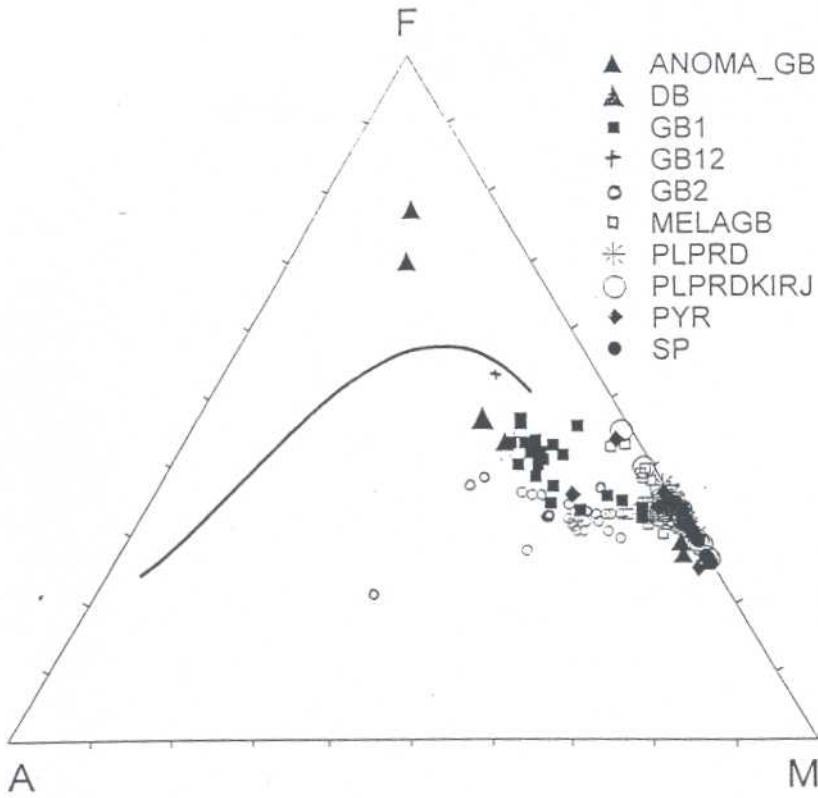
Kuva 80. AFM-diagrammi Luusniemen kivistä.

Figure 80. AFM-diagram representing geochemistry of Luusniemi rocks.



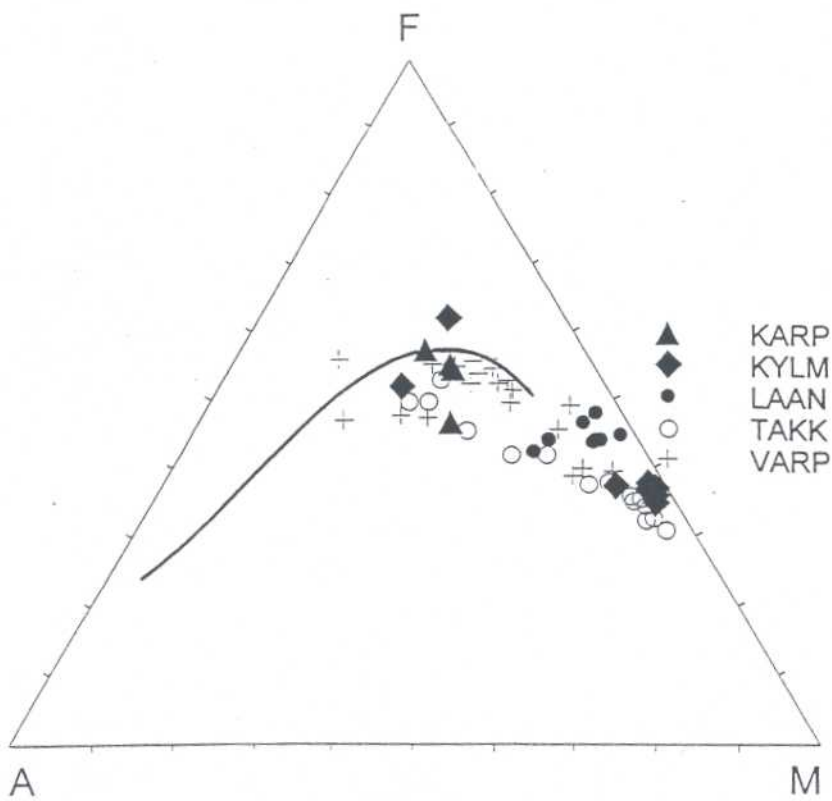
Kuva 81. AFM-diagrammi Niinimäen kivistä

Figure 81. AFM-diagram representing geochemistry of Niinimäki rocks.



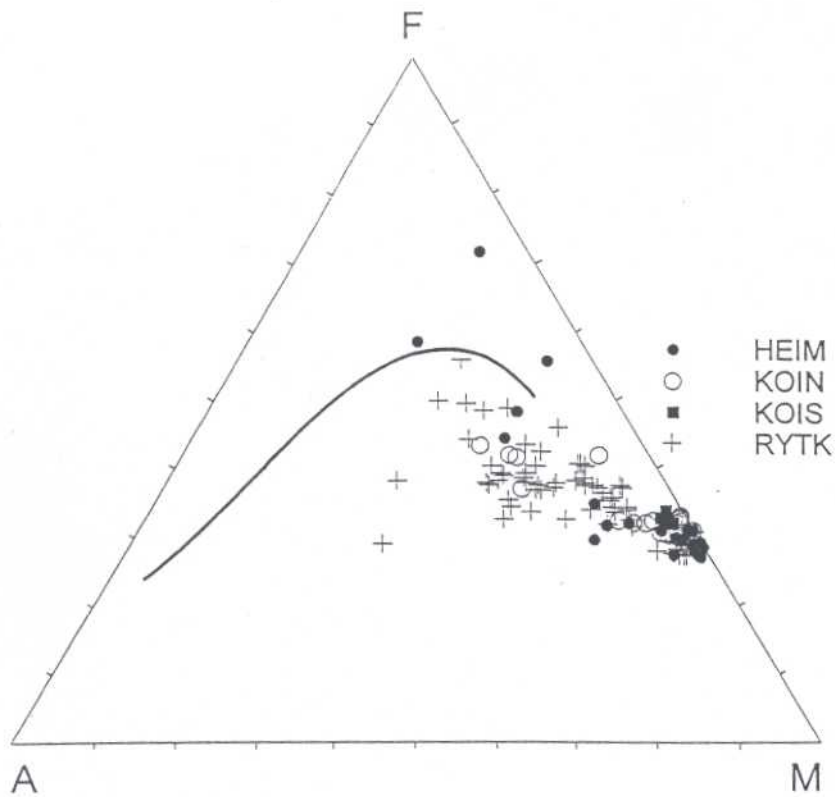
Kuva 82. AFM-diagrammi Ylivieskan kivistä.

Figure 82. AFM-diagram representing geochemistry of Ylivieska rocks.

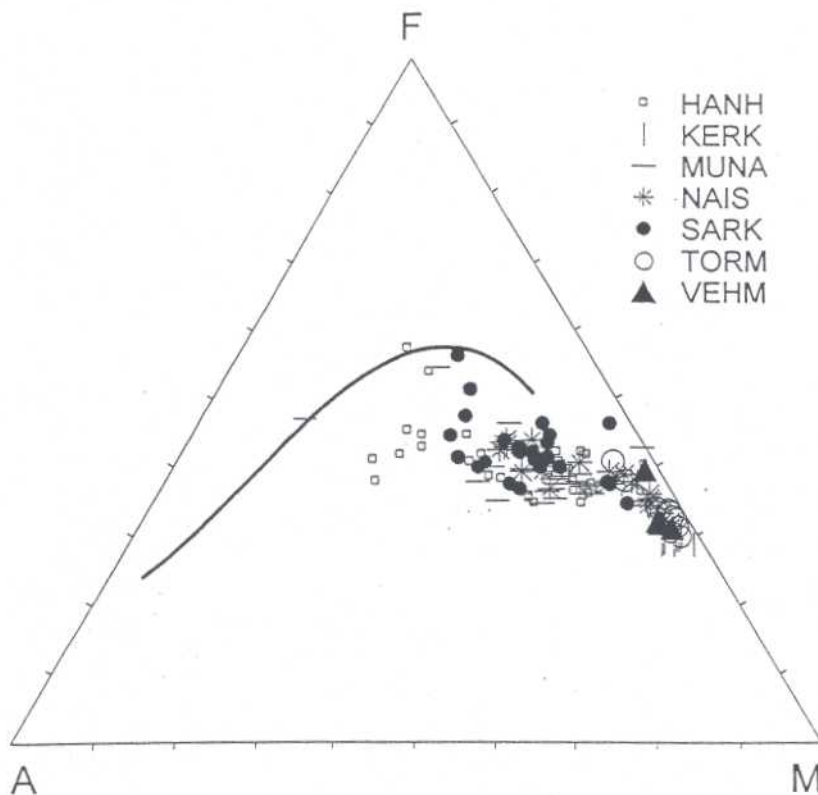


Kuva 83. AFM-diagrammi Kärpänlammen, Kylmälahden, Laaninsaaren, Takkulan ja Varpasen kivistä.

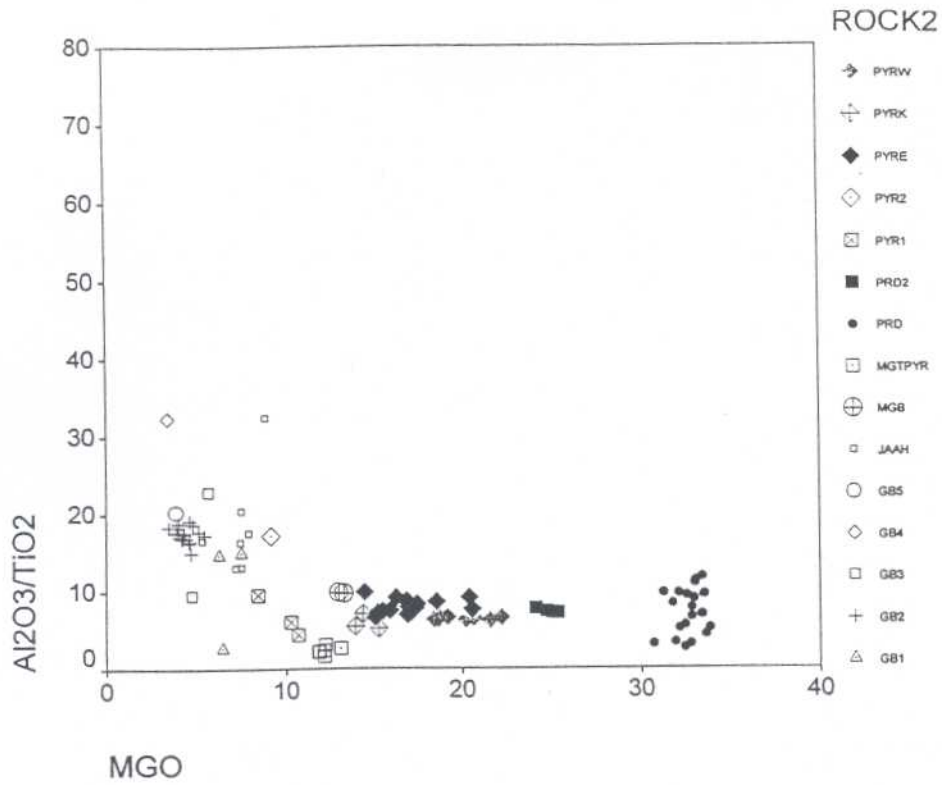
Figure 83. AFM-diagram representing geochemistry of Kärpänlampi, Kylmälahti, Laaninsaari, Takkula and Varpasen rocks.



Kuva 84. AFM-diagrammi Heimonvuoren, Koirus N:n, Koirus S:n ja Rytlyn kivistä.  
 Figure 84. AFM-diagram representing geochemistry of Heimonvuori, Koirus N, Koirus S and Rytky rocks.

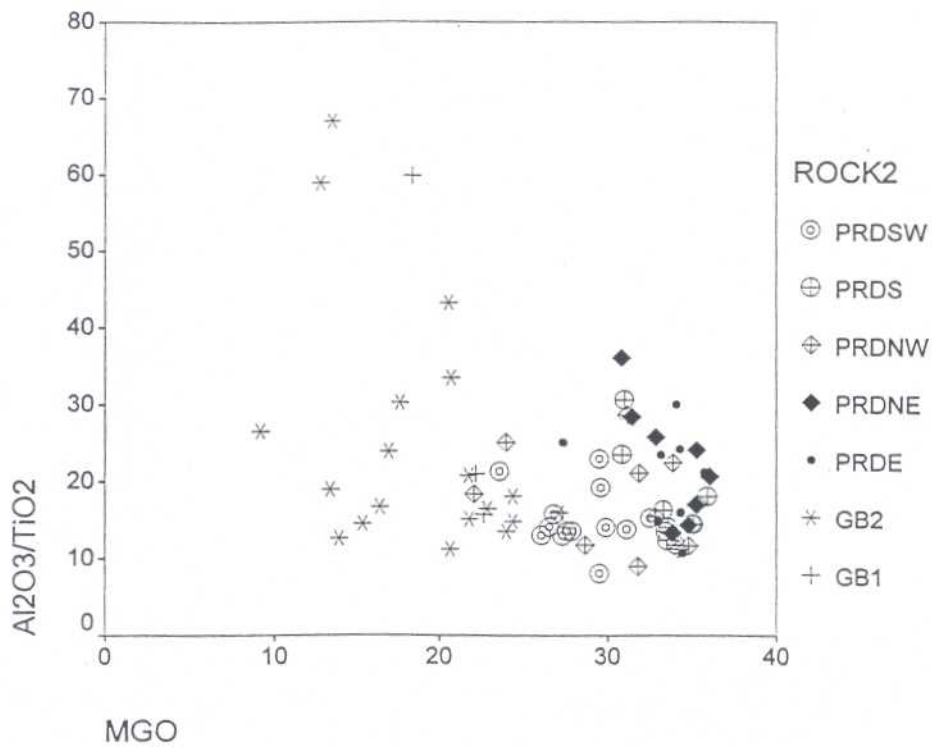


Kuva 85. AFM-diagrammi Hanhisalon, Kerkonkosken, Munaniemen, Naistenraon, Särkiniemen, Törmälän ja Vehmasjoen kivistä.  
 Figure 85. AFM-diagram representing geochemistry of Hanhisalo, Kerkonkoski, Munaniemi, Naistenrako, Särkiniemi, Törmälä and Vehmasjoki rocks.



Kuva 86. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagrammi Luusniemen kivistä.

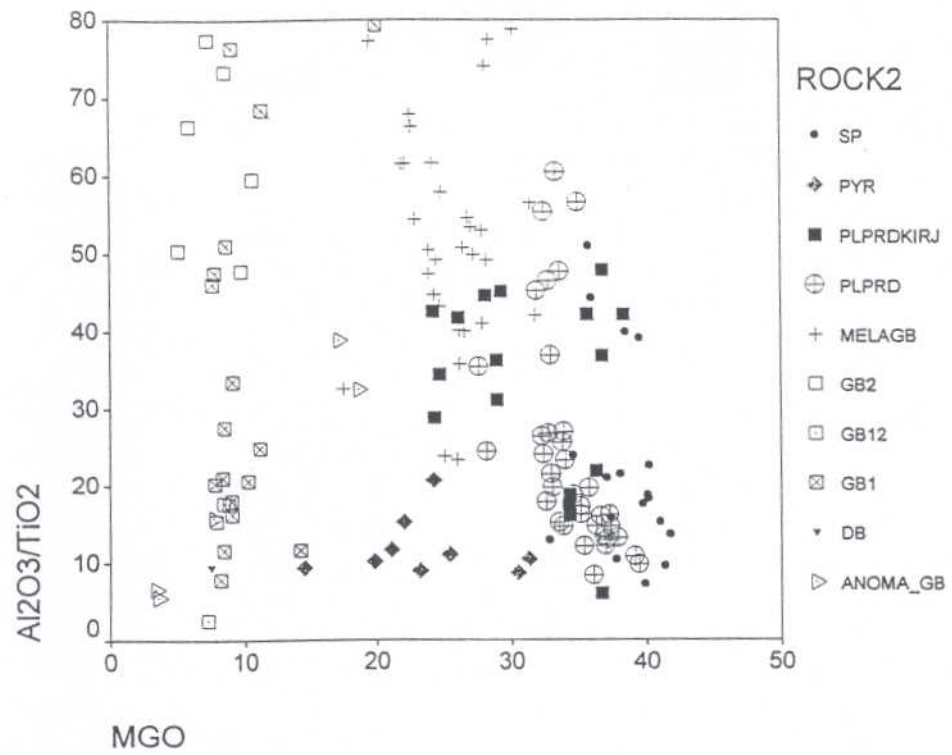
Figure 86. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagram representing geochemistry of Luusniemi rocks.



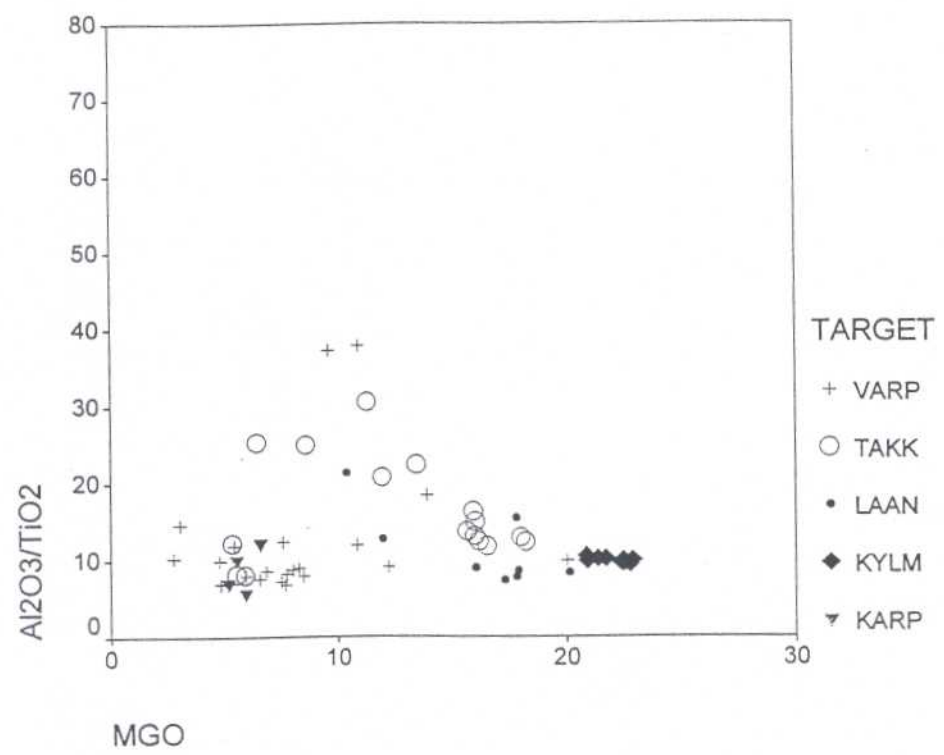
Kuva 87. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagrammi Niinimäen kivistä.

Figure 87. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagram representing geochemistry of Niinimäki rocks.

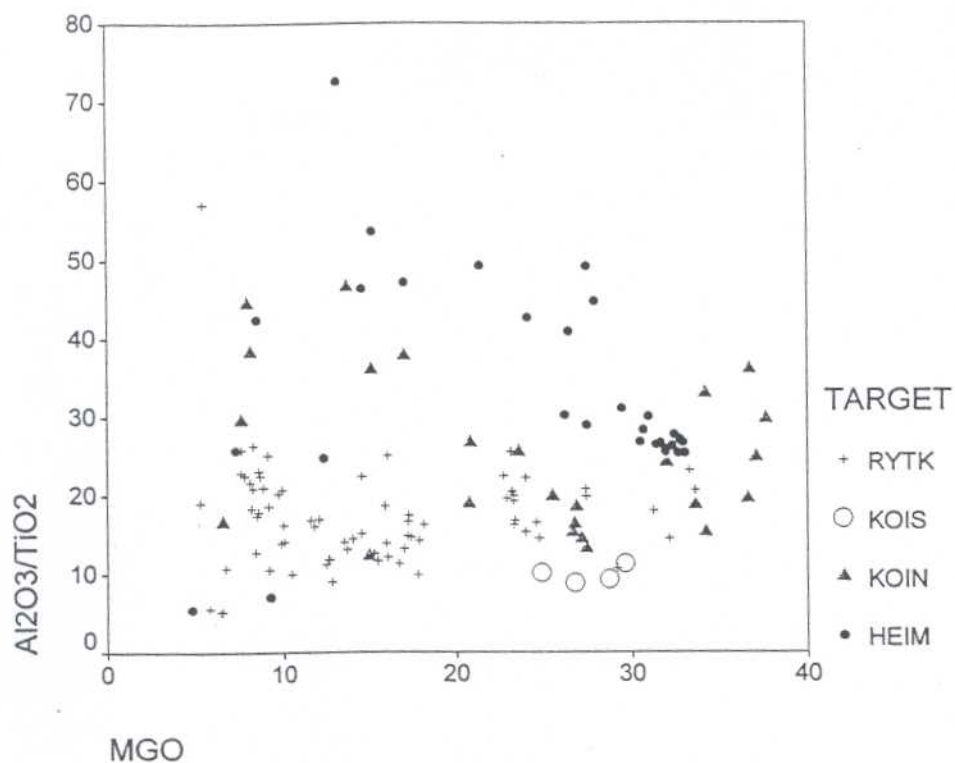




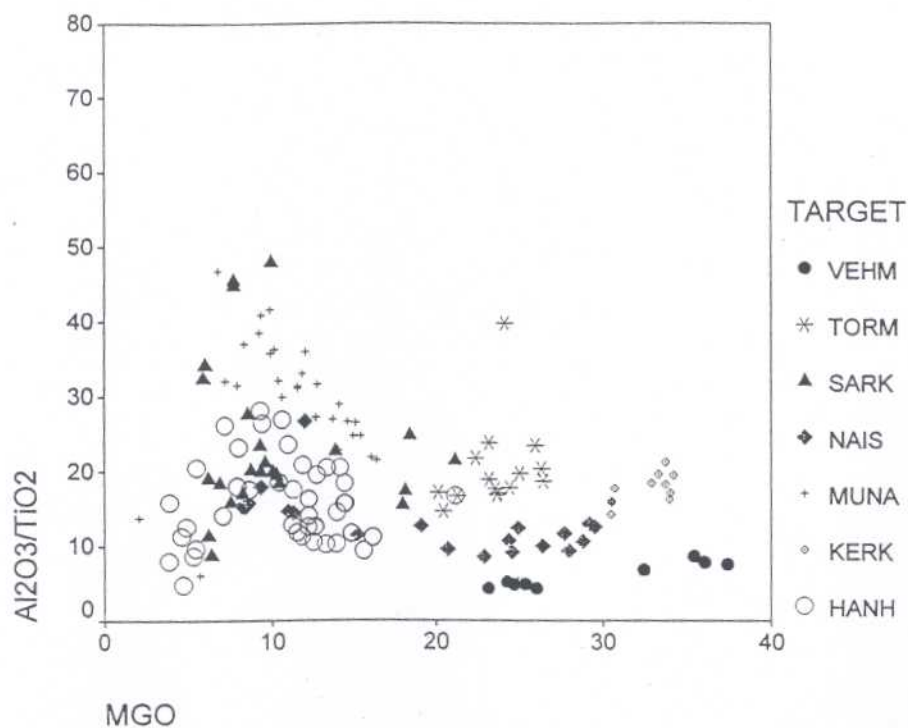
Kuva 88. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagrammi Ylivieskan kivistä.  
 Figure 88. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagram representing geochemistry of Ylivieska rocks.



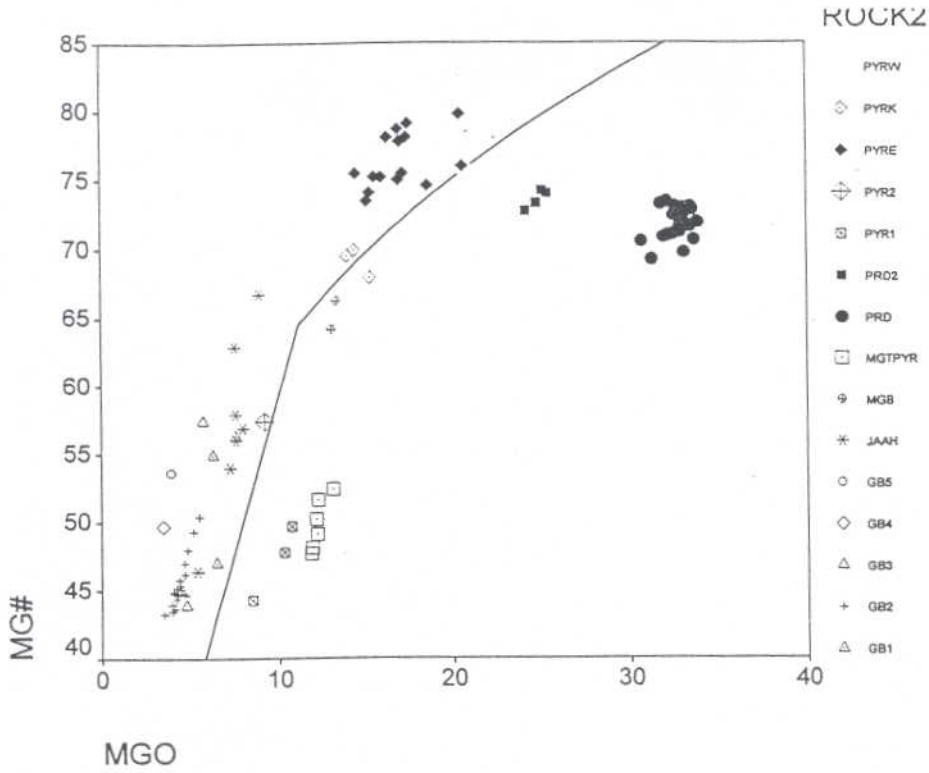
Kuva 89. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagrammi Kärpänlammen, Kylmälahden, Laaninsaaren, Takkulan ja Varpasen kivistä.  
 Figure 89. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagram representing geochemistry of Kärpänlampi, Kylmälahti, Laaninsaari, Takkula and Varpanen rocks.



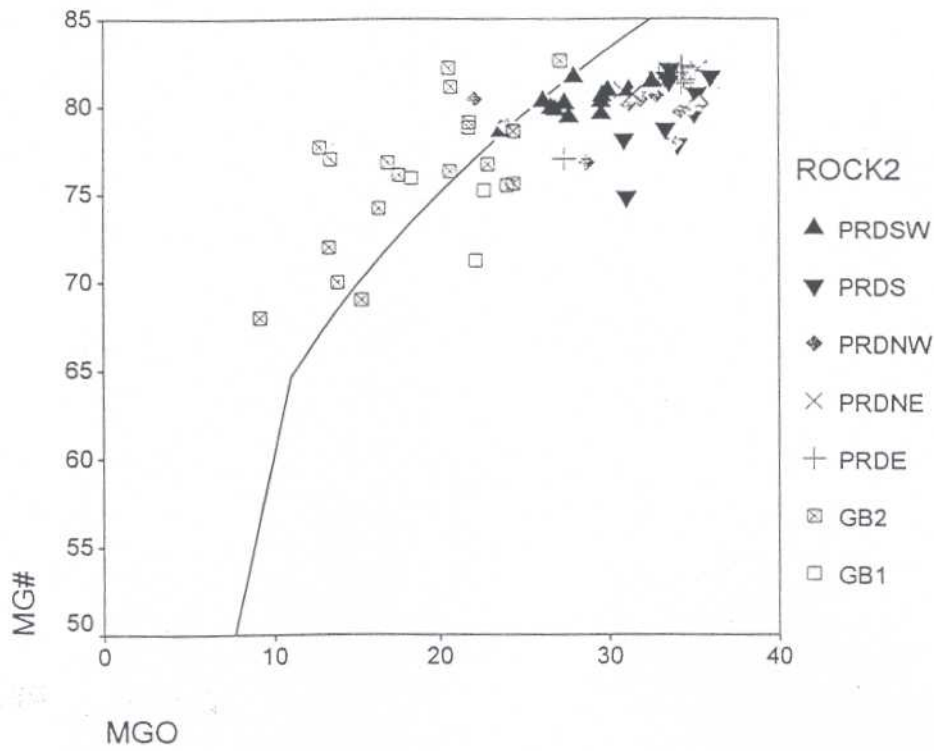
Kuva 90. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagrammi Heimonvuoren, Koirus N:n, Koirus S:n ja Rytky kivistä.  
 Figure 90. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagram representing geochemistry of Heimonvuori, Koirus N, Koirus S and Rytky rocks.



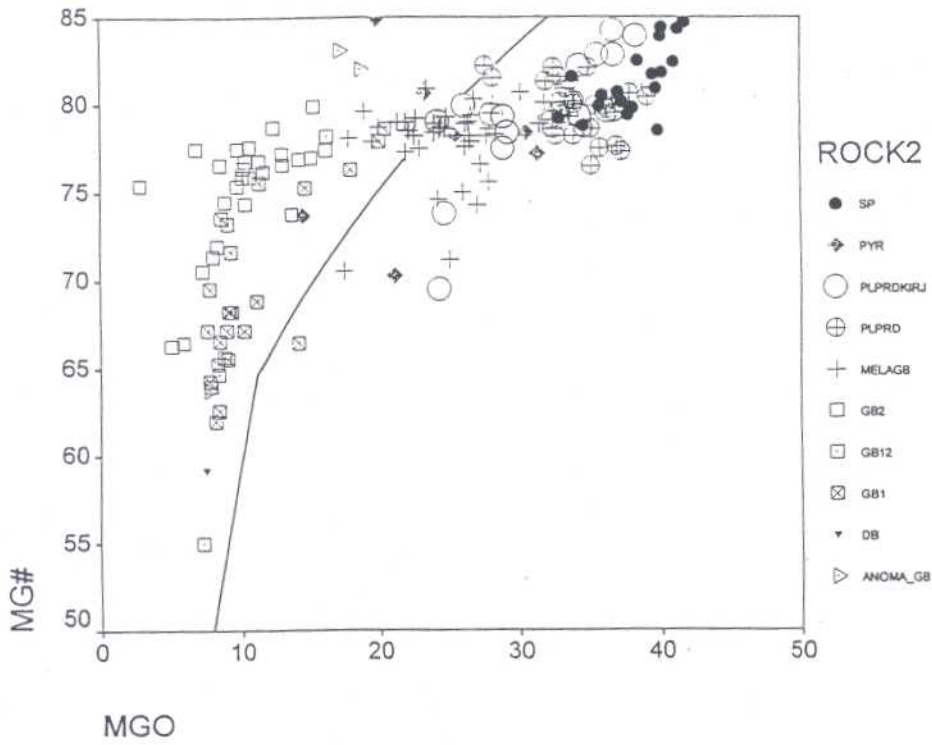
Kuva 91. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagrammi Hanhisalon, Kerkonkosken, Munaniemen, Naistenraon, Särkiniemen, Törmälän ja Vehmasjoen kivistä.  
 Figure 91. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> vs. MgO-diagram representing geochemistry of Hanhisalo, Kerkonkoski, Munaniemi, Naistenrao, Särkiniemi, Törmälä and Vehmasjoki rocks.



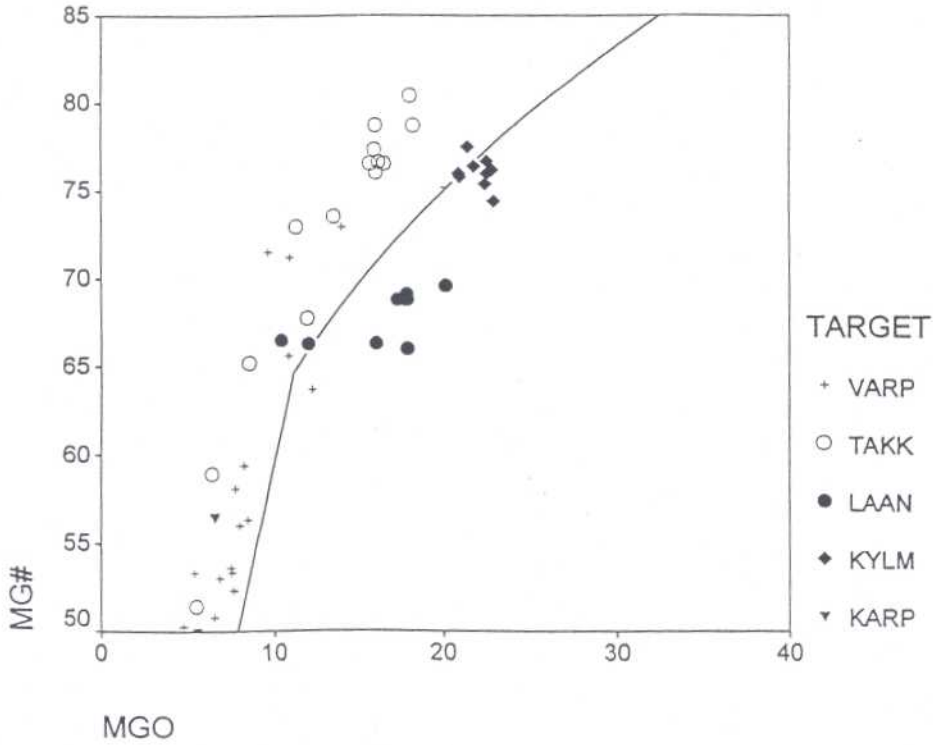
Kuva 92. Mg# vs. MgO-diagrammi Luusniemen kivistä.  
 Figure 92. Mg# vs. MgO-diagram representing geochemistry of Luusniemi rocks.



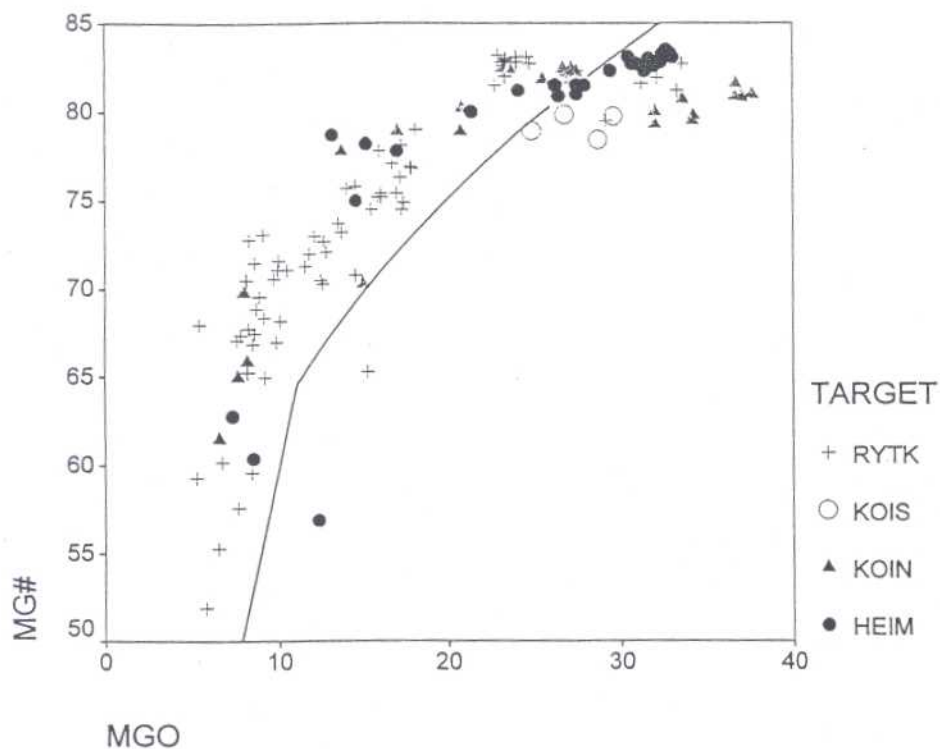
Kuva 93. Mg# vs. MgO-diagrammi Niinimäen kivistä.  
 Figure 93. Mg# vs. MgO-diagram representing geochemistry of Niinimäki rocks.



Kuva 94. Mg# vs. MgO-diagrammi Ylivieskan kivistä.  
 Figure 94. Mg# vs. MgO-diagram representing geochemistry of Ylivieska rocks.

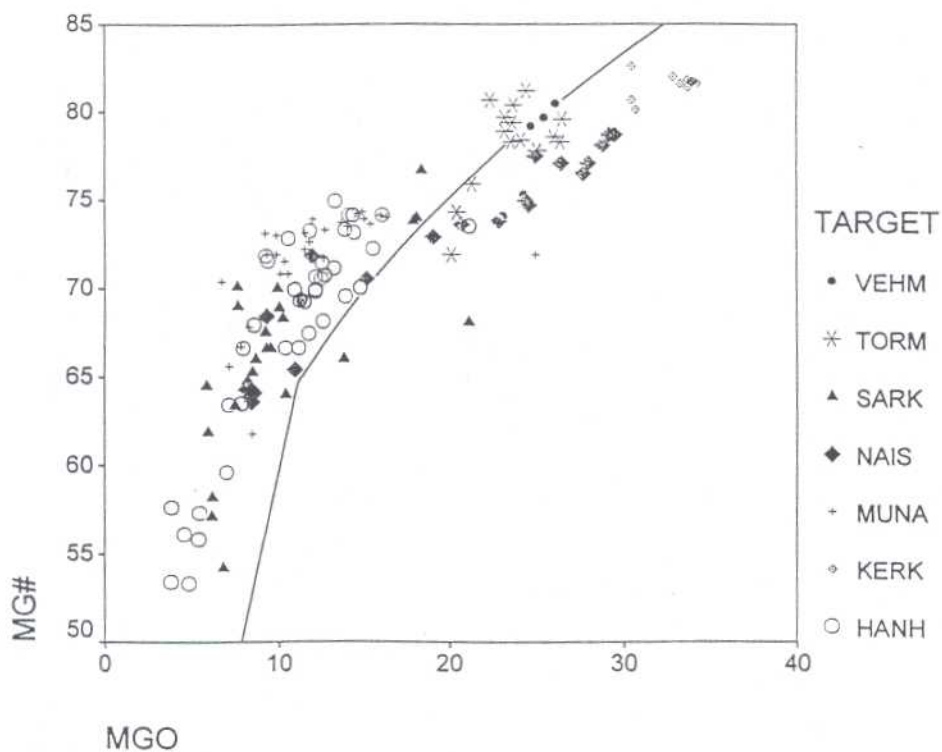


Kuva 95. Mg# vs. MgO-diagrammi Kärpänlammen, Kylmälahden, Laaninsaaren, Takkulan ja Varpasen kivistä.  
 Figure 95. Mg# vs. MgO-diagram representing geochemistry of Kärpänlampi, Kylmälahti, Laaninsaari, Takkula and Varpasen rocks.



Kuva 96. Mg# vs. MgO-diagrammi Heimonvuoren, Koirus N:n, Koirus S:n ja Rytkyn kivistä.

Figure 96. Mg# vs. MgO-diagram representing geochemistry of Heimonvuori, Koirus N, Koirus S and Rytky rocks.



Kuva 97. Mg# vs. MgO-diagrammi Hanhisalon, Kerkonkosken, Munaniemen, Naistenraon, Särkiniemen, Törmälän ja Vehmasjoen kivistä.

Figure 97. Mg# vs. MgO-diagram representing geochemistry of Hanhisalo, Kerkonkoski, Munaniemi, Naistenrako, Särkiniemi, Törmälä and Vehmasjoki rocks.

Taulukko 6. Niinimäen peridotiittien koostumuksista laskettu faktorianalyysi.  
 Table 6. Factor analysis from geochemical data of Niinimäki peridotites.

	F1	F2	F3	F4	F5
SIO2	0.88				
TIO2	0.33			0.87	
AL2O3	0.70		0.43	0.31	0.36
CR2O3		-0.66			
V2O3	0.50			0.60	
FEO	-0.85				
MNO	-0.61	0.31	-0.38		
MGO	-0.75	-0.33		-0.34	
CAO	0.74		-0.41		0.40
RB2O			0.91		
SRO					0.89
BAO			0.91		
NA2O	0.42				0.80
K2O			0.95		
ZRO2				0.90	
P2O5				0.90	
CU		0.94			
NI		0.89			
S		0.95			
ZN	-0.51	0.39			

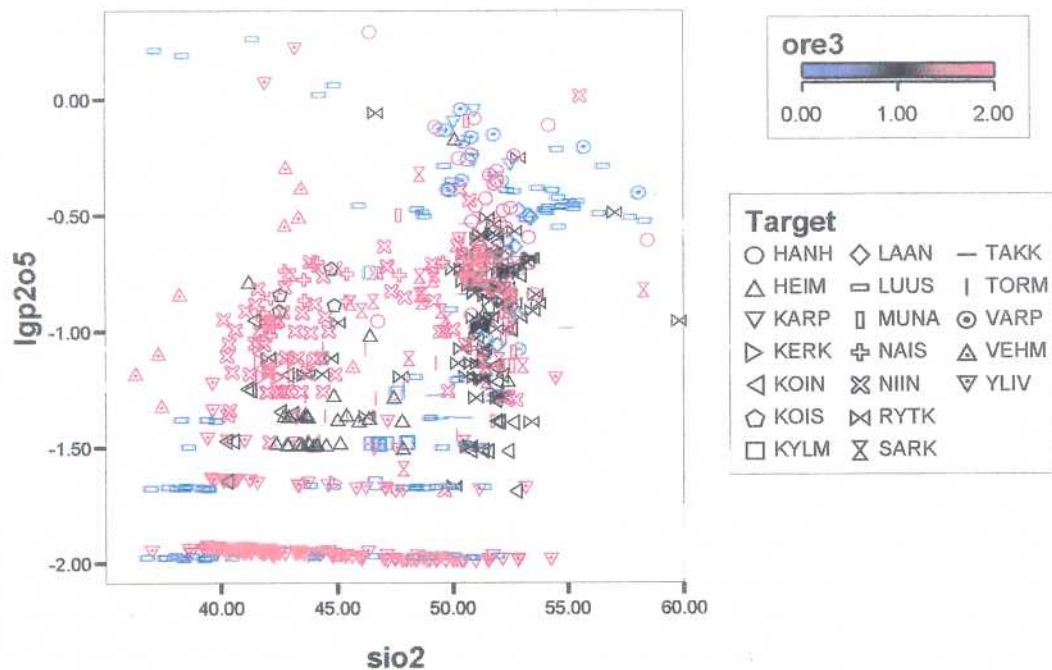
Voimakkain poikkeama normaalista tasapainotrendistä on Luusniemen aineistossa (Kuva 92). Mikro-kooppihavaintojen mukaan osa Luusniemen oliviinista on syöpyntynyt voimakkaasti ja kiteissä on merkkejä preintrusiivivaiheessa syntyneestä deformaatiosta. Magmassa on siten ollut ennen lopullista paikalleen asettumista kidesuspensiota, joka välittömästi intrudoitumisen jälkeen on painunut muodostuman pohjalle. Alhainen Mg-luku sekä oliviinin koostumus (Kuva 112) osoittavat, että magmasta on fraktioitunut runsaasti kiteistä faasia ennen intrudoitumista. Kiteisen faasin muodostuminen on jatkunut ja lopulta näin muodostunut kide- ja sulafaasi ovat tunkeutuneet nykyiselle paikalleen. Samalla intrusion malmipotentialisuus on laskenut merkittävästi.

Yleistettynä todetaan, että malmipotentialisessa magmassa on tapahtunut vain vähän fraktioivaa kiteytymistä ennen paikalleen asettumista, jolloin mm. kiteytymisessä vapautunut latentti lämpö edesauttaa sivukivestä tapahtuvaa kontaminaatiota (Makkonen 1996, Peltonen 1995). Sen vuoksi oletettiin, että malmipotentialisissa intrusioissa kiteytymistrendi on enemmän samansuuntainen tasapainokäyrän (MgO vs. Mg#) kanssa kuin malmittomissa intrusioissa.

Koko aineiston pitoisuusjakaumien vertailu malmipotentialisuuden suhteen (Kuvat 98-101) ei tuonut esille mitään yksiselitteisiä eroja hivenalkuaineiden pitoisuustasoissa. Ylivieska eroaa muista kohteista selvimmin alhaisten  $TiO_2$ - ja  $P_2O_5$ -pitoisuuksien perusteella. Niinimäessä sen sijaan vastaavien alkuaineiden pitoisuustaso on suhteellisen korkea. Myös pienikokoisissa kohteissa kuten Naistenrako ja Vehmasjoki tasot ovat korkeita. Ylivieskassa ilmeisesti ei ole tapahtunut kontaminaatiota, kuten muissa em. kohteissa.

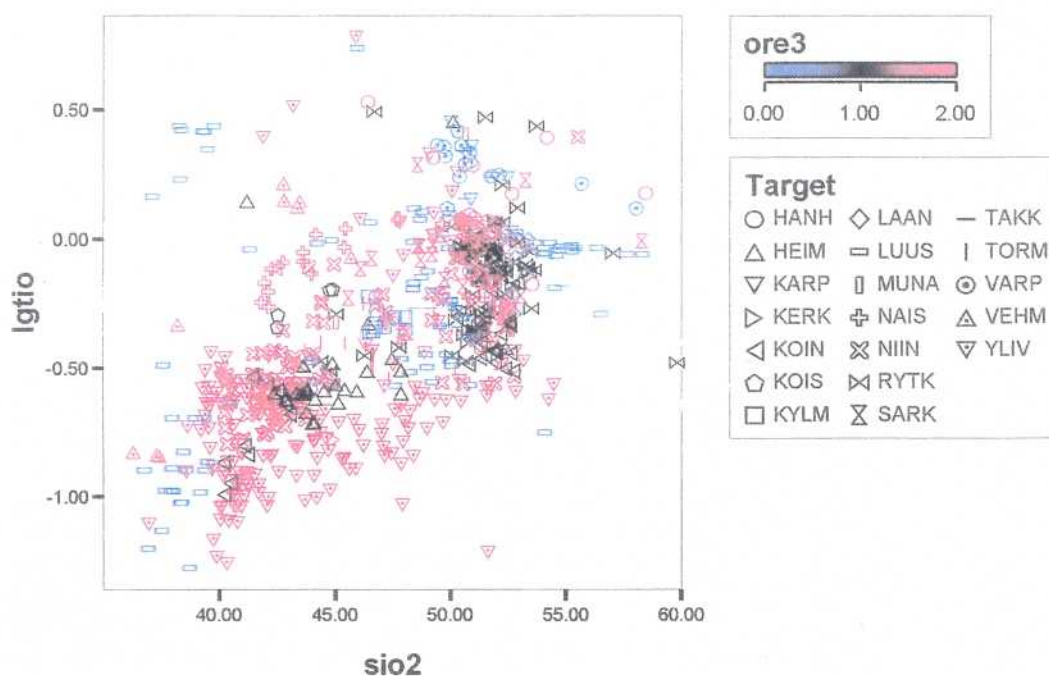
Pääalkuaineista alkalimetallien ( $K_2O$ ,  $Na_2O$ , Kuva 102) pitoisuustaso näyttää malmipotentialisissa kivissä (luokat 1 ja 2) olevan systemaattisesti korkeampia kuin malmittomissa kivissä. Yksittäisten kiillegneissien keskellä olevien gabromurskaleiden koostumus ei poikkea muusta aineistosta. Yhdessä Jäppilän alueen näytteessä on  $CaO/Al_2O_3$ -suhde  $> 1$ .

Gabroamfiboliiteista ei ole tehty erillisiä alkuainejakaumakuvioita, mutta tässä yhteydessä on kuitenkin syytä mainita, että ne sisältävät muihin aineistossa oleviin kiviin nähden runsaasti  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Ba}$  ja  $\text{K}_2\text{O}$ . Vastaavasti  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -pitoisuus on alhainen. Koostumus viittaa kontaminoitumiseen.



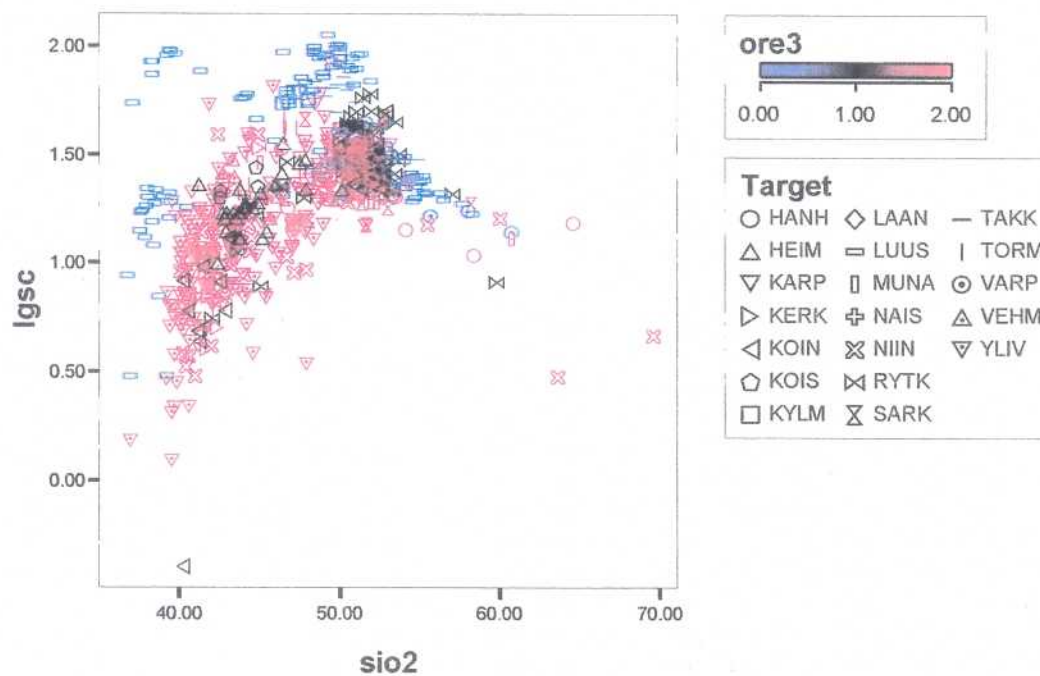
Kuva 98.  $\text{P}_2\text{O}_5$  vs.  $\text{SiO}_2$ -diagrammi kohteittain. Y-akseli on logaritminen. Ore3-muuttujan jaottelu 0-2 vastaa malmipotentiaalisuuden perusteella tehtyä jaottelua.

Figure 98.  $\text{P}_2\text{O}_5$  vs.  $\text{SiO}_2$ -diagram representing composition of the targets. Y-axis is logarithmic. The division 0-2 of the ore3-variable corresponds ore potentiality of the targets.



Kuva 99.  $\text{TiO}_2$  vs.  $\text{SiO}_2$ -diagrammi kohteittain. Ore3-muuttujan jaottelu 0-2 vastaa malmipotentialisuuden perusteella tehtyä jaottelua.

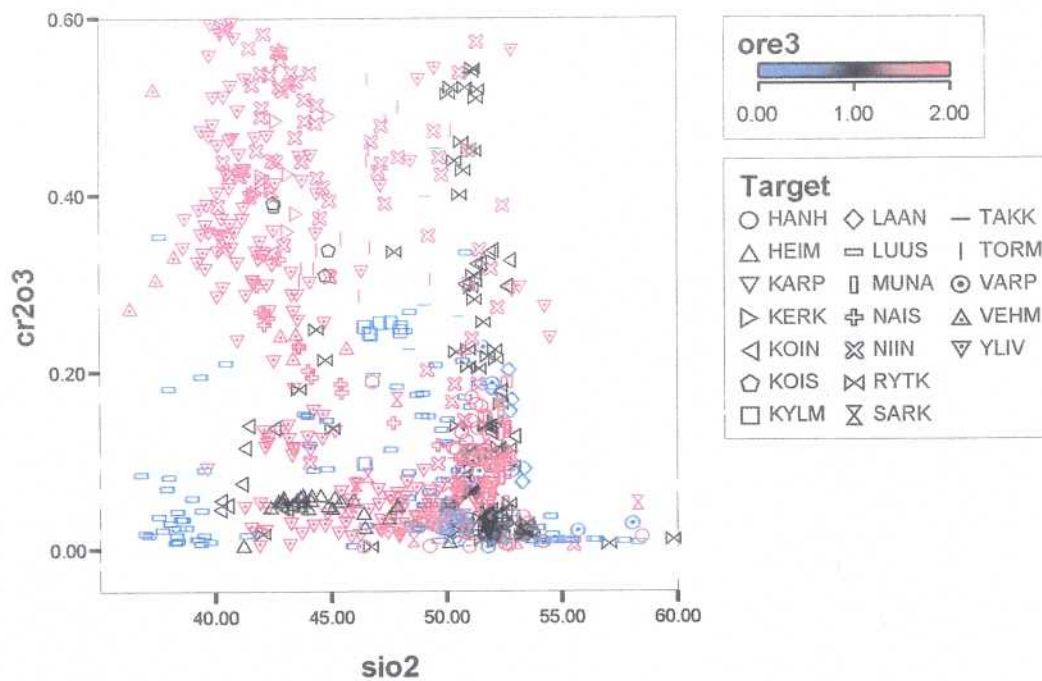
Figure 99.  $\text{TiO}_2$  vs.  $\text{SiO}_2$ -diagram representing composition of the targets. The division 0-2 of the ore3-variable corresponds ore potentiality of the targets.



Kuva 100. Sc vs.  $\text{SiO}_2$ -diagrammi kohteittain. Y-akseli on logaritminen. Ore3-muuttujan jaottelu 0-2 vastaa malmipotentialisuuden perusteella tehtyä jaottelua.

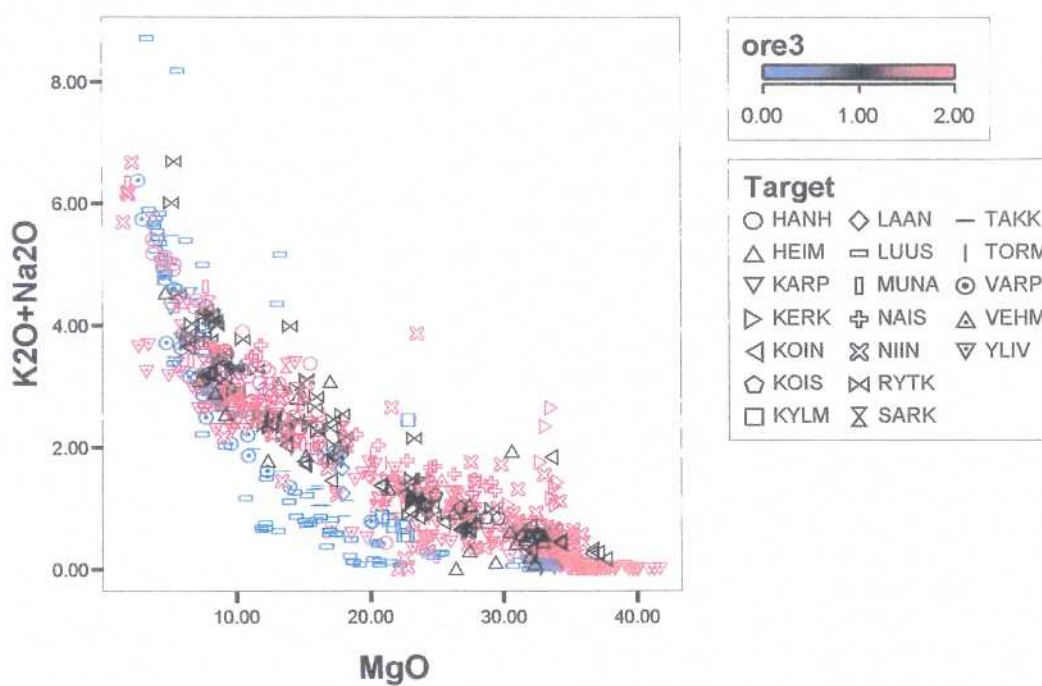
Figure 100. Sc vs.  $\text{SiO}_2$ -diagram representing composition of the targets. Y-axis is logarithmic. The division 0-2 of the ore3-variable corresponds ore potentiality of the targets.





Kuva 101.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  vs.  $\text{SiO}_2$ -diagrammi kohteittain. Ore3-muuttujan jaottelu 0-2 vastaa malmipotentialisuuden perusteella tehtyä jaottelua.

Figure 101.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  vs.  $\text{SiO}_2$ -diagram representing composition of the targets. The division 0-2 of the ore3-variable corresponds ore potentiality of the targets.



Kuva 102.  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  vs.  $\text{MgO}$ -diagrammi kohteittain. Ore3-muuttujan jaottelu 0-2 vastaa malmipotentialisuuden perusteella tehtyä jaottelua.

Figure 102.  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  vs.  $\text{MgO}$ -diagram representing composition of the targets. The division 0-2 of the ore3-variable corresponds ore potentiality of the targets.

### REE-analyysit

Kunkin kohteen REE-analyysit kondriittinormalisoitiin ja piirrettiin APE-ohjelmalla (Kuvat 103-105). Lisäksi jokaisesta kohteesta laskettiin REE-alkuaineiden pitoisuuskeskiarvot, jotka myös piirrettiin samalla periaatteella (Kuva 106).

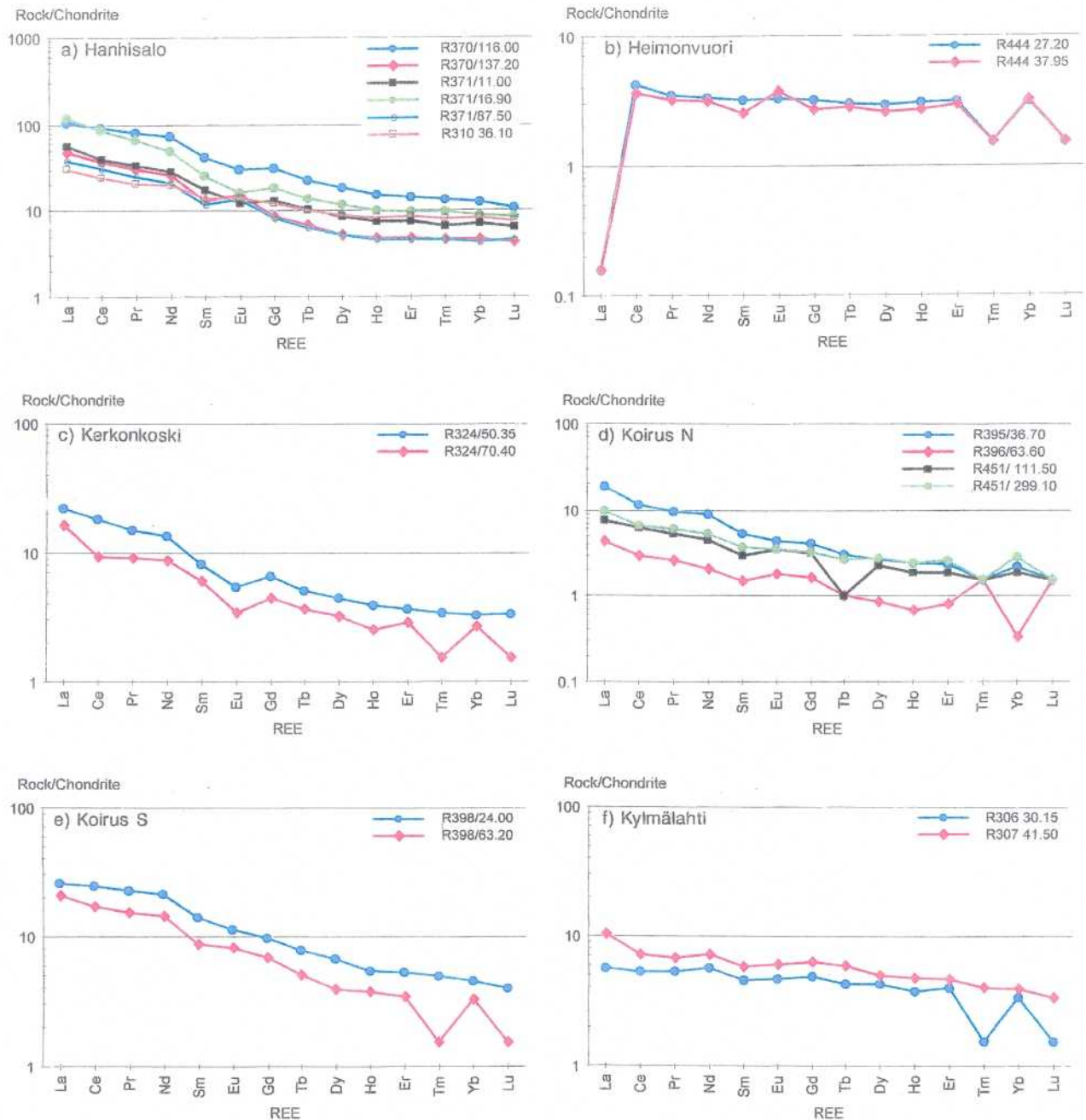
Petrologisessa ja muussa geokemiallisessa luokittelussa omana ryhmänään esiintyvissä klinopyrokseenivaltaisissa Kylmälahden, Luusniemen ja Takkulan näytteissä on Ce/Yb-suhteet ovat pieniä (Kuva 106) ja normalisoitu kokonaistaso pysyy lähes kokonaan 1 - 10 välillä (Kuvat 103f, 104a ja f). Takkulan näytteistä pyrokseeniitti (JEM-95-107) on muihin vastaaviin kiviin parempi vertalukohde kuin jäähtymisreunus (JEM-95-113.2). Poikkeuksena tästä on Vehmasjoki, joka on lievästi CaO-voittainen, sisältäen runsaasti REE-alkuaineita. CaO-voittoisissa kivissä taso on sama kuin Juvan alueen vastaavissa peridotiiteissa, sekä varsinaisissa Vammalan peridotiiteissa (Makkonen 1996, Peltonen 1995). Samalla tasolla ovat myös myös Heimonvuoren, Särkiniemen ja Törmälän näytteet, vaikka kivilajisarjat sisältävät plagioklaasia. Myös Ylivieskan plagioklaasia sisältävien ja  $Al_2O_3$ -voittoisten kivien (Kotalahti-tyyppi) REE-taso ja Ce/Yb-suhde on sama kuin Vammala-tyyppisissä kivissä. Geokemiallisesti tämä voidaan esittää siten, että CaO/ $Al_2O_3$ - ja Ce/Yb-suhteet eivät korreloi keskenään (Kuva 106). Myöskään yhteyttä AFM-kuyaajissa oleviin trendeihin ei ole havaittavissa. Voidaan siis todeta, että REE-alkuaineiden taso tai pitoisuussuhteet eivät ole suorassa yhteydessä Kotalahti-tyyppin esiintymiseen. Sen sijaan Vammala-tyyppin magmatismille näyttää olevan ominaista alhainen REE-taso ja alhainen Ce/Yb-suhde, kuten Juvan ja Vammalan alueilla. Ilmeisesti Vammala-tyyppin magmatismi on tapahtunut kauttaaltaan suljetummassa systeemissä kuin Kotalahti-tyyppin magmatismi, jossa olosuhteet ovat mahdollistaneet laajemman pää- ja hivenalkuaineiden koostumusjakauman.

Malmipotentialisuuden suhteen voidaan todeta lähes sama kuin edellä, eli malmittomissa kohteissa on vain alhaisen LREE-tason omaavia kiviä (Kylmälahti, Luusniemi, Takkula). Malmipotentialisissa kohteissa sen sijaan voi olla alhainen REE-taso ja alhainen Ce/Yb-suhde (Heimonvuori, Särkiniemi ja Törmälä) tai toisaalta korkeampi (Hanhisalo, Niinimäki ja Vehmasjoki). Jos malminmuodostus selitetään pelkästään kontaminaatiolla, on sen täytynyt olla paikoin melko selektiivistä, jolloin sulfidifaasi on osallistunut voimakkaimmin magman ja sivukiven väliseen reaktioon. Erikoista tässä on se, että esim. Särkiniemessä on alhaiset REE-tasot, vaikka  $TiO_2$ - ja  $P_2O_5$ -pitoisuudet ovat keskimääräiset tai korkeahkot muiden vastaavien kivien koostumukseen (Kuvat 98 ja 99). Ylivieskasta voidaan todeta, ettei ainakaan REE-taso eikä muukaan hivenalkuainetaso viittaa kontaminaatioon ja siten mahdolliseen malminmuodostukseen. Paras esimerkki kontaminaatiosta ja malmipotentialisuudesta on Vehmasjoki, missä  $P_2O_5$ -,  $TiO_2$ - ja LREE-pitoisuudet ovat erittäin korkeita (Kuvat 98, 99 ja 105d). Serpentiinitissä (R329/34.30) taso on kuitenkin varsin alhainen. Osa tasoerosta johtuu MgO-pitoisuuden vaihtelusta (MgO = 37.36 %, 26.07 %, 25.43 %; R329/34.30, R346/47.00, R346/50.15), mutta muuhun aineistoon verrattuna REE-tasoero on suurin MgO-pitoisuuteen suhteutettuna. Siksi kysymys lieneekin osittaisesta in situ-kontaminaatiosta.

Niinimäessä intruusion pohjan peridotiiteissa on korkeammat REE-pitoisuudet kuin ylemmissä peridotiiteissa. Tämä viittaa siihen, että kontaminaatio on osittain tapahtunut paikallisesti, eivätkä kontaminoituneet komponentit ole aina rikastuneet jäännösmagmaan. Vm. tapaus edellyttäisi konvektiossa tapahtuvaa magman sekoittumista.

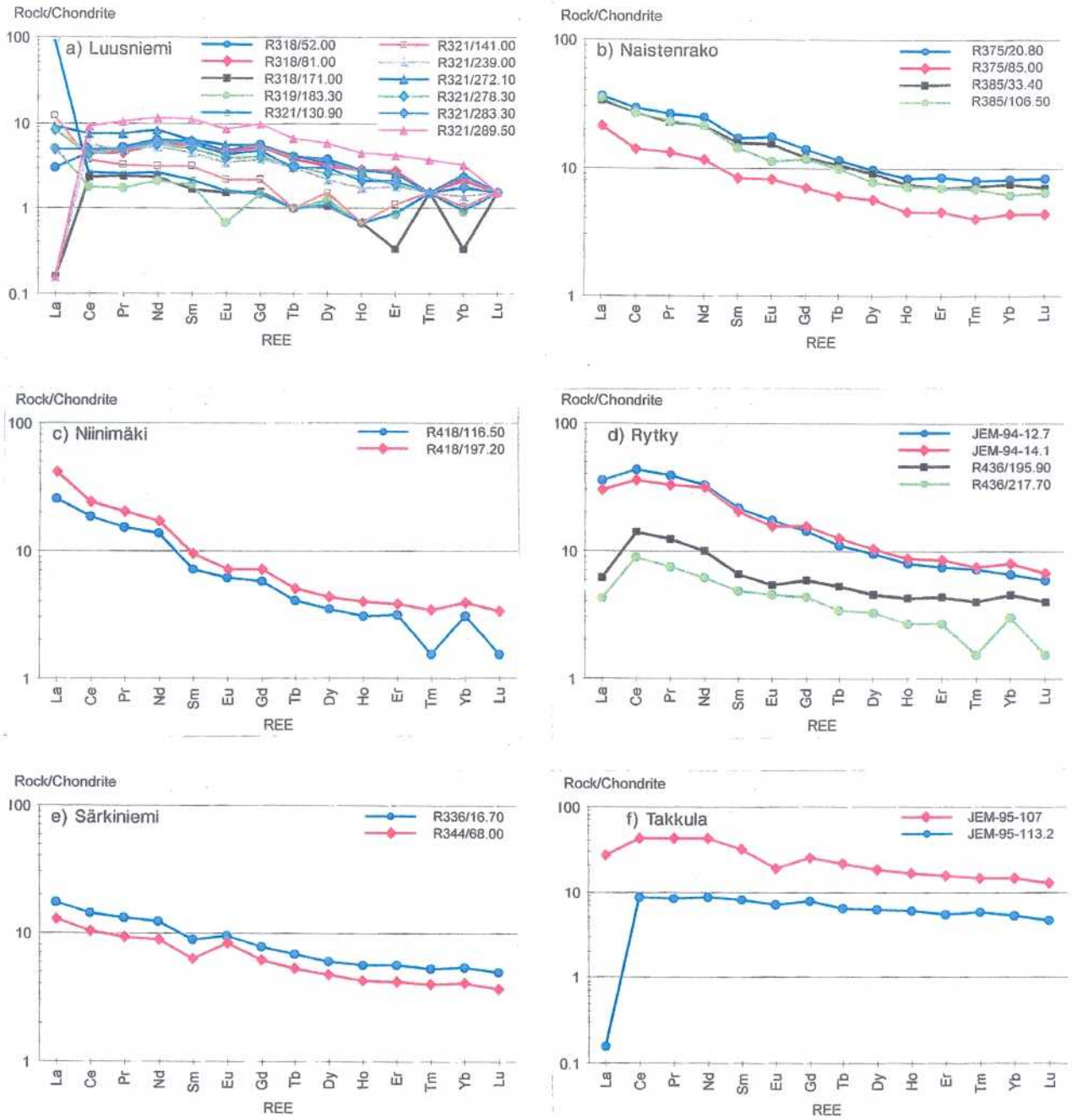
Ylivieskassa MgO-pitoisuus korreloi hyvin Ce-pitoisuuden kanssa muissa paitsi näytteissä OMK-93-48.1 ja OMK-93-30.1, jossa Ce-pitoisuus on MgO-pitoisuuteen nähden verraten alhainen. Ne kuuluvat ryhmään GB2, joten ko. kivilajiryhmä ei ilmeisesti ole suora peridotiittien differentiaatti.

Ilvesjärven (Kuva 105e) gabroamfiboliittien REE-käyrät olivat samantyyppisiä kuin Hanhisalon kivissä, joten tässä suhteessa ne eivät edusta kovin poikkeavaa magmatismia.

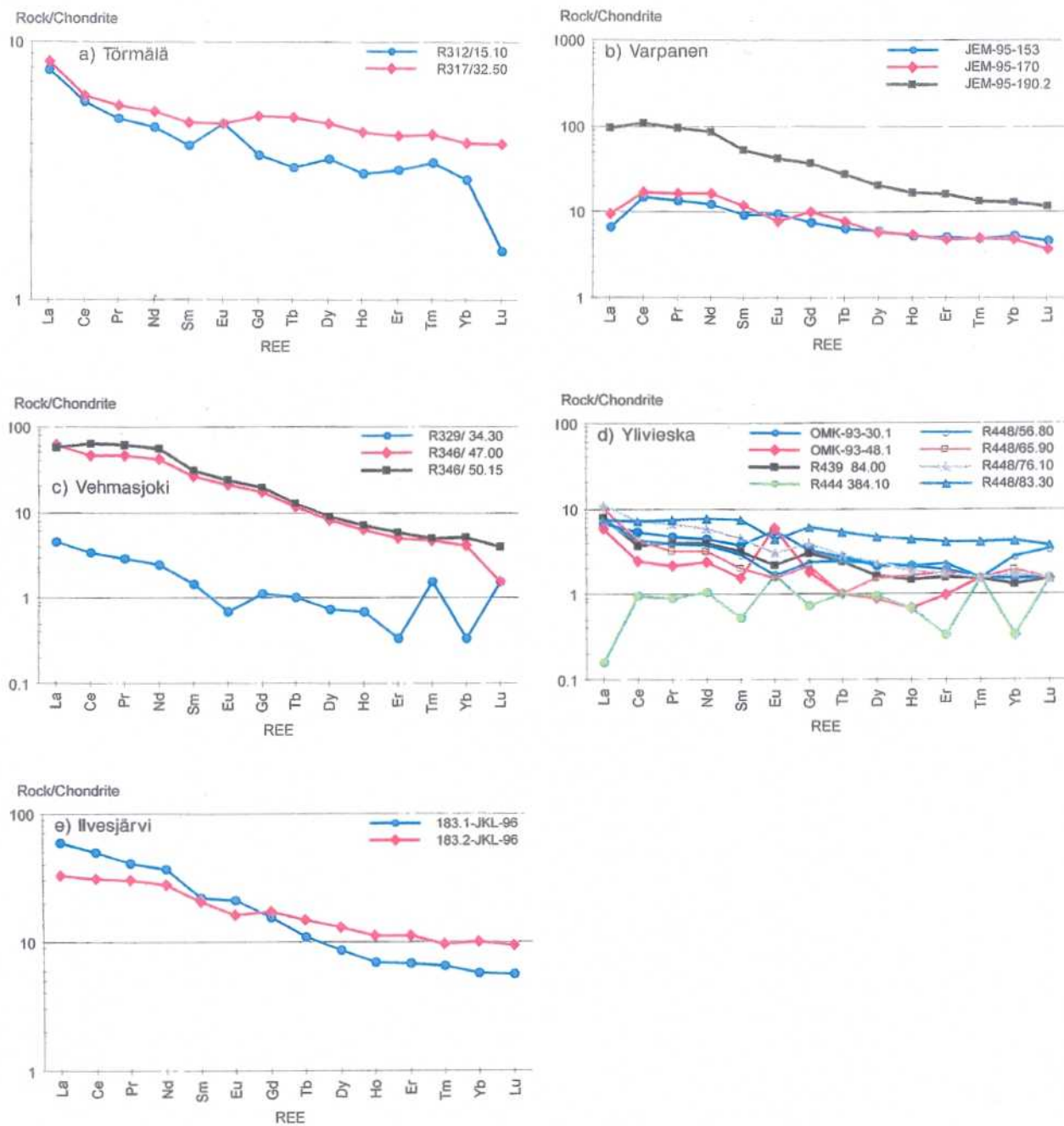


Kuva 103. Intruusioiden kondriittinormalisoidut REE-pitoisuudet: a) Hanhisalo, b) Heimonvuori, c) Kerkonkoski, d) Koirus N, e) Koirus S, f) Kylmälahti.

Figure 103. Chondrite normalized REE-contents of the intrusions: a) Hanhisalo, b) Heimonvuori, c) Kerkonkoski, d) Koirus N, e) Koirus S, f) Kylmälahti.

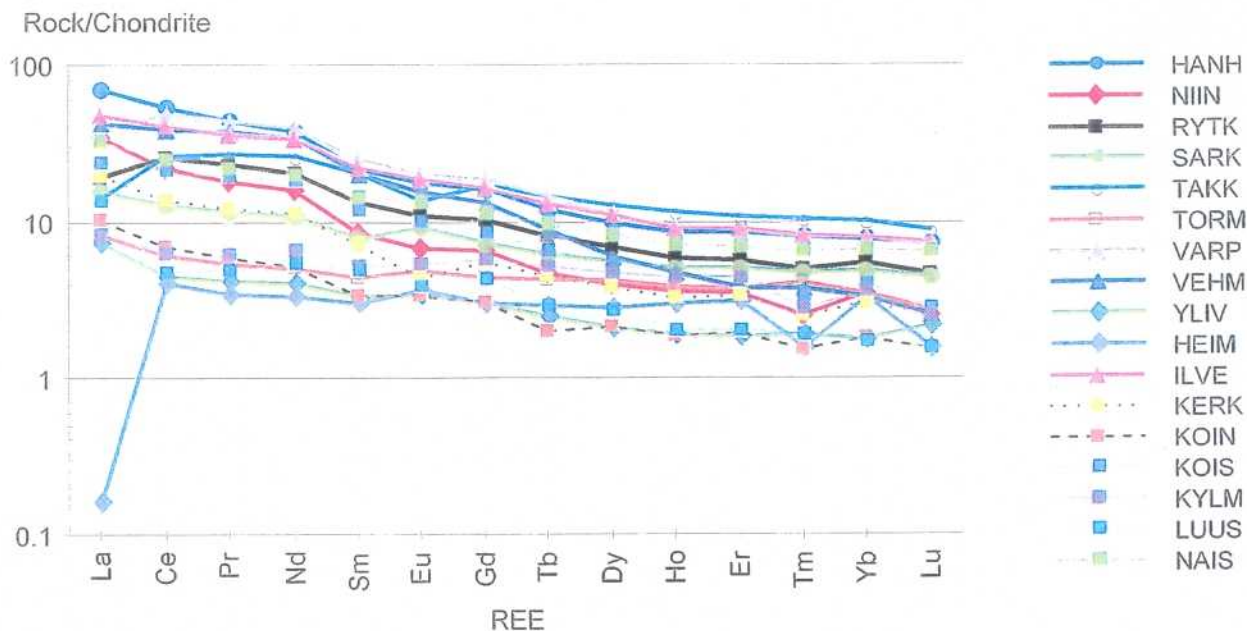


Kuva 104. Intrusioiden kondriittinormalisoidut REE-pitoisuudet: a) Luusniemi, b) Naistenrako, c) Niinimäki, d) Rytky, e) Särkiniemi, f) Takkula.  
 Figure 104. Chondrite normalized REE-contents of the intrusions: a) Luusniemi, b) Naistenrako, c) Niinimäki, d) Rytky, e) Särkiniemi, f) Takkula.

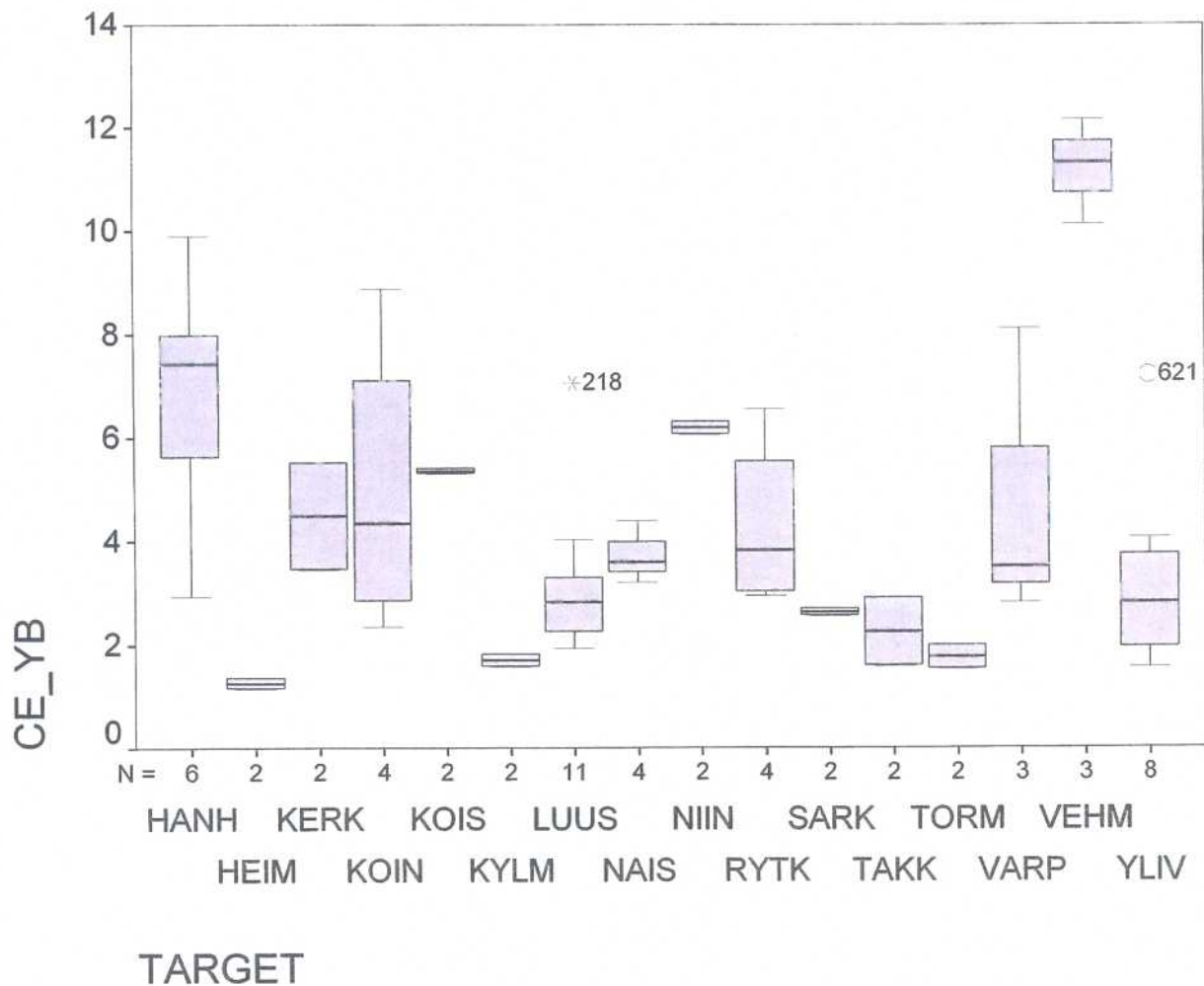


Kuva 105. Intrusioiden kondriittinormalisoidut REE-pitoisuudet: a) Törmälä, b) Varpanen, c) Vehmasjoki, d) Ylivieska, e) Ilvesjärvi.

Figure 105. Chondrite normalized REE-contents of the intrusions: a) Törmälä, b) Varpanen, c) Vehmasjoki, d) Ylivieska, e) Ilvesjärvi.



Kuva 106. Kondriittinormalisoidujen REE-pitoisuuksien keskiarvot kohteittain.  
 Figure 106. The average chondrite normalized REE-contents of the targets.



Kuva 107. Kondriittinormalisoidut Ce/Yb-suhteet kohteittain.  
 Figure 107. Chondritenormalized Ce/Yb-ratios of the targets.

### *Oliviinin koostumus*

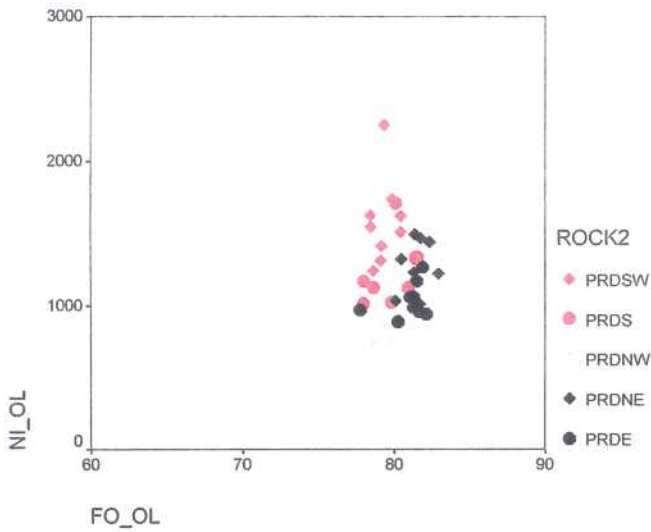
Oliviinin koostumusta tarkasteltiin saman jaottelun pohjalta kuin edellä. Selvimmin muusta aineistosta poikkesivat alhaisen Fo- ja Ni-pitoisuuksien perusteella malmittomat Luusniemen ja Kylmälahden näytteet (Kuvat 108 ja 112). Korkeimmat Ni-pitoisuudet tavataan Ylivieskan, Niinimäen ja Rytbyn intruutioissa. Muihin malmipotentialisiin kohteisiin verrattuna (Kuvat 109-111) magma on intrudoitumisvaiheessa ollut hyvin heikosti sulfidikylläinen, koska Ni:n on ollut mahdollista sitoutua oliviiniin. Erityisesti tämä pätee Rytbyn kohteeseen, missä sulfidikylläisyys on saavutettu vasta gabroluokan kivissä, joten runsaasti Ni sisältävän oliviinin kiteytyminen on ollut mahdollista. Mikäli Rytbyn magma olisi ollut sulfidikylläinen intrudoitumishetkellä tai olisi tapahtunut in situ-kontaminaatiota, Rytbyssä olisi ollut Ni-malmin esiintymiselle hyvät mahdollisuudet. Ylivieskan intruutioissa oliviinin koostumus viittaa siihen, että oliviini on kiteytynyt osittain tasapainossa sulfidifaasin kanssa. Erityisesti tämä pätee serpentiniitteihin, missä Ni-pitoisuuden vaihtelu Fo-pitoisuuteen nähden on jyrkkää. Pyrokseniitit poikkeavat sekä oliviinin että muun koostumuksen perusteella voimakkaasti muista intruusioiden kivistä, sillä pyrokseniittien oliviinissa on erittäin runsaasti Ni. Suurin pitoisuus on 6733 ppm (ei näy kuvassa 109), joten pyrokseniittiluokan oliviini on kiteytynyt sulfidiköyhästä magmasta.

Kokokivikoostumuksen mukaan Ylivieskan kirjava peridotiitti (PLPRDKIRJ) jakaantuu kahteen ryhmään, joista oliviinin Fo-pitoisuus on alhaisempi vähemmän MgO-sisältävässä ryhmässä (esim. Kuva 88). Samaa kaksijakoisuutta ei kuitenkaan ole havaittavissa oliviinin Ni-pitoisuudessa (Kuva 109). Muutamia tapauksia lukuun ottamatta suurin osa oliviinista Ylivieskassa sisältää Ni alle 1300 ppm. Tämän pitoisuuden alapuolella Ni-pitoisuuden väheneminen Fo:n suhteen ei ole niin voimakasta kuin esim. Niinimäen tapauksessa (Kuvat 109 ja 110), joten ainakaan sen perusteella suuria määriä sulfidisulaa ei ole magmasta erkaantunut.

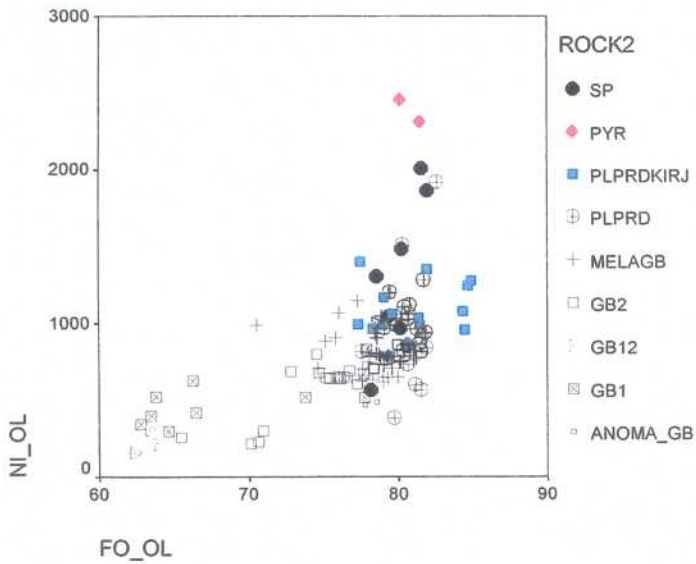
Niinimäen oliviinissa on tapahtunut voimakas Ni:n köyhtyminen Fo-pitoisuuden pienetessä, mikä sopii hyvin sulfidipitoisen magman differentiaatiotrendiin. Tässäkään tapauksessa ensimmäiset oliviinikiteet eivät näytä kiteytyneen tasapainossa sulfidifaasin kanssa, vaan sulfidiaines on erkaantunut kiteytymisdifferentiaation aikana. Päätelmää tukee kivilajiryhmien geokemiallinen koostumusjakauma (Kuva 93, Taulukko 6). On kuitenkin huomattava, että ryhmissä koillisosan peridotiitti (PRDNE) ja itäosan peridotiitti (PRDE) koostumusvaihtelu on suppeampaa kuin muissa kivilajityypeissä. Vaikka ne ovat malmittomia kivilajiryhmiä, viittaa Ni-pitoisuuden vaihtelu jonkinasteiseen sulfidien erkaantumiseen myös niissä. Malmipotentialisista kivistä ovat oliviinin koostumuksen mukaan kiteytyneet ensiksi lounais- ja eteläosan peridotiitit (PRDSW ja PRDS) sekä viimeiseksi luoteisosan peridotiitti (PRDNW).

Muissa malmipotentialisissa intruutioissa ei Ni-pitoisuuden vaihtelu Fo:n suhteen ole ollut kovin voimakasta, kuten esim. Naistenraossa (Kuva 113). Näissä kohteissa kiteytyminen on kuvien 96 ja 97 perusteella tapahtunut melko lähellä tasapaino-olosuhteita, joten alhainen oliviinin Ni-pitoisuus johtunee sulfidifaasin erkaantumisesta ennen oliviinin kiteytymistä. Eräs mahdollisuus Vehmasjoen alhaisiin Ni-pitoisuuksiin voisi olla kiteytymisen jälkeinen tasapainottuminen sulfidisulan kanssa. Oliviinin ympärillä esiintyvä koronarakenne on tyyppinen plagioperidotiittisissa kivissä, missä kumulusoliviinin ympärillä on interkumulusplagioklaasia (Heimonvuori, Naistenrako, Rytby, Särkiniemi, Törmälä, Ylivieska).

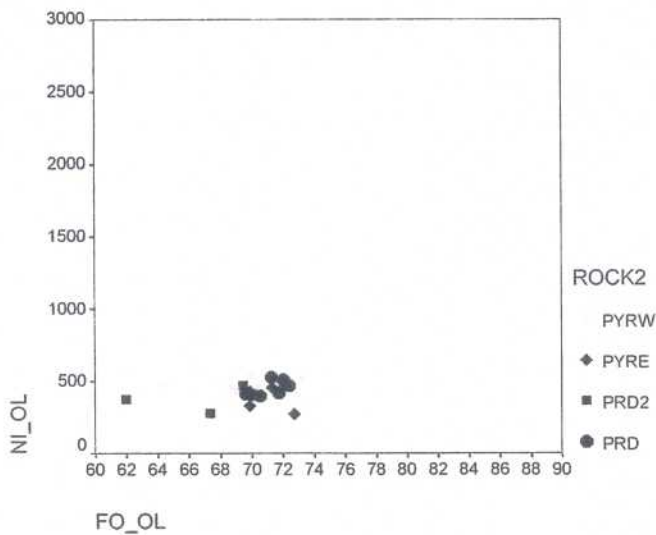
Sikäli kuin oliviinin alkuperäistä muotoa on enää jäljellä, ovat oliviinirakeet tyyppillisiä pyöreämuotoisia ja melko omamuotoisia rakeita. Näin näyttää olevan myös muissa malmipotentialisissa intruutioissa, joten oliviini on kiteytynyt melko tasapainoisissa olosuhteissa. Luusniemessä sen sijaan oliviini on voimakkaasti syöpynyt, mikä osoittaa kiteytymisen jälkeistä epätasapainoa. Malmipotentialisuuteen tällä saattaa olla merkitystä siten, että jos preintruusiivaiheessa on tapahtunut silikaattien kiteytymistä, on sulfidifaasin poistuminen systeemistä ollut todennäköistä. Tällöin myöhemmin intrudoituvan aineksen malmipotentialisuus vähenee.



Kuva 108. Luusniemen oliviinin forsteriitti- (FO\_OL) ja Ni-pitoisuudet (NI\_OL).  
 Figure 108. Forsterite (FO\_OL) and Ni (NI\_OL) content of olivines in Luusniemi.

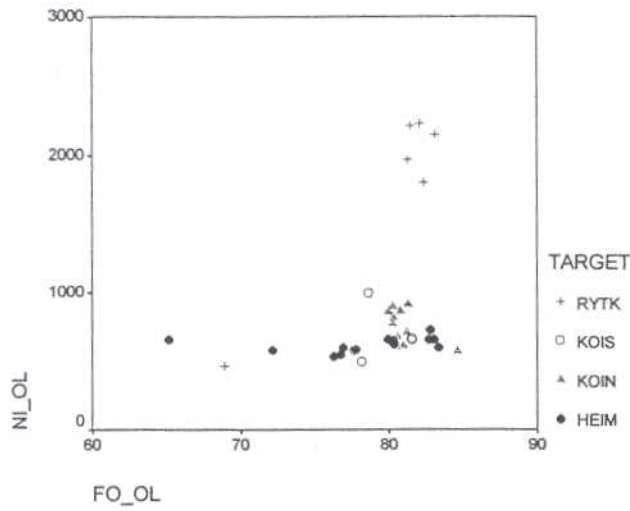


Kuva 109. Ylivieskan oliviinin forsteriitti- (FO\_OL) ja Ni-pitoisuudet (NI\_OL).  
 Figure 109. Forsterite (FO\_OL) and Ni (NI\_OL) content of olivines in Ylivieska.

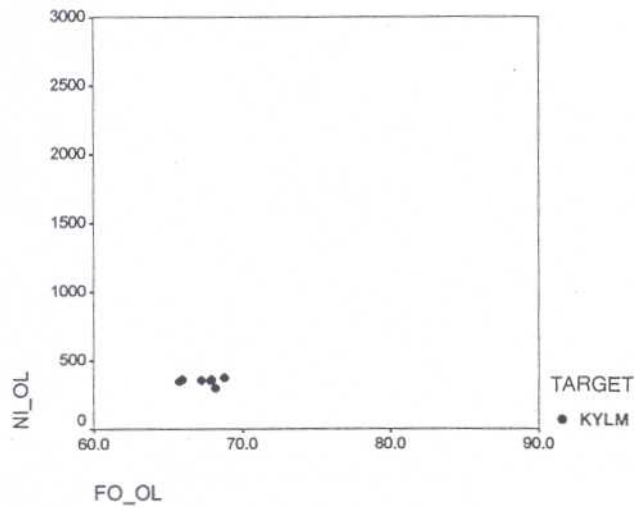


Kuva 110. Niinimäen oliviinin forsteriitti- (FO\_OL) ja Ni-pitoisuudet (NI\_OL).  
 Figure 110. Forsterite (FO\_OL) and Ni (NI\_OL) content of olivines in Niinimäki.

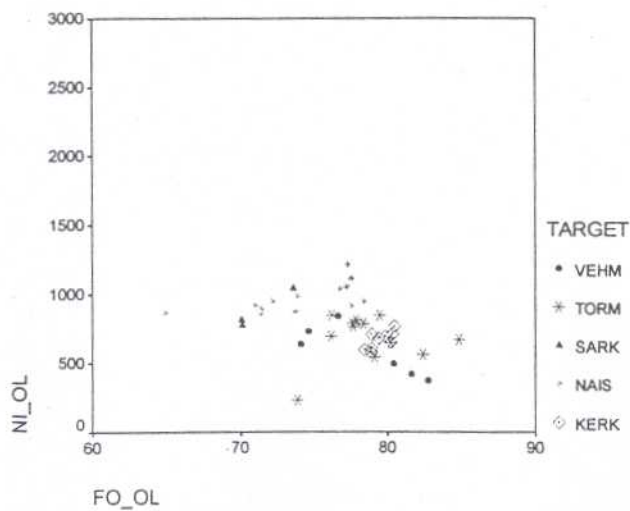




Kuva 111. Oliivin forsteriitti- (FO\_OL) ja Ni-pitoisuudet (NI\_OL) Heimonvuoren, Koirus\_N:n, Koirus\_S:n ja Rytlyn kivistä  
*Figure 111. Forsterite (FO\_OL) and Ni (NI\_OL) content of olivines in Heimonvuori, Koirus\_N, Koirus\_S and Rytky rocks.*



Kuva 112. Oliivin forsteriitti- (FO\_OL) ja Ni-pitoisuudet (NI\_OL) Kylmälahden kivistä.  
*Figure 112. Forsterite (FO\_OL) and Ni (NI\_OL) content of olivines in Kylmälahti rocks.*



Kuva 113. Oliivin forsteriitti- (FO\_OL) ja Ni-pitoisuudet (NI\_OL) Vehmasjoen, Törmälän, Särkiniemen, Naistenraon ja Kerkonkosken kivistä.  
*Figure 113. Forsterite (FO\_OL) and Ni (NI\_OL) content of olivines in Vehmasjoki, Törmälä, Särkiniemi, Naistenrako and Kerkonkoski rocks.*

## Tallium

Lantanidianaalyysien yhteydessä määritettiin kivistä myös Tl. Tarkoituksena oli selvittää, miten mahdollinen sulfidifaasin erkaantuminen on vaikuttanut kiven koostumukseen. Menetelmä perustuu Tl:n lito- ja kalkofiiliseen luonteeseen. Mikäli sulfideja ei ole läsnä, Tl käyttäytyy yksiarvoisten alkalimetallien (esim. K) tavoin ja rikastuu jäännössulaan. Jos taas sulfideja on erkaantunut, Tl sitoutuu sulfideihin, jolloin Tl/alkalimetallisuhde muuttuu (McGoldrick et al. 1979).

Graafista esitystä varten laskettiin kaikkien analysoitujen alkalimetallien tulo ( $K_2O \cdot Na_2O \cdot Rb$ ), jota käytettiin logaritmisena X-akselilla (Kuva 114). Y-akselille piirrettiin sekä Tl-pitoisuus S-pitoisuudella jaettuna (114a) että pelkkä Tl-pitoisuus (114b).

Merkittävin piirre kuvassa 114 on malmittomien intruusioiden (Kylmälahti, Luusniemi, Takkula) hieman korkeampi Tl/alkali-suhde muihin kohteisiin verrattuna. Sen perusteella malmittomissa kivissä ei ole missään vaiheessa tapahtunut sulfidien erkaantumista. On kuitenkin mahdollista, että osa Luusniemen suuresta Tl/S-suhteesta johtuu S:n hapettumisesta. Alkuainesuhteiden perusteella voitaneen olettaa, että Koirus S on malmipotentiallisempi kuin Koirus N.

Tl:n kalkofiilisuus näkyy Vehmasjoen tapauksessa, missä koko aineiston suurimmat Tl- ja S-pitoisuudet ovat samassa näytteessä. Niinimässä sekä absoluuttinen että suhteellinen Tl-pitoisuus laskee kun siirrytään intruusion pohjalta ylöspäin (Kuva 114, kaksi näytettä). Differentiaation aikana tapahtunut sulfidien erkaantuminen on ilmeisesti köyhdyttänyt residuaalin Tl-pitoisuutta suhteessa alkaleihin.

Samantyyppinen Tl-pitoisuuden vaihtelu on Heimovuorella, missä syvemmällä sijaitseva ja emäksisempi ( $Fo_{OL} = 83.34$ ,  $Ni_{OL} = 598$ ) sisältää suhteellisesti ja absoluuttisesti enemmän Tl kuin ylempänä oleva ja hieman vähemmän emäksinen peridotiitti ( $Fo_{OL} = 82.76$ ,  $Ni_{OL} = 725$ ). Myös Koirus S:ssä on samanlainen TL:n vaihtelu oliviinin koostumukseen verrattuna. Särkiniemessä rikkiin suhteutettuna Tl-pitoisuus laskee kiven muuttuessa happamemmaksi, joten suhteellinen Tl-pitoisuus näiden esimerkkien perusteella kuvaa sulfidien fraktioitumista.

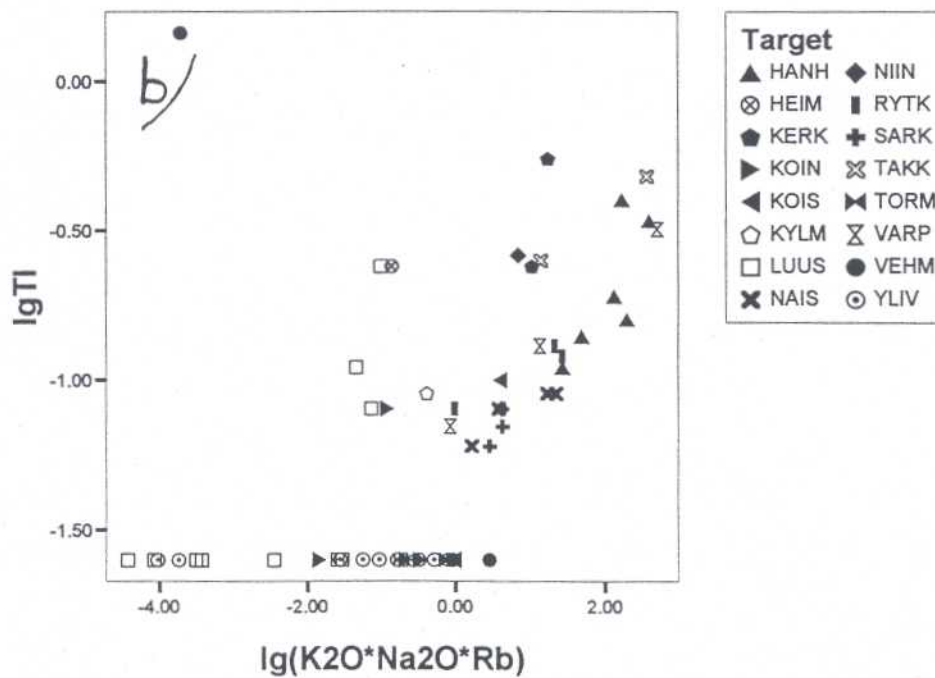
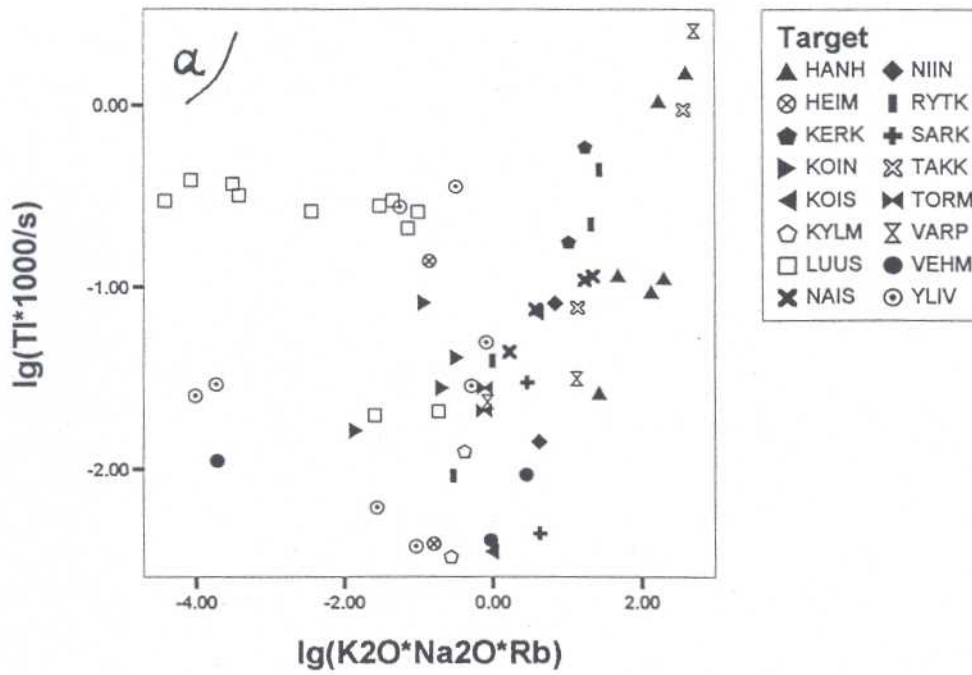
Ylivieskassa ovat absoluuttiset Tl-pitoisuudet kauttaaltaan alhaisia, mutta S-pitoisuuteen suhteutettuna vaihtelu on voimakasta erityisesti pyrokseeniteissa (Kuva 114a). Pienimpiä arvoja saavat kivet sisältävät oliviinia, jonka Ni-pitoisuus on yli 2000 ppm.

### *Kantamagman koostumus*

Kantamagman koostumusta arvioitiin kohteista kerättyjen jäähtymisreunusten avulla ja lisäksi APE-ohjelmistolla laskemalla. Laskenta perustuu Chain & Naldrettin (1992) Jinchuanin intruusiosta tekemään mallitukseen, jossa kantamagman koostumus arvioitiin oliviinikumulaattien interkumulussuhteiden perusteella.

Laskennassa määritettiin ensiksi suurin oliviinin forsteriittipitoisuus. Mikäli se oli suurempi kuin analysoitu forsteriittipitoisuus, valittiin lähtökohdaksi laskennallinen arvo ja päinvastoin. Samassa yhteydessä laskettiin kantamagman MgO-pitoisuus oliviinin koostumuksen perusteella (Kaavat 7 ja 9, Makkonen 1996).

Taulukossa 7 on esitetty kantamagman MgO-pitoisuus laskettuna oliviinin koostumuksesta sekä APE-ohjelmistolla käyttäen hyväksi kokokivianaalysejä. Muutamista kohteista ei ollut riittävästi oliviinikumulaatteja, joten niitä ei otettu mukaan laskentaan.



Kuva 114. a) Alkalien tulo ( $K_2O \cdot Na_2O \cdot Rb$ ) vs. rikillä normalisoitu Tl-pitoisuus kohteittain, b) Alkalien tulo ( $K_2O \cdot Na_2O \cdot Rb$ ) vs. Tl-pitoisuus kohteittain. Molemmat akselit ovat logaritmisia.  
 Figure 114. a) The product of alkalis ( $K_2O \cdot Na_2O \cdot Rb$ ) vs. S-normalized Tl content of the targets. b) The product of alkalis ( $K_2O \cdot Na_2O \cdot Rb$ ) vs. Tl content of the targets. Both axes are logarithmic.

Taulukko 7. Kantamagman MgO-pitoisuus laskettuna oliviinin koostumuksesta ja kokokivianalyyseistä.  
 Table 7. MgO content of the parental magma calculated from olivine composition (MgO Oliv) and whole rock composition.

Kohde	MgO_Oliv	MgO_kokokivi
HEIM (Heimonvuori)	10.70	11.47
KYLM (Kylmälahti)	6.20	
LUUS (Luusniemi)	7.38	6.73
NAIS (Naistenrako)	8.95	15.76
KERK (Kerkonkoski)	9.65	
KOIN (Koirus N)	11.17	12.92
KOIS (Koirus S)	10.06	
NIIN (Niinimäki)	10.54	9.95
RYTK (Rytky)	10.62	19.01
SARK (Särkiniemi)	8.01	
TORM (Törmälä)	12.69	16.05
VEHM (Vehmasjoki)	10.48	
YLIV (Ylivieska)	12.72	12.31

Merkittävin tulos on, että malmipotentialisiksi luokitelluissa kohteissa on suurimmat MgO-pitoisuudet ja malmittomissa vastaavasti pienimmät. Oliivinista ja kokokivianalyyseistä lasketut tulokset kuitenkin poikkeavat paikoin melko paljon. Tämä koskee erityisesti kohteita, joissa laskentaan on voitu käyttää vain muutamia näytteitä. Runsaasti näytteitä sisältävissä kohteissa (Niinimäki, Ylivieska) oliviinista ja kokokivianalyyseistä lasketut kantamagman MgO-arvot ovat kuitenkin lähellä toisiaan. Tämä johtuu siitä, että regressiosuoran sovituksen luotettavuus kasvaa näytemäärän kasvaessa. Luusniemessä on kokokivianeistosta saatu laskennallinen MgO-pitoisuus pienempi kuin oliviinin koostumuksen perusteella saatu MgO-pitoisuus. Tämä voi johtua magneettikiisun hapettumisesta magnetiitiksi, joka lisää kokokiven FeO-pitoisuutta ja vastaavasti laskennallista MgO-pitoisuutta.

Liitteessä 7 on esitetty kantamagman laskennallinen koostumus ja siitä nähdään, että paras tulos saavutetaan suurella näytemäärällä (Niinimäki, Ylivieska). Luusniemessä kuitenkin  $Al_2O_3$ -, CaO- ja FeO-pitoisuudet ovat muusta aineistosta melko poikkeavia. Tulos voi johtua siitä, että Niinimäessä ja Ylivieskassa on peridotiittiluokan kivien kiteytyminen ollut tasapainoisempaa kuin Luusniemessä, missä paikalleenasettumisen jälkeen magmassa ollut kidesuspensio on painunut intruusion pohjalle ja samalla on tapahtunut kiteiden syöpymistä (vrt. Kuvat 92, 93, 94).

Liitteessä 7 on lopuksi esitetty kohteisiin liittyvien jäähtymisreunusten koostumuksia. Sen mukaan ainakin Luusniemen ja Rytkyn tapauksissa oliviinin koostumus vastaa hyvin kantamagman koostumusta. Takkulan MgO-pitoisuus on verraten alhainen, mikä on tyypillistä muille malmittomille intruutioille (Luusniemi, Kylmälahti). Myös Munaniemen MgO-pitoisuus on alhainen. Erikoista Hanhisalossa on jäähtymisreunuksen korkea MgO-pitoisuus, vaikka intruusio koostuu gabroluokan kivistä. Vähemmän emäksinen jäähtymisreunus Hanhisalossa liittyy leukogabroihiin.

Verrattuna Juvan alueen vastaaviin kiviin (Table 5, Makkonen 1996) tutkimusalueen jäähtymisreunukset sisältävät hieman vähemmän FeO ja enemmän alkaleja. Ero on vain vähäinen, mutta se voi osaltaan liittyä kohteiden kalkkialkalisempaan luonteeseen Juvan kiviin verrattuna (vrt. AFM-diagrammit).

## Ni-Cu-esiintymät

### *Malmimineralogia*

Tervo-Varkaus -alueen esiintymissä on proterotsooisille Ni-malmeille tyypillinen malmimineraaliseurue: magneettikiisu (MAGK), pentlandiitti (PENT) ja kuparikiisu (CUKI). Yleisesti oksideina esiintyy ilmeniittä ja magnetiittia, joista jälkimmäinen pääasiassa tyypillisesti ultramafiiteissa muuttumistuloksena. Varsinkin hienojen ja ruuhkeiden läheisyydessä magneettikiisu on saattanut korvautua magnetiitilla tai muuttua rikkikiisuksi tai markasiitiksi. Pentlandiitti on paikoin muuttunut violariitiksi tai mackinawiitiksi. Kuparikiisussa on toisinaan kubaniittisuotauksia. Aksessorisina malmimineraaleina esiintyy mm. kromiittia, sinkkivälkettä ja grafiittia. Sulfidit esiintyvät isäntäkivessä sekä kompakteina juonina tai stringereinä että verkkomaisena tai tavallisena pirotteenä.

Esiintymistä on tavattu sekä monokliinista (esim. Hanhisalo) että heksagonista (Särkiniemi) magneettikiisua ja MAGK:n Ni-pitoisuus on 0.3-0.4 %:n luokkaa. Tutkituissa tapauksissa malmin koboltti on ollut pentlandiitissa. Esimerkiksi Särkiniemen PENT:ssä on keskimäärin 2.8 % Co. Pentlandiitin muuttumistuloksissa on koboltti pysynyt mukana. Pentlandiitti esiintyy yleensä rakeisena tai "nauhamaisena" MAGK-rakeiden reunoilla tai raoissa. Näyttää siltä, että varsinkin korkean metamorfoositasien esiintymissä (Särkiniemi, Törmälä) nauhamainen tyyppi on yleistä, mikä kuvastaa pentlandiitin osittaista mobiloitumista. Malmimineraalien esiintymisestä ja koostumuksesta kerrotaan tarkemmin erikoisraporteissa (M19/3241/-95/1/10, M42.2/3241/-98/1/10, M42.2/3223/-99/1/10).

### *Kemismi*

Kohteita on seuraavassa vertailtu niiden näytteiden perusteella, joissa nikkelpitoisuus on >0.1%. Kullekin kohteelle on laskettu tällaisten näytteiden keskiarvopitoisuudet ja niistä erilaisia suhdelukuja (Taulukko 8, kuva 115).

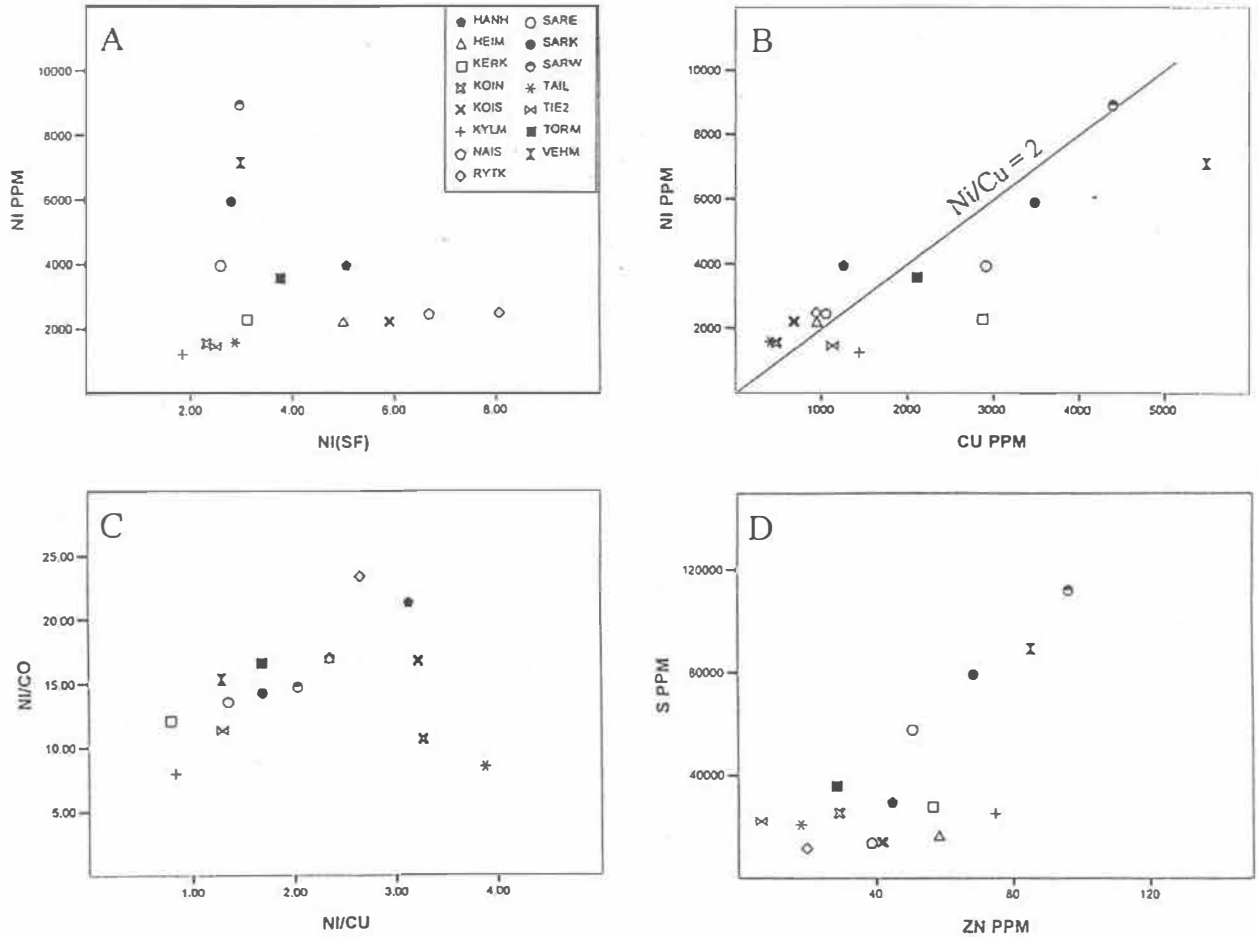
Sulfidifaasin nikkelpitoisuus vaihtelee paljon eri esiintymien välillä eikä se näytä korreloivan isäntäkiven kanssa; päinvastoin useissa peridotiiteissa on alhainen sulfidifaasin nikkelpitoisuus, kuten Särkiniemessä ja Vehmasjoella. Määrävänä tekijänä on ollut tämän perusteella sivukivistä tulleen rikin määrä. Selvästi korkein sulfidifaasin nikkelpitoisuus on Rytlyn esiintymässä (kuva 115a). Sulfidifaasin kuparipitoisuus on puolestaan korkein Kerkonkoskella (kuva 116), mikä voi johtua kuitenkin kuparin sekundäärisestä rikastumisesta.

Esiintymien Ni/Cu -suhde (kuva 115b) on keskimäärin lähellä kahta, mikä on tyypillinen suhdeluku svekofennialaisille esiintymille (vrt. Puustinen et al. 1995). Ni/Co-Ni/Cu -diagrammilla (kuva 115c) Outokumpu-assosiaatioon kuuluvan Täilahden serpentiinitin kiisuuntuma poikkeaa selvästi muista esiintymistä. Siinä on runsaasti kobolttia nikkeliin ja kupariin verrattuna. Koirus N muistuttaa Täilahden kiisuuntumaa tältä osin, mihinkä vaikuttaa kuitenkin se, että ko. näytteet edustavat intruusion felsisimpiä osia, joissa nikkelin osuus on pienin. Sinkki esiintyy pääosin sinkkivälkkeenä, joten se korreloi rikin kanssa. Alhaisilla rikkipitoisuuksilla hajonta on kuitenkin suuri (kuva 115d). Merkittäviä Pd-pitoisuuksia on vain Täilahdessa ja Vehmasjoella (Tiemasoja 2:ssa on kohonneita Pd+Au pitoisuuksia Ni-rikastuman ulkopuolella). Kultapitoisuudet ovat kaikissa esiintymissä alhaiset, joskin Vehmasjoki poikkeaa selvimmän muista korkeammalla pitoisuudellaan.

Kuvassa 116 on arvioitu silikaattisula/sulfidisula -suhdetta (R-arvo) eri kohteissa sekä verrattu kohteita eri magmatyyppien kiisuuntumiin. Kohteet sijoittuvat gabrojen (Sudbury ym.) kenttiin tai hyvin lähelle niitä osoittaen mm., että kantamagma on ollut MgO-pitoisuudeltaan 10 %:n prosentin luokkaa. R-arvo vaihtelee 100:sta 1000:een eli magmaan tulleen rikkiliisäyksen määrä on vaihdellut suuresti.

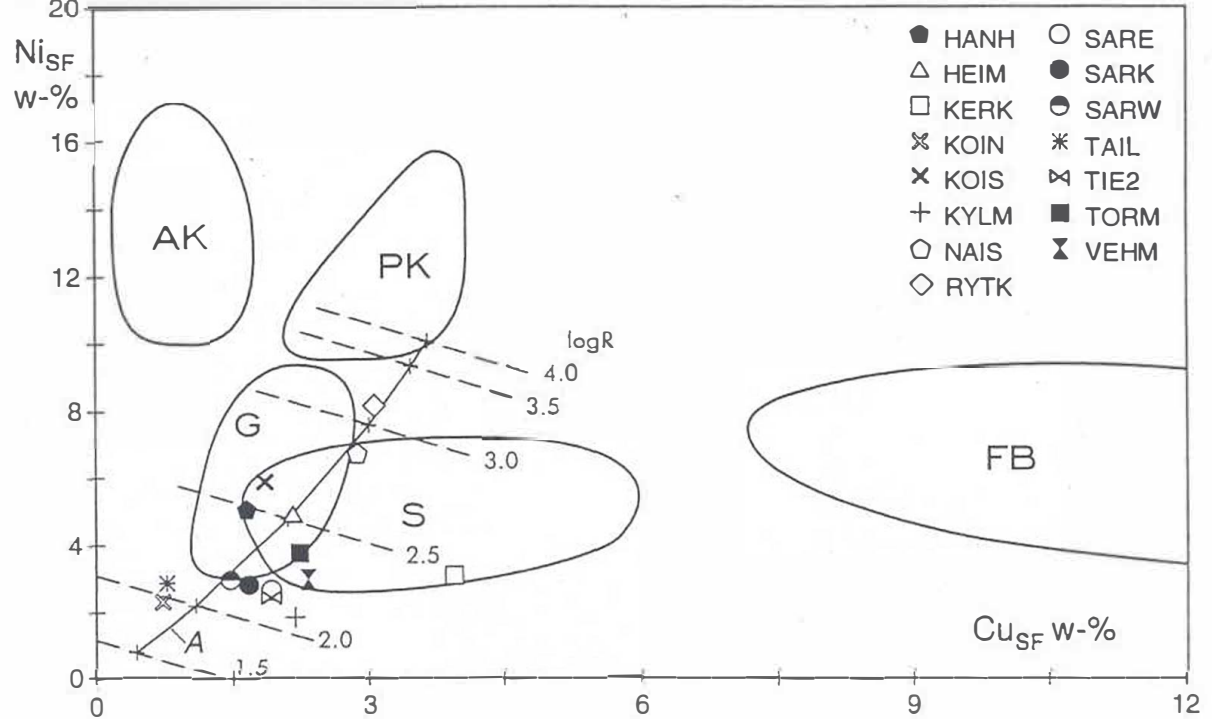
Taulukko 8. Tervo-Varkaus -alueella tutkittujen Ni-esiintymien keskiarvopitoisuuksia ja tyypillisiä tunnuslukuja.  
 Table 8. Average metal contents and typical quantities of Ni-occurrences in the Tervo-Varkaus area.

Kohde	Näytelkm	Kivilaji	Ni ppm	Cu ppm	Co ppm	Zn ppm	S %	Ni/Cu
Hanhisalo	331	GB	3982	1274	187	45	2.95	3.13
Heimonvuori	8	PRD	2236	953	131	58	1.68	2.35
Kerkonkoski	52	PRD	2298	2892	191	57	2.76	0.79
KoirusN	6	GB	1563	478	147	29	2.53	3.27
KoirusS	20	PRD	2217	687	133	42	1.40	3.23
Kylmälahti	2	PRD	1230	1455	156	75	2.49	0.85
Naistenrako	58	PRD	2483	1056	146	39	1.39	2.35
Rytty	64	GB	2496	941	107	20	1.16	2.65
Särkiniemi	304	GB+PRD	5942	3499	418	69	7.91	1.70
SärkiW	184	PRD	8947	4390	607	96	11.24	2.04
SärkiE	120	GB	3982	2918	294	51	5.74	1.36
Täilahti	3	SPT	1600	412	190	18	2.08	3.88
Törmälä	254	GB	3596	2130	217	29	3.58	1.69
Tiemasoja2	3	GB-PRD	1473	1131	131	7	2.21	1.30
Vehmasjoki	72	PRD	7136	5503	466	86	8.92	1.30
								Au+Pd
Kohde	Ni/Co	Cu/Co	Ni(sf)%	Cu(sf)%	Zn(sf)%	Au ppb	Pd ppb	nä.lkm
Hanhisalo	21.33	6.82	5.06	1.62	0.06	3!	26!	83
Heimonvuori	17.01	7.25	5.00	2.13	0.13	5!	49!	8
Kerkonkoski	12.06	15.18	3.12	3.93	0.08	10	25!	3
KoirusN	10.61	3.24	2.32	0.71	0.04	5!	30!	6
KoirusS	16.69	5.18	5.92	1.84	0.11	5!	44!	20
Kylmälahti	7.91	9.36	1.85	2.19	0.11			0
Naistenrako	16.98	7.22	6.71	2.86	0.11	5!	32!	10
Rytty	23.34	8.80	8.08	3.05	0.06	5!	25!	64
Särkiniemi	14.23	8.38	2.82	1.66	0.03	22	51	47
SärkiW	14.73	7.23	2.99	1.47	0.03	24	51	38
SärkiE	13.55	9.93	2.60	1.91	0.03	17	54	9
Täilahti	8.44	2.17	2.88	0.74	0.03	21	345	3
Törmälä	16.54	9.80	3.76	2.23	0.03	23	33!	186
Tiemasoja2	11.28	8.66	2.50	1.92	0.01	8!	25!	3
Vehmasjoki	15.30	11.80	3.00	2.31	0.04	53	237	86



Kuva 115. Taulukon 8 kohteiden geokemiallisia piirteitä XY-diagrammeissa esitettynä: a) Ni vs. Ni(SF), b) Ni vs. Cu, c) Ni/Co vs. Ni/Cu, d) S vs. Zn.

Figure 115. Geochemical characteristics of Ni-occurrences (see Table 8) presented as XY-plots: a) Ni vs. Ni(SF), b) Ni vs. Cu, c) Ni/Co vs. Ni/Cu, d) S vs. Zn.



Kuva 116. Silikaattisula/sulfidisula -suhteen (R-arvo) kuvastuminen Ni(SF) vs. Cu(SF) diagrammilla. Kohteet samat kuin taulukossa 8. A-viiva ja log R-viivat Makkosen (1996) mukaan ja kivilajikentät Naldrettin (1989) mukaan: AK=arkeiset komatiitit, PK=proterotsooiset komatiitit, S=Sudbury, G=gabrot, FB=basalttiset laavavirrat.

Figure 116. Ni(SF) and Cu(SF) contents indicating the mass ratio between silicate and sulfide melt (R-value). Targets are the same as in Table 8. Line A and log R lines are after Makkonen (1996) and fields for different rock types after Naldrett (1989): AK=Archaean komatiites, PK=Proterozoic komatiites, S=Sudbury, G=Gabbros, FB=Flood basalts.

## Geofysikaaliset piirteet

Sekä intruusion, ympäristön että Ni-Cu-esiintymien geofysikaaliset piirteet määräytyvät niiden petrofysikaalisten ominaisuuksien perusteella. Lisäksi yksiköiden koko ja geologinen rakenne tuovat omat ominaispiirteensä geofysikaalisiin anomalioihin: kaade vaikuttaa anomalian symmetrisyyteen, syvyysulottuvuus vaikuttaa sivuminimeihin, lähteen muoto vaikuttaa remanessin suuntautumiseen jne. Tässä osassa kerrotaan tutkittujen intruusioiden geofysikaalisista piirteistä hankkeen aikana tehtyjen petrofysiikan määritysten pohjalta. Muuten geofysiikan tulokset esitetään erillisissä raporteissa, jotka on mainittu kohteiden kuvauksien yhteydessä tai liiteraportteina.

Petrofysiikan näytteitä on otettu kustakin tutkimuskohteesta sekä kiisuuntumien isäntäkivistä että ympäristön kivistä. Yhteensä näytteitä mitattiin 202 kpl. Kaikista näytteistä on mitattu tiheys, susceptiivisuus ja remanenssin suuruus, vastus- ja polaroituvuusmittauksia on tehty vain muutamista näytteistä. Suunnattuja näytteitä remanenssin suunnan selvittämiseksi ei ole tehty. Varantoarvioon saakka edenneistä tutkimuskohteista on lisäksi tehty tiheysmäärittökset malmin keskimääräisen tiheyden selvittämiseksi.

### *Isäntäkivien petrofysiikka*

#### Tiheys ja susceptiivisuus

Tyypillisesti Ni-malmien emäksiset isäntäkivet gabro ja peridotiitti eroavat selvästi petrofysikaalisilta ominaisuuksiltaan ympäristön kivilajeista, taulukot 9 ja 10. Ne ovat painavampia ja erityisesti peridotiitin susceptiivisuus on korkea. Taulukossa 9 ja 10 on keskiarvoiset tiheys ja susceptiivisuusarvot esiintymittäin ja kivilajeittain. Kuvissa 117 ja 119 on esitetty isäntäkivien sekä sivukivien tiheys/susceptiivisuus diagrammi. Kuvista nähdään kivilajien petrofysikaalisten ominaisuuksien hajonnan suuruus sekä esiintymien sisällä että välillä. Serpentiiniitti muodostaa oman luokkansa, se on huomattavan kevyttä, mutta omaa voimakkaan susceptiivisuuden magnetiittipitoisuutensa vuoksi. Kiillegneissistä ja muista ympäristön kivistä serpentiiniitti ei juurikaan eroa painovoimamittauksin, gabroista ja peridotiiteista mahdollisesti niitä kevyempänä, mutta magneettisella menetelmällä voimakkaan magneettisen anomalian aiheuttajana kylläkin. Serpentiiniitti poikkeaa petrofysikaalisilta ominaisuuksiltaan hyvin vähän mustaliuskeista ja niillä alueilla, missä mustaliuskeita esiintyy, serpentiiniittien erottaminen on hyvin haasteellista.

Gabroluokan kivissä suurimmat tiheydet ovat emäksisimmissä oliviini- ja pyrokseenigabroissa (Törmälän ja Särkiniemen esiintymät), kun taas leukogabro ja muut happamamman pään gabrot (Luusniemen intruusio) ovat kevyempiä. Tämä näkyy vertaamalla Törmälän ja Särkiniemen esiintymien oliviinipitoisten gabrojen suurena tiheytenä verrattuna Luusniemen intruusion gabroon (kuvat 117 ja 119). Särkiniemestä on myös muutama näyte kiisuuntumien eteläpuolisesta suuresta leukogabrosta, jonka tiheys on selvästi alhaisempi kuin kiisuuntumiin liittyvän gabron.

Täytyy kuitenkin huomata, että useat isäntäkivinäytteet ovat kiisujen saastuttamia, mikä näkyy erityisesti tiheyden kasvamisena. Samoin gabroluokan kivissä kiisumäärä, joskus myös magnetiitti, dominoi susceptiivisuuden voimakkuutta. Peridotiittiluokan kivissä ja serpentiiniitissä susceptiivisuuden määrää magnetiittipitoisuus.

#### Remanenssi , Q-arvo

Remanenssin aiheuttajana sekä kiillegneississä että isäntäkivissä on yleensä magneetikiisu, joskus myös magnetiitti. Magneetikiisuun jääneellä remanenssilla on yleensä suurempi Q-arvo kuin magnetiittiin sitoutuneella. Kuitenkin kokonaisanomaliaan vaikuttavana tekijänä magnetiitin suurempi susceptiivisuus johtaa remanenssitapauksissakin voimakkaampiin kentänmuutokseen kuin magneetikiisupitoisissa



lähteissä. Remanenssin käyttäytymistä eri kivilajeissa ja eri tutkimuskohteissa on esitetty kuvissa 118 ja 120.

Tyypillisesti remanenssi suuntautuu joko maan magneettikentän suuntaiseksi tai sitten ohuilla levymäisillä kappaleilla levyn suuntaiseksi. Näillä oletuksilla on käytännössä pystytty mallintamaan useimmat kohteet. Kuvaan 122 on laskettu loiva-asentoisen levymallin magneettisia anomaliaita remanenssin suuruuden ja suunnan muuttuessa. Edellä mainitun mallinnuksen melko hyvän toimivuuden ja työlään näytteenoton vuoksi remanenssin suunnan määrittämisä ei ole tutkimuskohteissa tehty, vaan remanenssin suuruuden mittaamista on pidetty yleensä riittävänä.

### Johtavuus

Johtavuusmäärittämisä on tehty vain hyvin vähän, nekin lähinnä IP-efektin määrittämiseksi. Kivilajien välillä ei ole kovin merkittävää eroa johtavuudessa eikä sillä yleensä ole merkitystä tämän hankkeen tekemisissä malmitutkimuksissa. Pääasiallisesti johtavuus lisääntyy kiisumäärän kasvaessa kiisun rakenteesta riippuen (erillisinä rakeina, verkkopirotteena, massiivisena). Poikkeuksena on serpentiniitti, jonka ominaisvastus voi olla muutamasta kymmenestä muutamaan sataan  $\Omega\text{m}$ :iin eli samaa luokkaa kuin runsas kiisupirote aiheuttaa gabrossa. Mustaliuskeet ovat johtavuudeltaan yleensä vielä parempia kuin serpentiniitit, ominaisvastus alle 10  $\Omega\text{m}$ :ä.

### *Ympäristön kivien petrofysiikka*

Yleisin ympäristön kivi on kiillegneissi, jonka tiheys on keskimäärin  $2750 \text{ kg/m}^3$  ja susceptiivisuus vaihtelee melko suuresti riippuen magneettikiisun määrästä. Gabro- ja peridotiittiluokan kiviin verrattuna kiillegneissi on kevyempää, mutta magneettikiisupitoisuus aiheuttaa melko usein magneettisia anomaliaita.

Amfiboliitti on tiheydeltään hyvin lähellä gabroa ja on usein myös magneettista.

### *Malmin petrofysiikka*

Vaikka petrofysiikan näytteistä ei ole tehty paljon johtavuusmittauksia, kuitenkin itse malmi on lähes aina johtavaa ympäristöön ja isäntäkiveen verrattuna tämän hankkeen piiriin kuuluvissa nikkelimalmitypeissä. Koska  $Ni_{SF}$  on yleensä selvästi alle 10, sulfideja pitää olla runsaasti malmiluokan  $Ni$ -pitoisuuden saavuttamiseksi.

Vaikka petrofysiikan perusteella voisi päätellä, että malmi tulisi parhaiten näkyviin painovoimamittauksella, on kuitenkin huomattava lähteen koon suuri vaikutus anomalian voimakkuuteen. Alueellisella painovoimamittauksella pystytään paikallistamaan käytetyllä havaintotiheydellä muutaman sadan metrin kokoluokkaa olevia muodostumia. Itse malmin, jonka tiheyskontrasti on hyvin suuri ympäristöön nähden, ei kuitenkaan tarvitse olla pintaleikkaukseltaan kuin alle 100 m x 100 m syvyysjatkeista riippuen. Usein malmin havaitsemiseen painovoimamittauksella tarvittaisiin varsin tiheä ja tarkka systemaattinen mittaus, mikä ei ole joka kohteessa taloudellisesti kannattavaa, varsinkin, jos vastaava tieto saadaan muilla menetelmillä.

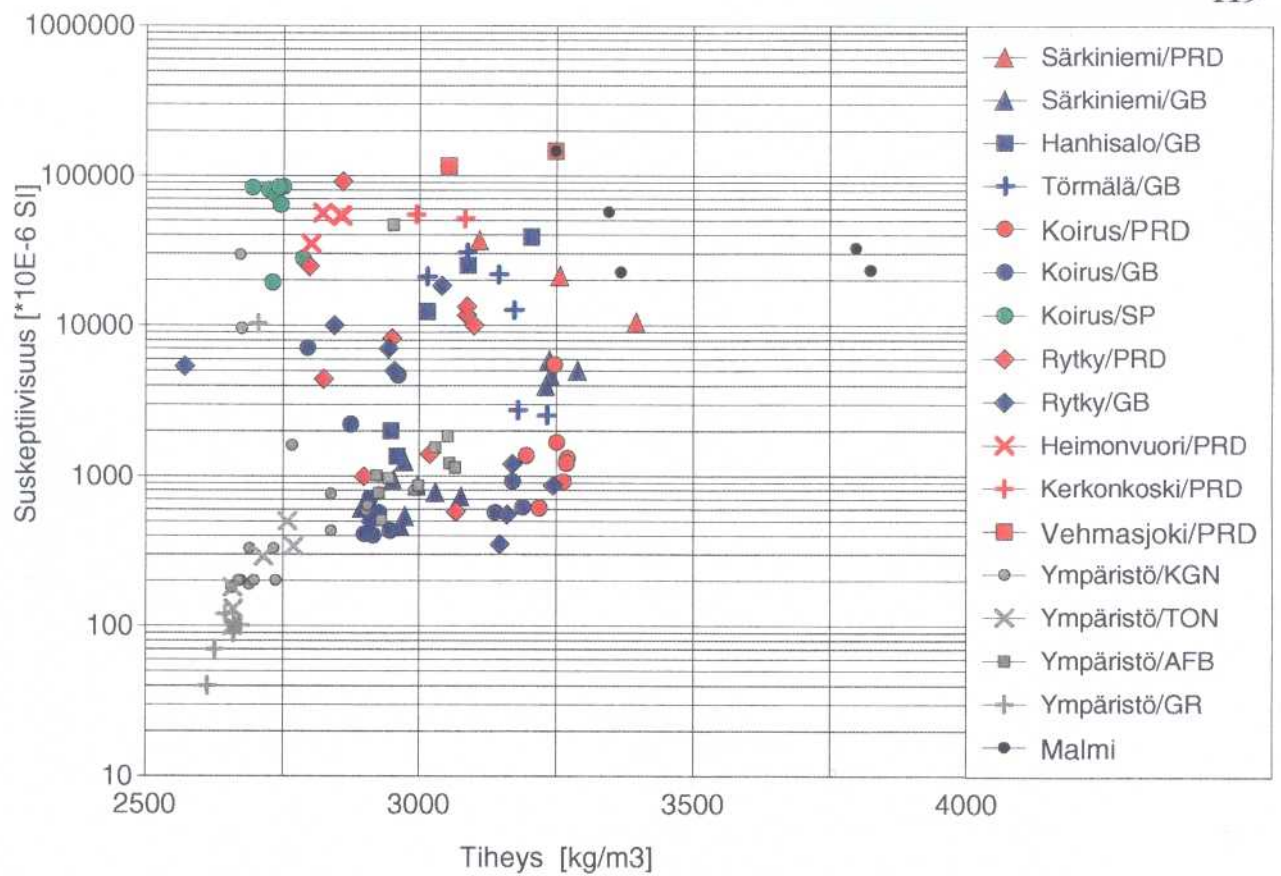
Käytännössä magneettiset ja sähköiset menetelmät ovat osoittautuneet tehokkaimmiksi malmin paikkaa osoitettaessa, kun taas painovoimakartoituksella nähdään intruusion dimensiot. Esimerkkinä kuvassa 121 on esitetty Särkiniemen nikkeliaiheen geofysikaaliset piirteet profiilikuvan muodossa. Tästä nähdään, että pintaan puhkeavat kiisuuntumat tulevat hyvin näkyviin sähköisillä menetelmillä. Magneettinen anomaliakin on selkeä, mutta amplitudiltaan melko vaatimaton. 20 metrin pistevälillä mitatulla painovoimaprofiililläkin syntyvät maksimit kummankin pääkiisuuntuman kohdalle, mutta isäntäkiven aiheuttaman anomalian takia laaja-alaisempina kuin itse kiisuuntumat.

Taulukko 9. Eri kivilajien keskimääräiset tiheydet esiintymittäin ja kivilajeittain.  
 Table 9. Average densities of rock types in various intrusions.

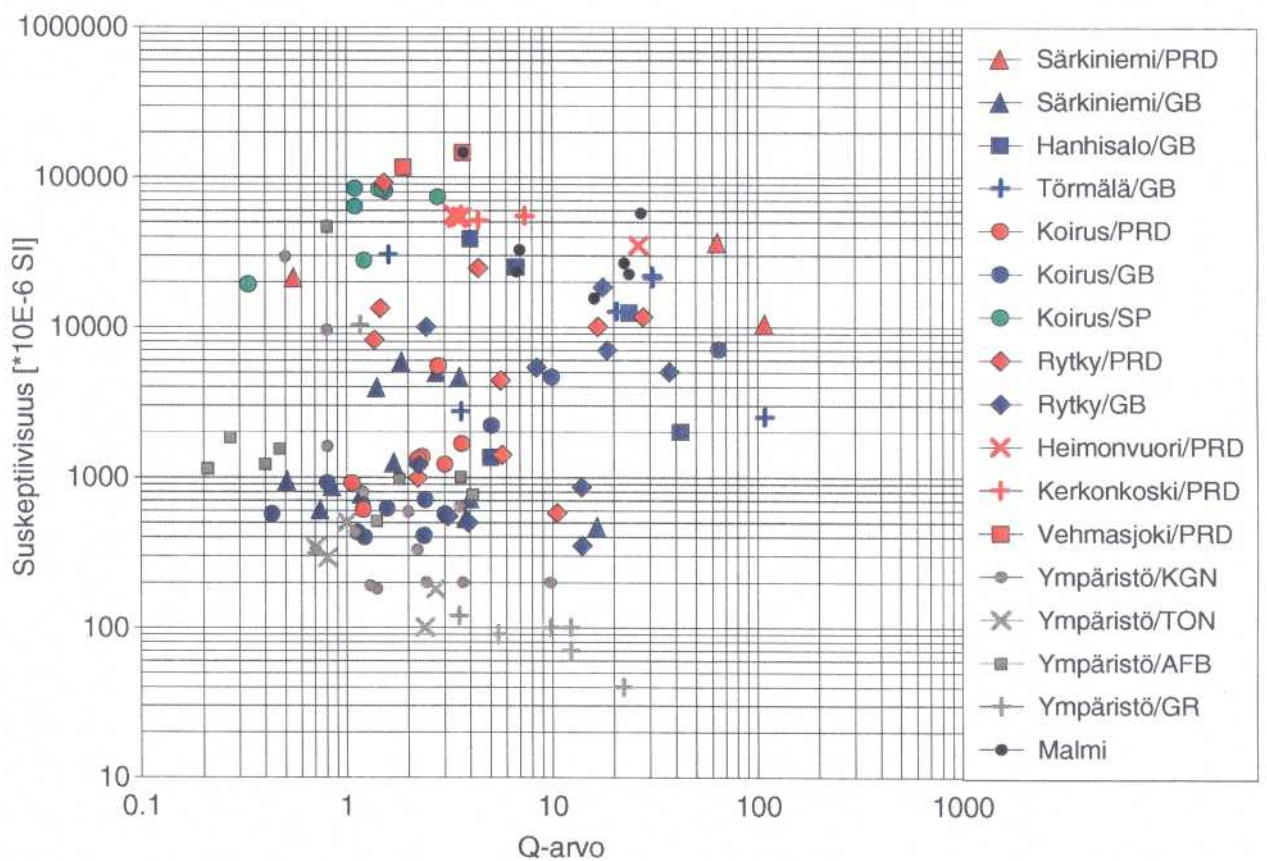
Kivilajien keskimääräiset tiheydet /[kg/m <sup>3</sup> ]								
	Gabro	Peridotiitti	Serpentiiniitti	Amfiboliitti	Kiillegneissi	Graniitti/Pgm	Tonaliitti	Malmi
Särkiniemi	3020	3254			2838			3387
Hanhisalo	3002				2694			3305
Vehmasjoki,ymp		3053		2998	2690		2689	3248
Törmälä	3138			2948	2703			
Kerkonkoski		3038			2914		2769	
Luusniemi	2851	3179	2931	2926		2627		
Koirus	2975	3244	2737					
Rytky	3010	2973		3040		2663		
Heimonvuori		2834						
<b>Keskiarvot</b>	<b>3019</b>	<b>3149</b>	<b>2820</b>	<b>2979</b>	<b>2758</b>	<b>2646</b>	<b>2702</b>	<b>3336</b>

Taulukko 10. Eri kivilajien keskimääräiset susceptiivisuudet esiintymittäin ja kivilajeittain.  
 Table 10. Average susceptibilities of rock types in various intrusions.

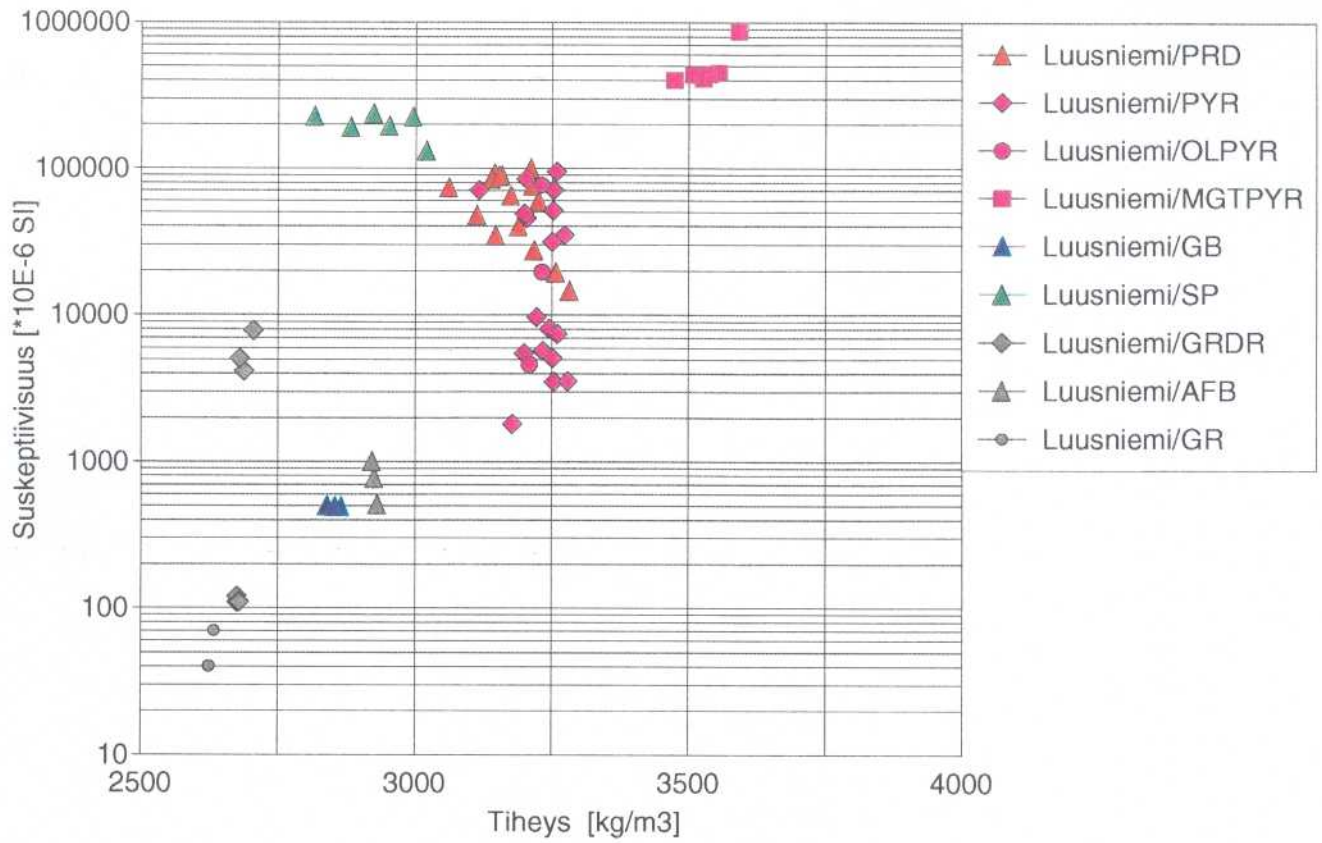
Kivilajien keskimääräiset susceptiivisuudet /[ $\mu$ SI]								
	Gabro	Peridotiitti	Serpentiiniitti	Amfiboliitti	Kiillegneissi	Graniitti/Pgm	Tonaliitti	Malmi
Särkiniemi	1410	22953			705			21840
Hanhisalo	1775				200			39517
Vehmasjoki,ymp		116550		2998	257		240	146220
Törmälä	15218			23755	13540			
Kerkonkoski		53420			615		340	
Luusniemi	493	60865	202061	763		50		
Koirus	1694	1804	64428					
Rytky	4539	12451		1265		97		
Heimonvuori		49695						
<b>Keskiarvot</b>	<b>5519</b>	<b>23226</b>	<b>133245</b>	<b>5883</b>	<b>2854</b>	<b>76</b>	<b>256</b>	<b>46317</b>



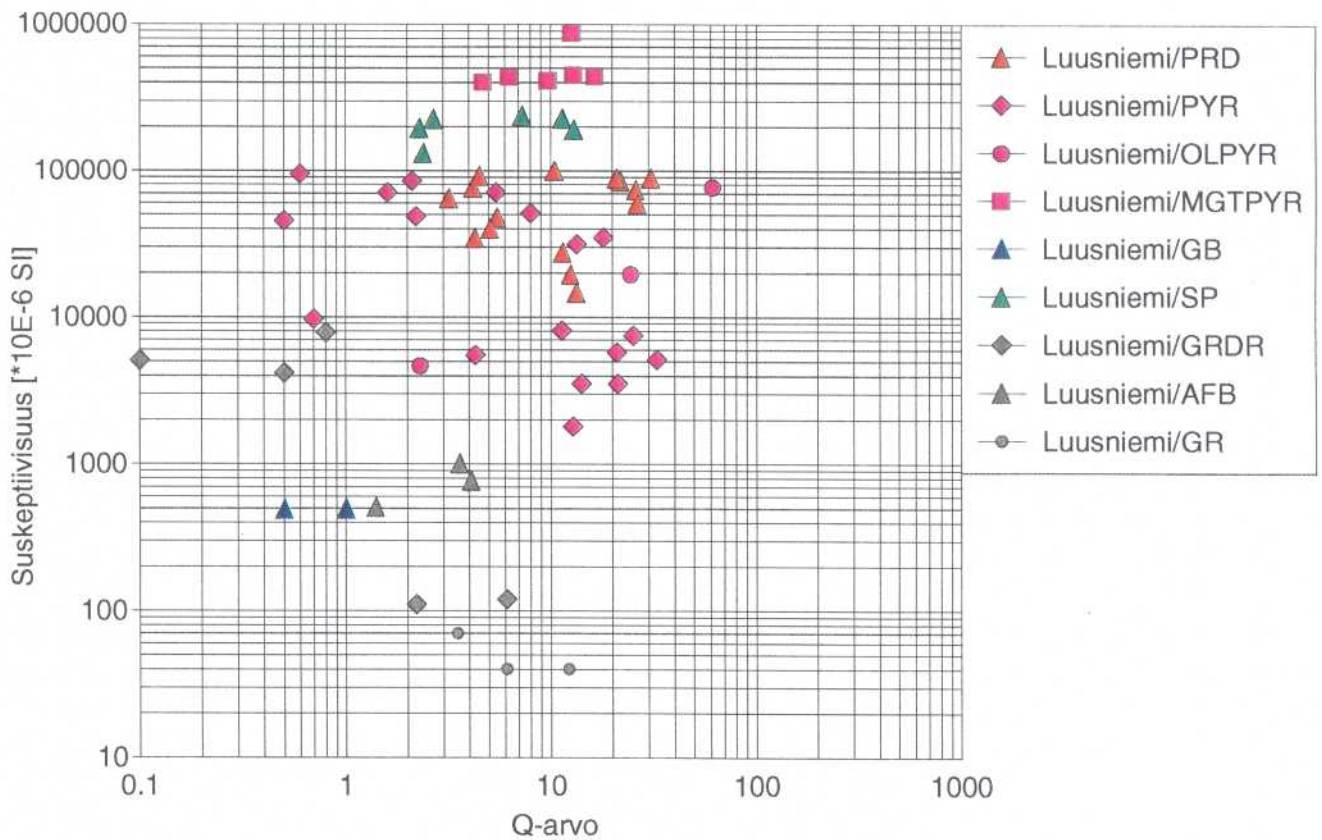
Kuva 117. Petrofysiikka: suskeptiivisuuden ja tiheyden vaihtelua ympäristön ja isäntäkivissä  
 Fig. 117. Petrophysics: The variation of susceptibility and density in country and host rocks.



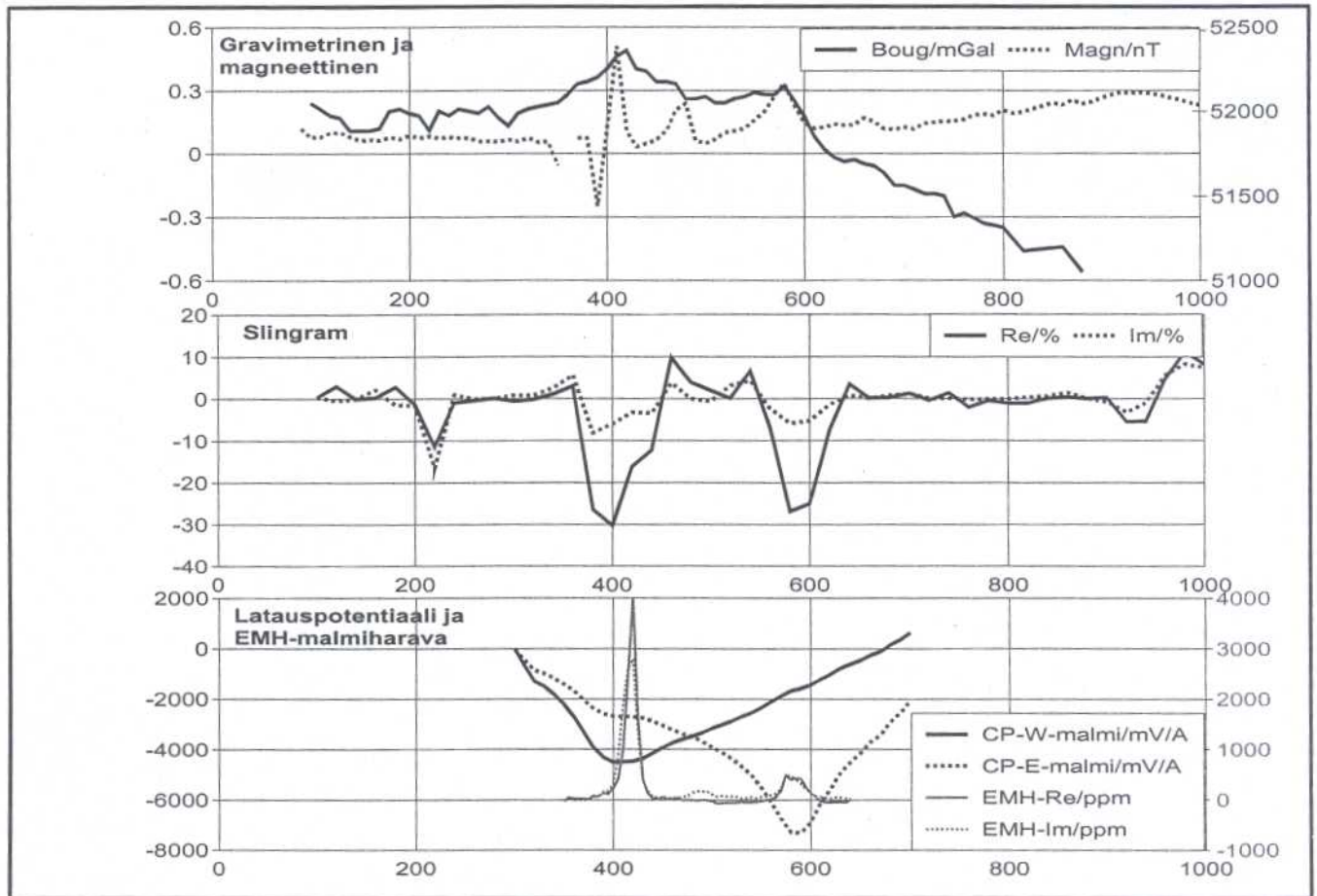
Kuva 118. Petrofysiikka: suskeptiivisuuden ja Q-arvon vaihtelua ympäristön ja isäntäkivissä  
 Fig. 118. Petrophysics: The variation of remanence in country and host rocks.



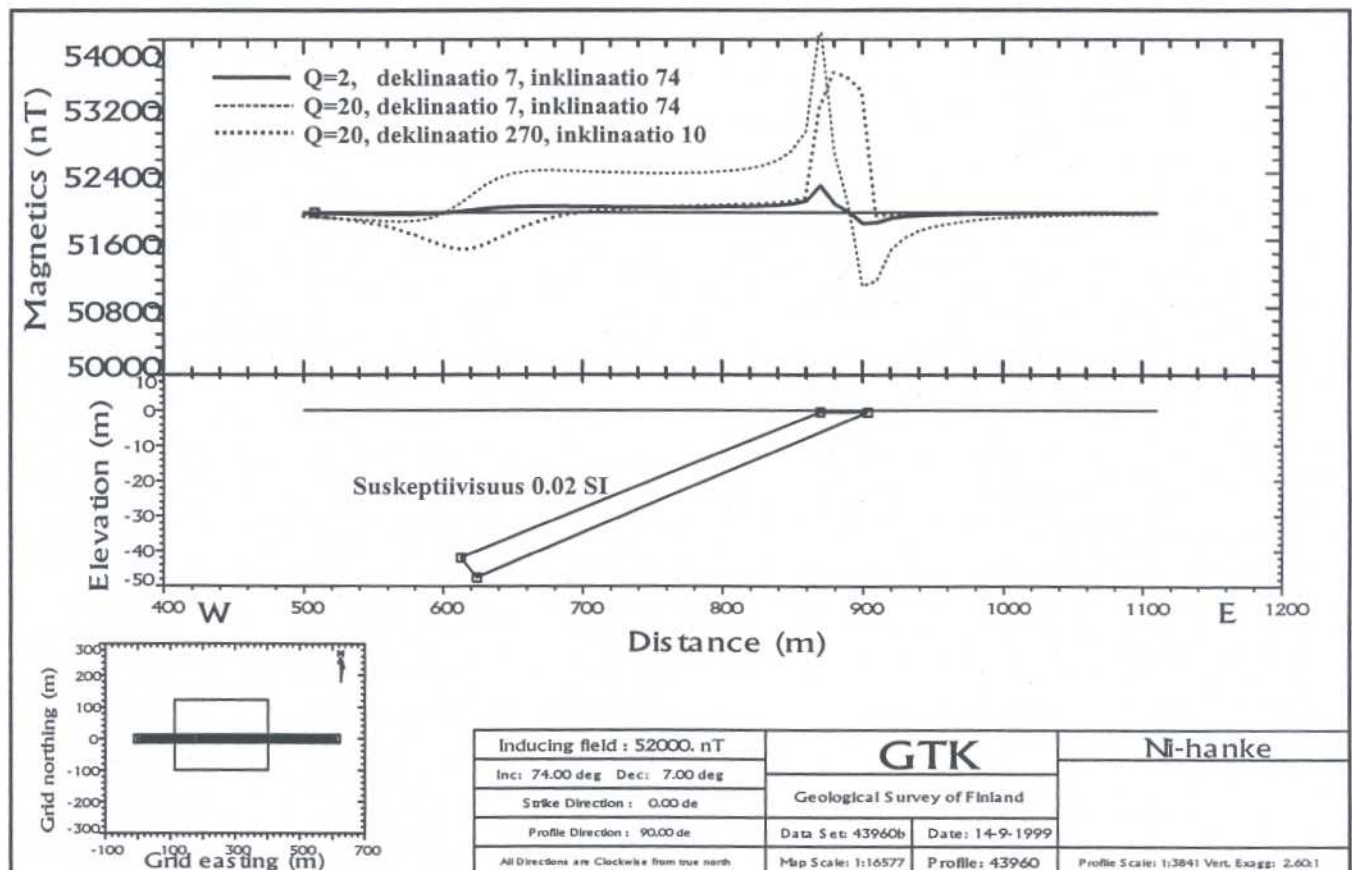
Kuva 119. Petrofysiikka: susceptiivisuuden ja tiheyden vaihtelua Luusniemen intruusion kivissä.  
 Fig. 119. Petrophysics: The variation of susceptibility and density in Luusniemi intrusion.



Kuva 120. Petrofysiikka: remanessi Luusniemen intruusiassa.  
 Fig. 120. Petrophysics: Remanence in Luusniemi intrusion.



Kuva 121. Särkiniemen Ni-aiheen geofysikaaliset piirteet. W-malmi kohdassa n. 400 ja E-malmi kohdassa n. 600  
 Fig. 121. The geophysical features of the Särkiniemi ore bodies. W-ore at 400 and E-ore at 600.



Kuva 122. Magneettisen kappaleen aiheuttaman anomalian muutos remanenssin suuruuden ja suunnan muuttuessa.  
 Fig. 122. The change of the magnetic anomaly, when the remance of the body changes.

## MALMINETSINTÄTUTKIMUSTEN TULOKSET

## Alueelliset tutkimukset

*Moreenigeokemia*

Samanlaisuusanalyysiin valittu HP-aineisto (1478 näytettä) normeerattiin ja siitä erotettiin Oravikosken alueen moreeninäytteet (24 näytettä) mallijoukoksi. Mallijoukon alkuainejakaumia verrattiin koko aineistoon ja mallijoukosta valittiin kymmenen alkuainetta, jotka poikkesivat selvimmän koko aineiston pitoisuuskajaukasta. Näitä olivat Mg, Cr, Ni, Cu, Co, Sc, Fe, Al, Ti ja Mn. Koko aineistoon nähden mallijoukossa oli eniten Mg, Cr jne. ja vähiten Ti ja Mn.

Lopuksi laskettiin jokaisen näytteen samanlaisuus mallijoukkoon nähden järjestyskorrelaatiota käyttäen. Samanlaisuusarvoihin pohjautuva väripintakartta laskettiin ALKEMIA-ohjelmistolla. (Kuva 123). Merkittävin ero yhden alkuaineen pitoisuuskarttaan on anomaliakuvioinnin osittainen muuttuminen jäätikön kulkusuunnasta liki N-S-suuntaiseksi. Kallioperätietoon verrattuna anomaliakuvioitus muistuttaa eniten Jokelan (1994) laatimaa nikkeliwyöhykkeen ja heikomman nikkeliwyöhykkeen alueellista jakaumaa (Kuvat 8 ja 123). Alkuainejakaumien perusteella (Mg, Cr, Ni...) voisi päätellä, että nikkeliwyöhyke sisältää muuta ympäristöä enemmän mafisia kiviä. Toisaalta on mahdollista, että nikkeliwyöhykkeen ruhjeisuus on tehostanut glasiaalista jauhautumista, minkä vuoksi nikkeliwyöhykkeen kivet tulevat moreenigeokemiallisesti korostetummin esille kuin muussa ympäristössä.

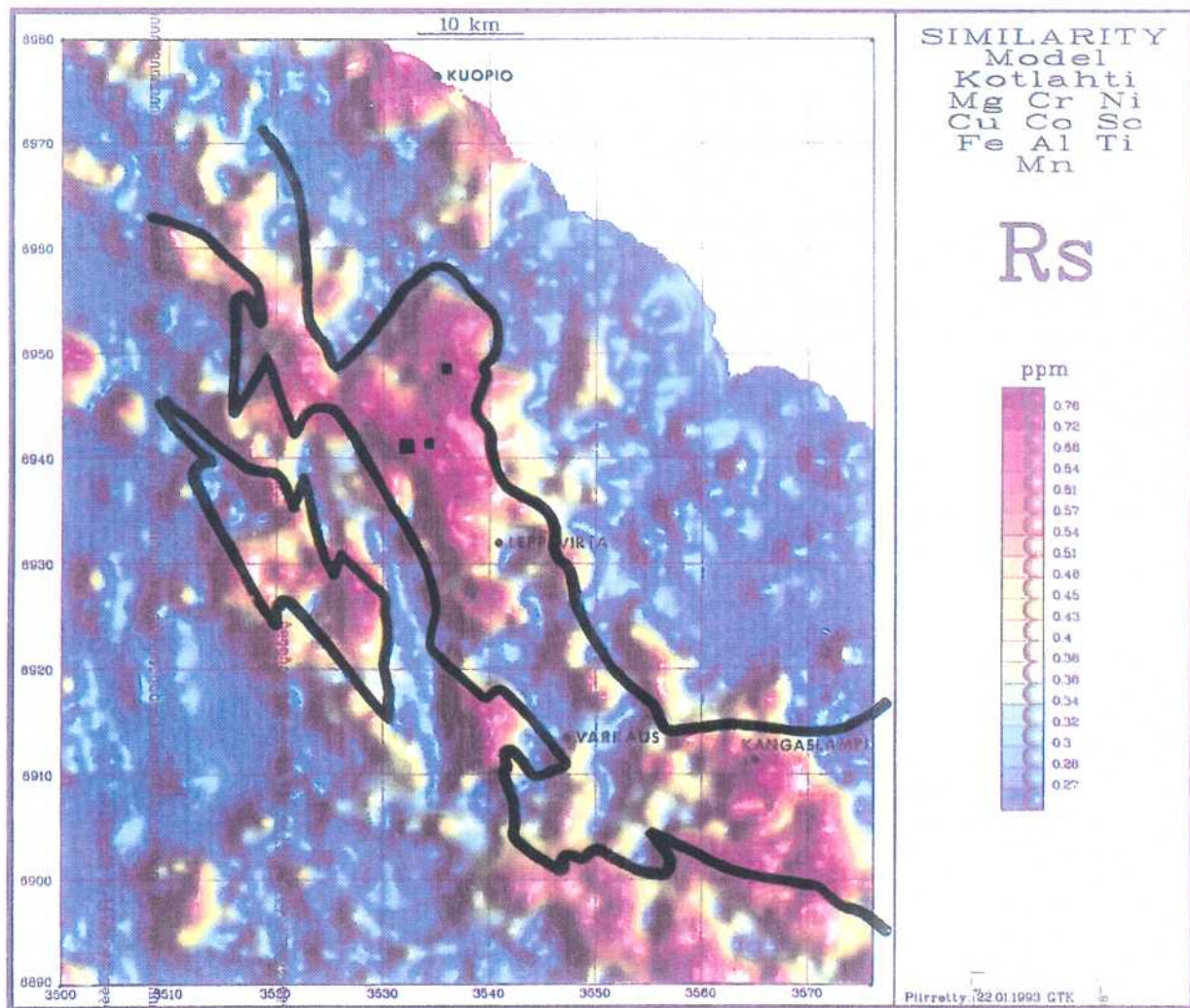
*Lohkare-etsintä ja esikartoitus*

Kuten edellä "Suoritettut tutkimukset"-osassa on kerrottu, lohkare-etsintä ja paljastumien esikartoitus on tuottanut runsaasti jalostettavia malmiviitteitä. Hankkeen tutkimista kohteista kaikissa muissa paitsi Törmälässä on tiedossa aihelohkareita, jotka vastaavat hyvin löydettyä mineralisaatiota (Taulukko 11). Kuvassa 2 nähdään lohkareiden sijainti ja likimääräinen Ni-pitoisuus ja Liitteessä 1 aiheiden sijainti.

Taulukko 11. Nikkelihankkeen tutkimien mineralisaatioiden aihelohkareet.

Table 11. Ore boulders which led to the outcrop of mineralizations.

Aihe	Lohkare	Kivilaji	Ni (%)	Cu (%)	Ni <sub>SF</sub> (%)
Särkiniemi W		PRD	1.00	0.51	3.0
Särkiniemi E		GB	0.81	0.55	2.6
(keskipit.)	RKL-93-L5	GB	1.16	0.08	2.6
Hanhisalo		GB	0.61	0.20	5.5
(keskipit.)	VA-93-L56	GB	0.61	0.12	2.5
Naistenrako		PRD	0.51	0.34	9.5
(keskipit.)	RKL-93-L19	PRD	0.24	0.11	7.4
Kylmälahti		PRD	0.12	0.14	2.0
(lävistys)	RKL-93-L16	PRD	0.13	0.17	1.9
Vehmasjoki		SP	0.94	0.69	3.1
(keskipit.)	KAS-95-L1	SP	1.89	0.68	6.4
Kerkonkoski		PRD	0.66	1.17	3.2
(lävistys)	KAS-96-L3	PRD	0.17	0.06	4.8
Munaniemi		GB	0.30	0.11	3.0
(lävistys)	JKL-96-L203	GB	0.16	0.08	2.3



Kuva 123. Tasoitetut samanlaisuusarvot moreeniaineistosta väripintakarttana. Oravikosken mallialue on merkitty isolla mustalla neliöllä. Pienemmät neliöt ovat Hanhisalo ja Rytky. Mustalla viivalla rajatut alueet merkitsevät Ni-vyöhykettä Jokelan (1994) mukaan (ks. myös kuva 8).

Figure 123. The colour surface map made by smoothing the similarity values of till data. Big black square = the model area of Oravikoski, small black squares = Hanhisalo and Rytky. The nickel belts (Jokela 1994) are lined by black (see also Fig. 8).

Taulukko 12. Eräiden Ni-lohkareiden petrofysikaalisia ominaisuuksia.

Table 12. Petrophysics of some Ni-bearing boulders.

Lohkare	Kivilaji	Tiheys (kg/m <sup>3</sup> )	Suskeptiivisuus (10E-6SI)	Remanenssi (10E-3A/M)	Q-arvo
RKL-93-L5	GB	3231	3980	220	1.4
RKL-94-L3	PRD	3109	36910	96240	64
RKL-95-L9	SP	2762	113800	3260	0.7
RT-97-L25	GB	2905	4630	5660	30

Kuten Taulukosta 11 nähdään, toisissa aihelohkareissa on itse kiisuuntumaa korkeampi laskennallinen  $Ni_{SF}$ , mikä selittyy lohkareen rapautumisella, jolloin MAGK:n hapettumisen seurauksena rikin määrä kivessä pienenee. Hanhisalon aihelohkareen kohdalla asia on päinvastoin. Onkin ilmeistä, että ko. lohkare on peräisin lähempänä sijaitsevasta Naistenraosta, jossa on kairauksin tavoitettu samanlaista kiisuuntunutta gabroa. Voidaan sanoa, että Hanhisalon aihe löytyi suoraan paljastumasta, joskin aihelohkare antoi sysäyksen ko. alueen tarkemmalle tutkimukselle.

Taulukossa 12 on esimerkkejä petrofysikaalisesti erilaisista lohkareista, joiden ominaisuuksien

perusteella voidaan päätellä, miten lohkkareiden lähtöpaikka mahdollisesti erottuu geofysikaalisessa aineistossa. RKL-93-L5 on runsaskiisuinen malmilohkkare Särkiniemestä, mutta siitä huolimatta suskeptiivisuus jää suhteellisen alas, joten malmistakin on odotettavissa heikosti positiivinen magneettinen anomalia. RKL-94-L3 ja RT-97-L25, edellinen Särkiniemestä ja jälkimmäinen Törmälän ympäristöstä, edustavat tapausta, jolloin kiven remanenssi on voimakkaampi kuin suskeptiivisuus. Jos ko. suureiden suunnat poikkeavat selvästi toisistaan, on mahdollista, että etsittävä intruusio ja mineralisaatio ovat magneettisessa minimissä. RKL-95-L9 (Niinivesi) on esimerkki tapauksesta, missä kivilaji on ympäristöään kevyempää ja tulee magneettisesti esille voimakkaana positiivisena anomaliana.

Vaikka aihelohkkareiden jäljitys onnistuikin useimmissa tapauksissa, jäi kuitenkin joitakin lohkkareikkoja ilman varmaa selvitystä. Taulukkoon 13 on listattu lisävalaistusta kaipaavat lohkkareet.

Taulukko 13. Lohkkareet, joiden lähtöpaikkaa ei ole varmuudella löydetty.

Table 13. Boulders without certain source outcrop.

Lohkkare	X-koord.	Y-koord.	Kivilaji	Ni (%)	Cu (%)	Ni <sub>SF</sub> (%)
VA-92-L6	6898.420	3553.700	GB	0.86	0.35	3.1
RKL-93-L14	6932.530	3537.270	GB	0.23	0.12	4.9
RT-95-L37	6981.780	3492.440	PRD	0.42	0.06	6.1
RKL-95-L33	6947.560	3504.100	PRD	0.63	0.24	8.8

Lohkkare VA-92-L6 löytyi Tiemassaaren alueelta, missä on muitakin kiisuuntuneita GB-lohkkareita. Lähtöpaikan etsintää vaikeuttivat kiisuaineuksen heikko magneettisuus, vesistöjen runsaus sekä töiden keskittäminen Leppävirran alueelle. On ilmeistä, että Tiemassaassa on korkean metamorfoosiasteen ympäristössä useita gabrointrusioita tai intruusioikappaleita suhteellisen rikkikylläisessä miljöössä.

Kylmälahden lähistöltä löytyi myös pyrokseenigabrolohkkareita (esim. RKL-93-L14), joissa oli heikko, tasainen ja suhteellisen Ni-rikas kiisupirote. Kylmälahden kairauksissa ei tavattu gabroa, joten lohkkareiden lähtöpaikka on selvittämättä.

Tervon Haringasta Ahvenisen W-rannalta löytyi useita peridotiittilohkkareita (RT-95-L37), joissa oli kohtalainen kiisupirote. POKA-kairauksista huolimatta lähtöpaikkaa ei ole löydetty. Lisäksi pitäisi tutkia, ovatko nämä ja aikaisemmin tunnetut Äyskosken lohkkareet samaa lohkkareviuhkaa.

Suonenjoelta Lintharjun soramontuista on löydetty jo aikaisemmin merkittäviä Ni-lohkkareita ja hankkeen töissä löytyi lisää (RKL-95-L33) vastaavia peridotiittilohkkareita. Outokumpu Oy:n aikaisemmin tekemien tutkimusten ja hankkeen POKA-kairausten avulla ei kuitenkaan ole pystytty paikallistamaan lohkkareita vastaavaa muodostumaa. Töitä vaikeuttivat runsas peitteisyys sekä ilmeisen kompleksinen lohkkarekuljetus.

## Kohteelliset tutkimukset

### *Kohteelliset moreenitutkimukset*

Vain Naistenraon kohteesta pystyttiin paikallistamaan gabro-peridotiittimuodostuma, josta kerrotaan tarkemmin jäljempänä ja on kerrottu raportissa M06/3241/-98/1/10. Muut tarkistetut magneettiset anomaliat johtuivat magneettikiisua sisältäneestä kiillegneisistä, amfiboliitista tai karresta. Moreenin metallisuhteista päätellen Päivälehdon pohjoisimman profiilin kohonneet Ni- ja Co-arvot aiheutunevat emäksisestä syväkivestä. Työmaiden Ni-, Cu-, Co- ja Zn-kartat löytyvät tämän raportin Liittyä-aineistosta, Naistenraon osalta raportin M06/3241/-98/1/10 aineistosta ja analyysit tilausnumerolla 35796.



*Leppävirta, Niittylampi, KL 3241 11B*

Vuonna 1993 suoritettuna laaja-alaisen (Varkaus-Jäppilä, Kotalahti-Kylmälahti, Koiruksen itäosa) lohkare-etsinnän ja vanhojen tietojen perusteella valittiin joitakin alueita, joissa tehtiin tarkempia tutkimuksia POKA-kairauksin. Ensimmäinen kohde oli n. 4 km Kotalahden kaivoksesta kaakkoon sijaitseva Niittylammen alue, jota Outokumpu Oy oli tutkinut 1980-luvun puolivälissä. Alueelta löytyi useita GB- ja PRD-lohkareita, joissa oli vaihtelevasti kiisuja. Parhaassa (VA-93-L40) oli 7830 ppm Ni, 2490 ppm Cu ja 5.26 % S. Pääosa lohkareista voitiin tulkita Kotalahden muodostumasta lähteneiksi, mutta joukossa oli vihertäviä GB-lohkareita, jotka eivät sopineet oikein Kotalahtisiksi. Siksi päätettiin tarkistaa POKA:lla jotkut alueen gravimetriset ja magneettiset anomaliat.

Vuoden 1994 alussa kairattiin alueelle 3 reikää (R301-303), yhteensä 77.00 m. Anomaliat johtuivat KIILGN:ssä olevista MAGK-pirotteista. Vain viimeisessä reiässä tavattiin ofiittisen GB:n murskaleita kiillegneississä. Ni-pitoisuudet jäivät vaatimattomiksi (tilaus 35289). Vihertävät gabrolohkareet ovat todennäköisesti peräisin myöhemmin tutkitusta Rytlyn muodostumasta.

*Leppävirta, Kylmälahti, KL 3241 11C*

Kesällä 1993 lohkareiden yhteydessä löytyi Kylmälahden-Kaatrosen -alueelta kahdenlaisia lohkareita: PRD-lohkareita, joissa oli kohtalaisesti kiisuja, mutta Ni-pitoisuus jäi alle 0.2 % (esim. RKL-93-L16) ja vaaleita PYKSGB-lohkareita, joissa oli tasainen heikko kiisupirote, mutta parempi Ni-pitoisuus (esim. RKL-93-L14, 0.23 % Ni). Jäätikön tulosuunnassa Kylmälahden pohjukassa on sopiva pyöreähkö magneettinen anomalia, joka päätettiin kairata. Helmikuussa 1994 kairattiin kohteeseen POKA:lla 4 reikää (R306-309) yhteispituudeltaan 227.20 m. Kairausten perusteella anomalian aiheuttaa läpimitaltaan n. 50 m leveä, pystyasentoinen PRD-muodostuma (ks. kuvat 54 ja 55), joka on läpeensä heikosti kiisuuntunut. Kairauksilla paikannettu muodostuma vastasi täysin sekä kivilajiltaan että sulfidifaasiltaan aihelohkareita RKL-93-L16, mutta RKL-93-L14:n kaltaista kiveä ei löytynyt. Parhaan lävistyksen (R309/43.80-45.40) pitoisuudet olivat: 0.12 % Ni, 0.14 % Cu ja 2.3 % S. Ni<sub>sf</sub> jää siis 2 %:n paikkeille. Analyysitulokset löytyvät tilausnumeroilla 35289 ja 35290.

*Leppävirta, Särkiniemi, KL 3241 12A*

Kesällä 1993 tehtiin myös Niittylammen itäpuolisella alueella (Särkiniemi) lohkare-etsintää ja paljastumien esikartoitusta. Arkkuselän W-rannalta ja siitä kaakkoon löytyi runsaasti pyrokseenigabrolohkareita, joissa oli heikkoa kiisupiroetta. Näitä lohkareita oli hakkailtu jo Outokumpu Oy:n tutkimuksissa, mutta Särkiniemen sisäosista niemen kärkeen menevän metsäautotien varrelta löytyi myös kiisuisia gabrolohkareita. Parhaimmat lohkareet (ks. kuva 48), mm. RKL-93-L5 (1.16 % Ni), löytyivät tien rakentamista varten tehdystä moreenimontusta läheltä tien kääntöpaikkaa. Samassa lohkareviuhkassa oli rapautuneita peridotiittilohkareita. Etummaisat lohkareet löytyivät n. 200-250 m luoteeseen monttulohkareista.

Talvella 1994 kairattiin Niittylammen töiden yhteydessä kaksi reikää (R304 ja 305, yhteensä 72.25 m) Pitkälahden W-rannalle, missä olivat ainoat matalalentoaineistossa erottuvat lähialueen magneettiset anomaliat, jotka sopivat lohkareiden lähtöpaikaksi. Kairaukset eivät kuitenkaan tuottaneet toivottua tulosta, vaan rei'illä lävistettiin kiillegneissisiä ja amfiboliittia, joissa oli kapeita kiisupitoisia karsihoirontteja.

Koska aihelohkareiden lähtöpaikka ei selvinnyt, töitä jatkettiin lohkareiden lähimaastossa mm. haravoimalla Jalander-magnetometrillä sopivia häiriöitä etsien. Monttulohkareiden ja kärkilohkareiden välimaastosta löytyikin sopiva n. 1000 nT:n häiriö, joka myöhemmin osoittautui malmipuhkeamasta johtuvaksi. Kärkilohkareiden kohdalla oli myös pienialainen häiriö, jonka kohdalle kaivetun montun (OMK-94-M1) pohjalla oli kiisuuntunutta gabroa (kuva 48). Onkin ilmeistä, että myös aihelohkareet

ovat peräisin tästä gabromurskaleesta. Tästä työt etenivät nopeasti normaaleja tutkimusmenetelmiä käyttäen vuoteen 1996 saakka.

Särkiniemen mineralisaatio sijaitsee korkean metamorfoosiasteen migmatiittien sisältämissä gabro- ja peridotiittikoostumuksisissa megamurskaleissa. Särkiniemen molemmat reunat rajoittunevat laajoihin hiertovyöhykkeisiin (Arkkuselkä ja Särkilahti) ja muutenkin litologiaan vaikuttaa suuresti kivilajiyksiköiden pilkkoutuminen (schollen-migmatiitit) ja mahdollisesti etelästä tai kaakosta tapahtunut ylityöntyminen. Itse mineralisaation isäntäkivenä on läntisessä malmiossa pääasiassa metaperidotiitti ja itäisessä heterogeeninen metagabro (ks. kuva 49).

Arkkuselän W-rannan lohketöiden yhteydessä löytyi pari perkniittilohkareta, joissa oli merkit kiisuista. Niiden lähtöpaikan selvittämiseksi kairattiin Oravilahteen kaksi POKA-reikä (R358 ja 359, yhteensä 57.80 m) talvella 1995 magneettisiin anomalioihin. Kummallakin reiällä lävistettiin kiisuliuske-karsi-horizontti, josta magneettinen anomalia aiheutui. Analyysitulokset löytyvät tilauksesta nro 53098. Menetelmistä ja tuloksista on kerrottu tarkemmin seuraavissa raporteissa: **M19/3241/-95/10/10**, **M19/3241/-97/1/10**, **M06/3241/-97/2/10** ja **Q19/3241/-98/1/20.1**.

#### *Leppävirta, Hanhisalo ja Naistenrako, KL 3241 12D*

Hanhisalon ympäristössä työt aloitettiin kohdentavalla lohkar-etsinnällä Koiruksen itärannalla syksyllä 1993. Heti työn alussa löytyi Hämeenlahdesta veden ollessa alhaalla aivan vesirajasta uusi kiisulohkarikko. Kiisulohkareiden isäntäkivi oli vaalea amfiboligabro, mutta samassa rannassa oli myös heikkokiisuisia peridotiittilohkareita. Vajaan viikon kuluttua aihehlohkareen löytymisestä paikannettiin pienen matalalentoanomalian kohdalta Hanhisalon keskiosasta kiisuuntunut gabropaljastuma. Myöhemmin ilmeni, että aihehlohkare olikin peräisin lähempänä olevasta Naistenraon gabro-peridotiitti -muodostuman gabro-osasta, jossa on lohkar-etsintään alhaisempi sulfidifaasin Ni-pitoisuus kuin Hanhisalon muodostumassa.

Vuoteen 1996 saakka Hanhisalon ja Naistenraon alueella tehtiin geologista kartoitusta, geofysikaalisia mittauksia, kairausta POKA:lla ja raskaalla kalustolla löydettyjen intruusioiden ja niiden ympäristön tutkimiseksi. Hanhisalon saaren alueella sedimenttiset kivilajit ovat heikosti tai korkeintaan kohtalaisesti migmatoituneita. Suurimmaksi osaksi paljastumat ovat hiekkaisia metaturbidiitteja, joissa on yleisesti kalkkisiilikaatti-välikerroksia ja paikoin amfiboliittisia raitoja. Migmatoitumisaste kasvaa etelään ja länteen Hanhisalosta.

Hanhisalon intruusio (Kuvat 50 ja 51) koostuu pääosin mafisesta kummingtoniittigabrosta, jota reunustaa epäyhtenäinen leukogabro (sarvivälkegabro) tai dioriitti. Vain kummingtoniittigabro on mineralisoitunut. Naistenraon alueella on laajahko leukogabro-dioriitti -muodostuma (Kuva 52) ja pienempi amfiboligabro-oliviinigabro-plagioperidotiitti -muodostuma, joka on eteläreunastaan mineralisoitunut. Alueen tutkimuksista ja tutkimustuloksista on kerrottu tarkemmin raporteissa **M42.2/3241/-98/1/10** ja **M06/3241/-98/1/10**.

#### *Leppävirta, Rytky, KL 3241 12A*

Rytken tutkimukset alkoivat v. 1994 suoritettuna kallioperäkartoituksella, jolloin kohde osoittautui kerrokselliseksi gabrointruusioksi, minkä stratigrafinen pohja oli E-suunnassa. Kerrokset olivat kääntyneet D3-D4-deformaatioiden yhteisvaikutuksesta pystyasentoisiksi.

Outokumpu Oy oli tutkinut kohdetta aikaisemmin kairaamalla ja teettämällä geofysikaalisia mittauksia. Geofysikaaliset mittaustulokset saatiin Outokumpu Oy:ltä vaihtamalla se GTK:n geokemialliseen aineistoon Kainuun alueelta. Kairausten kohdentamista varten jouduttiin kuitenkin tekemään tarkentavia geofysikaalisia mittauksia muutamien anomalioiden kohdalta.

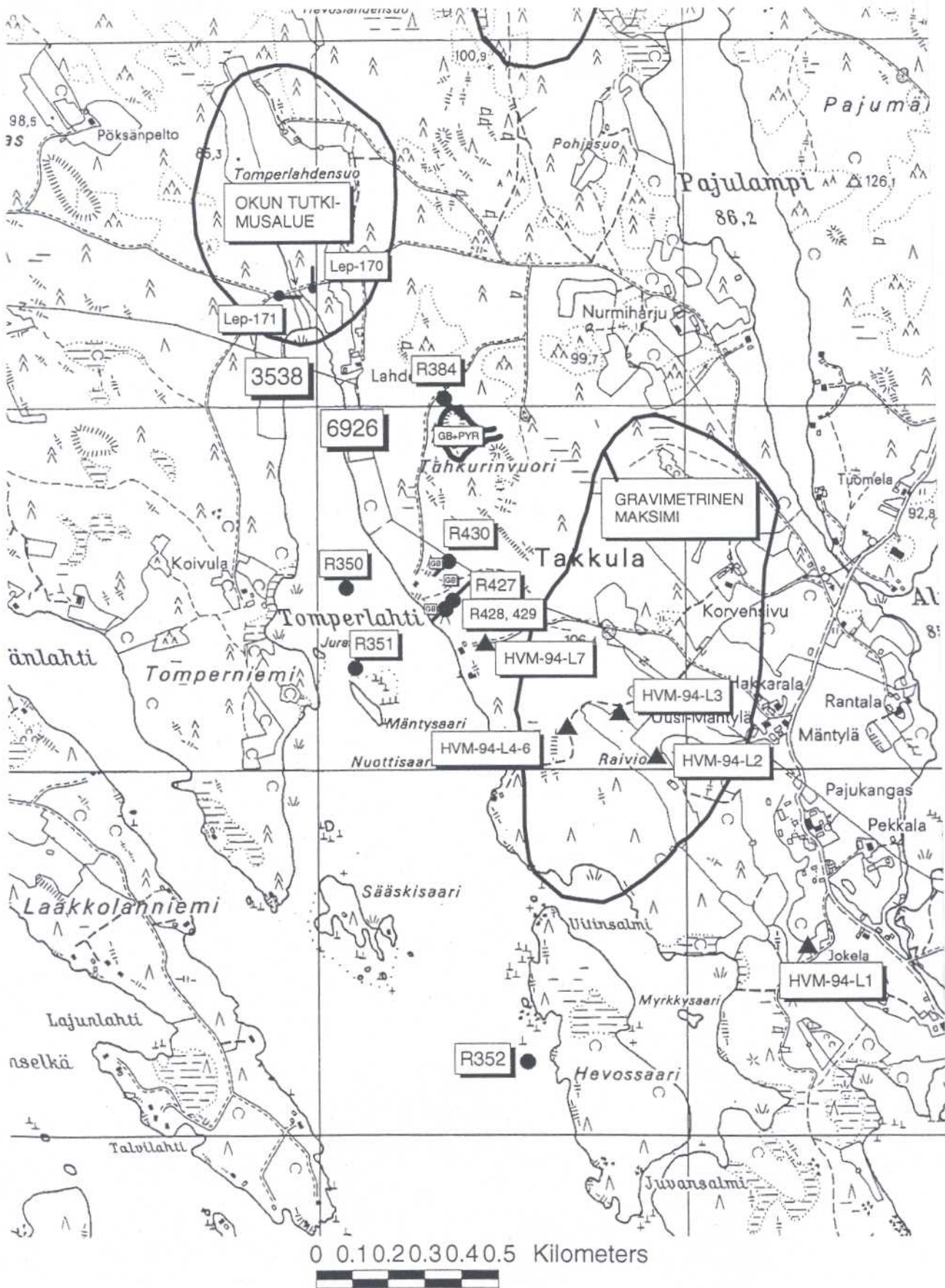
Geofysikaalisten mittausten perusteella havaittiin lievä magneettinen ja painovoima-anomalia intruusion pohjaosissa lähellä SE-kontaktia ja sen perusteella päätettiin tutkimukset keskittää näille alueille. POKA-kairauksissa (v. 1995) ne osoittautuivat kiisupitoisiksi. Seuraavassa vaiheessa (talvi 1996) pyrittiin lävistämään POKA-kairauksissa todetut kiisuuntumat hieman syvemmältä, mutta jatkeita ei tässä vaiheessa tavoitettu. Kolmannessa vaiheessa (syksy 1996) kairattiin samalla profiililla kuin talvella 1996, mutta vastakkaisesta suunnasta, jolloin lävistettiin intruusion kontakti sekä kiisuuntuman jatkeet. Intruusion SE-reunassa lähellä kontaktia venymän suunnassa esiintyy kiisupiroetta. Pintaan puhkeavan osan leikkaus on n. 40x100 m mittainen. Kiisut esiintyvät etupäässä gabroluokan kivissä harvahnäköisenä pirotteena ja pisaroina. Kuparikiisu ja pentlandiitti esiintyvät raeryppäinä yhdessä magneetikiisun kanssa. Kubaniittia esiintyy vähän suotaumina kuparikiisussa, mutta rikkikiisu on omina rakeinaan. Suurimmillaan Ni-pitoisuus on 0.53 % (R354) ja sulfidifaasin nikkeli 7.5 % (R436). Merkillepantavaa on, että kiisujen esiintyminen ei näytä noudattavan intruusiosta esiintyvää N-S-suuntaista magmaattista kerrosrakennetta eikä liittyvän emäksisimpiin oliviinigabroiin. Grafiittia esiintyy satunnaisesti intruusion NW-puoleisessa osassa. Tarkemmin tutkimuksista ja tuloksista kerrotaan myöhemmin tehtävässä 06-raportissa.

#### *Leppävirta, Takkula, KL 3241 10C,D*

Takkulan alueelta löytyi alueellisten painovoima-anomalioiden tarkistusten yhteydessä kesällä -94 gabrolohkareita, joissa oli parhaimmillaan (HVM-94-L5) 0.50% Ni ja 0.43% Cu ( $Ni_{sf}=7.25\%$ ); anal.til.nro 35601. Lohkareet muodostivat selkeän luode-kaakko-suuntaisen viuhkan kohti Tomperlahtea (kuva 124). Myöhemmin ilmeni, että myös Outokumpu Oy:n malmitutkimuksissa oli löytynyt nikkelilohkareita samalta alueelta. Outokumpu Oy kairasi tuolloin lohkaroiden lähtöpaikan selvittämiseksi kolme reikää (Lep/Tak-1-3) Tomperlahdensuolle, joista yhdessä tavattiin lohkareita vastaavaa kivilajia ja myös heikko kiisuuntuma ( $Ni=n. 0.3\%$ ). Takkulan alueelle tehtiin valtausvaraus kesäkuussa 1994 nimellä Takkula.

Kesällä -94 tehtiin Takkulassa suppealla alalla kallioperäkartoitusta (havainnot: HVM-94-16,17 ja 19-24). Pääkivilajina alueella on schollen-migmatiitti, jossa schollen-kappaleina on yleisesti gabroa. Aiemmin tuntemattomia gabroesiintymiä ei löytynyt kartoituksen yhteydessä. Koska kesällä -94 löytyneet lohkaroidet eivät jäätikön kuljetussuunnan (uurteiden) ja lohkaroviuhkan suunnan perusteella sopineet OKU:n kairaamaan esiintymään, tehtiin emäkallion löytämiseksi kaksi lyhyttä POKA-reikää Tomperlahden magneettisiin matalalentoanomalioiden helmikuussa 1995, 3241/R350,R351. Samalla tarkistettiin n. 1km etelämpänä oleva magneettinen anomalia, 3241/R352. Rei'issä tavattiin MAGK-SKII-pitoista kiillegneissia, mikä selitti magneettiset anomaliat. Keväällä 1995 kairattiin vielä yksi reikä tunnetun Takkulan emäksisen-ultraemäksisen muodostuman pohjoispäähän, 3241/R384. Se lävisti kuitenkin pääosin apliittigraniittia eikä lainkaan muodostuman kivilajeja. Saman muodostuman alueella J. Mäkinen teki kesällä -95 detaljikartoitusta ja litogeokemiallista näytteenottoa, jonka tulokset on nähtävissä "Intruusioiden geologia"-osassa.

Kesän 1995 kartoituksissa (R.Lempiäinen) löytyi Takkulan muodostuman eteläpuolelta gabropaljastumia, joissa oli myös hieman MAGK-piroetta. Sijainniltaan kyseinen alue sopi lohkaroiden emäkallioksi ja alueelle kairattiin neljä POKA-reikää huhtikuussa 1996, 3241/R427-430. Yhteensä Takkulan kohteeseen kairattiin vuosien 94-95 aikana siten 8 reikää (397.90m) (liite 8). Vuonna -96 kairatut reiät lävistivät kiillegneissin ympäröimää emäksistä syväkiveä paksuimmillaan n. 50m. Kiven koostumus on dioriittia, sarvivälkegabroa, sarvivälke-pyrokseenigabroa ja perkniittia (pyrokseeni-amfibolikiveä). Vain yhdessä reiässä tavattiin heikkoa MAGK-piroetta, joten lohkaroiden emäkallio jäi selvittämättä. On mahdollista, että lohkaroidet ovat peräisin OKU:n kairaamasta esiintymästä Tomperlahdensuolta. Tällöin jäätikön kuljetus olisi normaalia pohjoisempi. Lohkaroidet ovat heikosti magneettisia, joten on myös mahdollista, että etsityn esiintymän, varsinkin jos se on pieni, aiheuttama magneettinen anomalia ei näy matalalentomittauksissa. Takkulan alueella pieniä gabropahkuja näyttäisi olevan runsaasti.

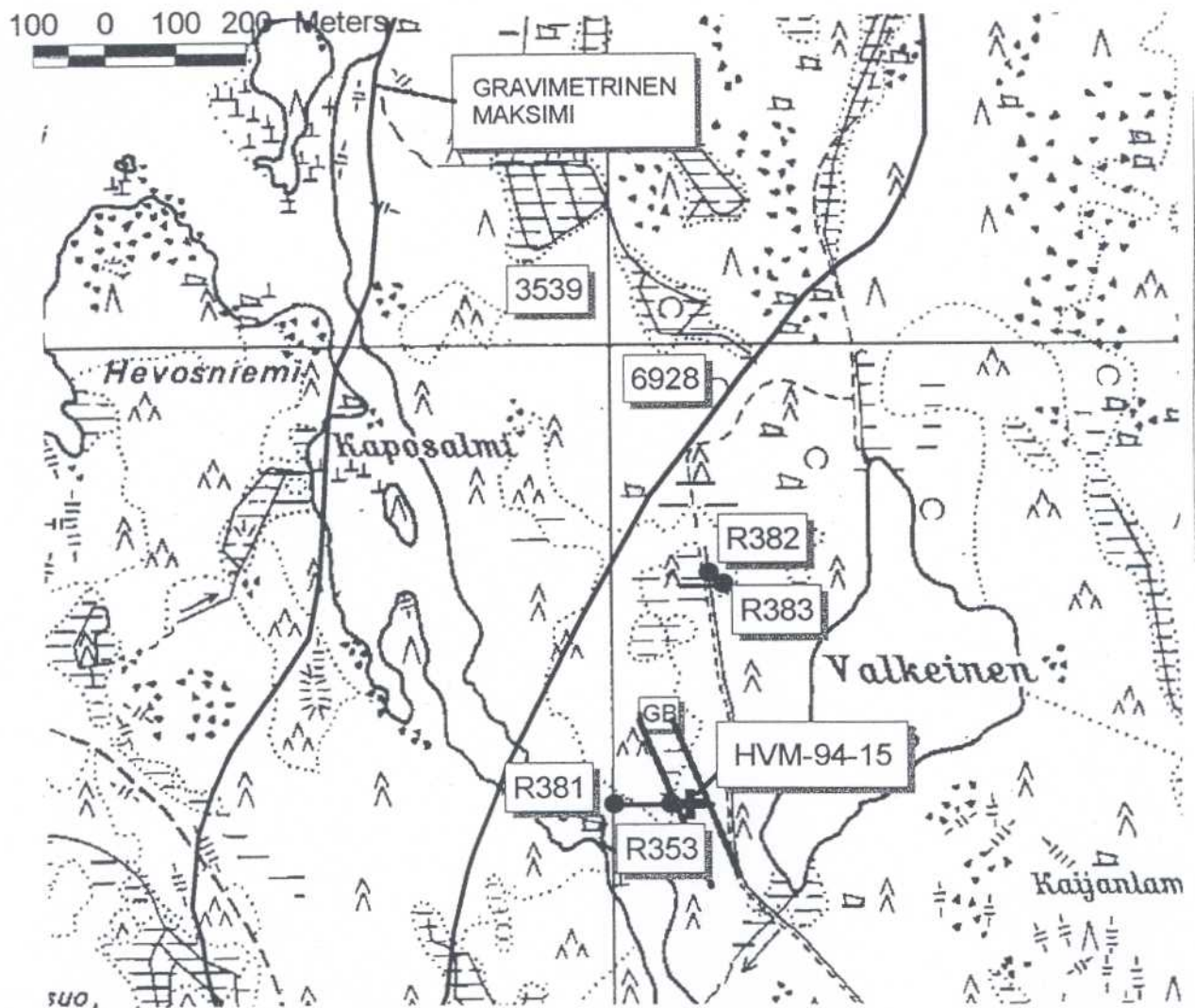


Kuva 124. Takkulan tutkimusalue.  
 Figure 124. Takkula study area.

*Leppävirta, Kaposalmi, KL 3241 10D*

Alueellisten painovoima-anomalioiden tarkistusten yhteydessä löytyi kesällä -94 Kaposalmen itäpuolelta gabropaljastuma (HVM-94-15), jossa oli paikoin MAGK-CUKI-pirote. Analysoituissa kahdessa palanäytteessä oli korkeimmillaan 0.18% Ni ja 0.13% Cu;  $Ni_{sf} = 5.0\%$  (anal.til.nro 35601). Ympäristön paljastumat ovat schollen-migmatiittista kiillegneissia (havainnot HVM-94-12--15). Magnetometrilla havaittiin paljastuman länsipuolella heikko magneettinen anomalia (100-200 nT) ja aihe päätettiin tutkia POKA-näytteenotolla (kuva 125).

Talvella ja keväällä -95 kairattiin Kaposalmen kohteeseen 2 reikää, yht. 112.50m, 3241/R353 ja 381. Rei'issä tavattiin kiillegneissin ympäröimä, < 20m paksu sarvivälkegabro, jossa on hieman MAGK-PENT- pirotetta. Ni-pitoisuus jäi kuitenkin parhaimmillaan 0.08%:iin metrin matkalla (anal.til.nro 53619). N. 300m pohjoiseen Kaposalmen kohteesta tarkistettiin magneettinen matalalentoanomalia kahdella POKA-reiällä, 3241/R382 ja 383, yht. 85.4m. Reiät lävistivät kiillegneissia, kvartsidioriittia, graniitti/pegmatiittijuonia, mutta vain pieniä, muutaman metrin paksuisia gabropahkuja. Kiillegneississä on paikoin MAGK-SKII-pirote, mikä aiheuttaa magneettisen matalalentoanomalian.



Kuva 125. Kaposalmen tutkimusalue.  
Figure 125. Kaposalmi study area.

*Leppävirta, Luusniemi, KL 3242 10C*

Luusniemen tutkimukset aloitettiin v. 1995 kallioperäkartoituksella, jossa selvitettiin kivilajien levinneisyys ja rakenteet. Tässä vaiheessa tiedettiin, että voimakas magneettinen ja gravimetrinen anomalia johtuu alueen ultramafiiteista. Aerogeofysikaalisiin mittaustuloksiin pohjautuva mallinnus viittasi suureen kartiomaisesti alaspäin laajenevaan ultramafiseen muodostumaan. Tulkinta vahvistui kairauksissa. Malmiviitteistä tiedettiin vain, että kohteesta on löytynyt kuparikiisuja ja että Malminetsijä Oy on tehnyt Luusniemessä kairauksia 1960-luvulla.

Geofysikaaliset profiilimittaukset tehtiin v. 1996 ja systemaattinen 50 m:n linjavälillä tehty mittaus v. 1997. Kairaukset tehtiin kahdessa vaiheessa: raskaalla timanttikairauskalustolla syksyllä 1996 ja POKA-laitteistolla keväällä 1997.

Kiisuja intruusiossa esiintyy hienorakeisena pirotteena erittäin vähän, ja nikkelpitoisuus on parhaimmillaan vain 0.2 %. Tyypillinen seurue on magneetikiisu, kuparikiisu, pentlandiitti, mackinawiitti ja kubaniitti. Intrusion W-osassa kiisut ovat muuttuneet täysin magnetiitiksi, minkä vuoksi magnetiitti muodostaa paikoin pseudomorfin silikaatti/magnetiitti-verkkopirotterakenteen. Sulfideista oksidoidumalla (peridotiitit) ja magmaattisesti kiteytyneet magnetiittikiteet (magnetiittipyrokseeniitti) aiheuttavat geofysikaalisesti merkittävän anomalian. Tarkempi kuvaus kohteen geologiasta ja suoritetuista tutkimuksista on raportissa Mäkinen & Forss: **M06/3242/-98/1/10**.

*Leppävirta, Heimonvuori, KL 3241 11D*

Heimonvuoren tutkimukset liittyivät aluksi Särkiniemen S-puolella olevien geofysikaalisten anomalioiden tarkistukseen keväällä 1996. Tässä vaiheessa POKA-kairauksista vastasi H. Makkonen, ja alueen kallioperäkartoituksesta J. Mäkinen (1996). Reiät olivat yleensä yksittäisiä ja anomaliaan kohdistettuja.

Ensi vaiheen kairauksissa löydettiin yhdestä reiästä kiisuuntunutta peridotiittia ja kairauksia jatkettiin v. 1997 kesällä teettämällä kaksi kairausprofiilia ja tarkistamalla kaksi systemaattisessa geofysikaalisessa mittauksessa esille tullutta anomaliaa. Tässä vaiheessa kairauksista vastasi J. Mäkinen. Geofysikaalinen mittaus suoritettiin syksyn 1996 aikana.

Kiisuja intruusiossa on vähän ja ne esiintyvät säännöttömästi sekä gabroissa että plagioperidotiiteissa. Paikoin kiisujen määrä kasvaa kohti gabro-peridotiittikontaktia ilman, että sulfidien gravitatiivista fraktioitumista on tapahtunut. Tarkempi kuvaus kohteen geologiasta ja suoritetuista tutkimuksista on raportissa Mäkinen & Forss: **M06/3242/-98/2/10**.

*Leppävirta, Täilahti, KL 3241 12B*

Hanhisalonsa Ni-esiintymän löytymisen jälkeen valittiin POKA-kohteiksi Koirusveden alueelta magneettisia matalalentoanomaliaita ja alueellisia painovoima-anomaliaita. Täilahdessa on teräväräinen, pyöreä magneettinen anomalia ja siihen tehtiin yksi pysty POKA-reikä maaliskuussa -96, 3241/R419 (liite 2). Reiässä tavattiin talkkipitoinen serpentiniitti, jonka magnetiitti aiheuttaa magneettisen matalalentoanomalian. Serpentiniitissä on myös hieman MAGK-pirotetta. Serpentiniitti poikkeaa mineraalikoostumukseltaan ja ulkoasultaan nikkeli- ja kobaltipitoisesta serpentiniiteistä-peridotiiteista ja muistuttaa enemmän Outokumpu-jakson serpentiniittejä. Tehdyt kaksi kokokivianalyysiä (anal.til.nro 53082) ja oliiviinianalyysit varmistivat serpentiniitin kuuluvan Outokumpu-assosiaatioon (Asko Kontinen, suullinen tiedonanto). Myöhemmin vuonna 1997 kairattiin alueelle vielä kaksi reikää (R 440-441, liite 8). Ensimmäisellä kairattiin samaan serpentiniittimuodostumaan kuin R 419, mutta jälkimmäisellä tavoitettiin vain kiisupitoista kiillelegneissia.

*Leppävirta, Mustikka, KL 3241 12C*

Mustikan alueella (kts. liitteet 1 ja 13) on alueellinen painovoimamaksimi sekä magneettisia matalalentoanomaliaita. Lisäksi alueen kaakkoispuolelta on löytynyt kiisuuntuneita gabro- ja peridotiittilohkareita sekä Outokumpu Oy:n että tämän hankkeen tutkimuksissa. Helmikuussa -96 tehtiin Mustikan alueelle 5 pystyä POKA-reikää, yht. 168.45, 3241/R412-416. Rei'issä 412 ja 413 tavattiin kiillegneissia ja mustaliusketta, jossa on kohtalainen MAGK-SKII- pirote, joten ko. magneettiset anomaliat johtuvat mustaliuskeeseen MAGK:sta. Reiällä 414 ei päästy kallioon. Reikä 415 lävisti kummingtoniittigabroa, jossa on paikoin heikkoa, pilvimäistä MAGK-pirotetta. Ni-pitoisuus kivessä on kuitenkin merkityksetön (maksimi 0.06% metrin matkalla, anal.til.nro 53622). Reiässä 416 tavattiin ofiittista oliviinigabroa, jossa on hieman MAGN, mutta vain merkit sulfideista. Mustikan vesialueella on kairaustulosten perusteella gabroesiintymiä, joista osa em. lohkarista voi olla lähtöisin. Sen sijaan peridotiittilohkareiden lähtöpaikka ei todennäköisesti ole Mustikan alueella.

*Leppävirta, Koirus N ja Koirus S, KL 3241 12C ja D*

Kyseiset intruusioidet ovat suurimmat Koirusveden alueella tunnetuista (liite 1). Molemmat ovat nykyisessä pintaleikkauksessaan halkaisijaltaan yli kilometrin. Ne koostuvat noriitista ja pyrokseenigabrosta, jonka sisässä on peridotiitti. Intruusioita tutkittiin geofysikaalisin mittauksin ja kairauksin vuosien 1995-98 aikana. Koirus S -intruusiota on tutkinut aiemmin Outokumpu Oy 1960-1980-luvuilla (mm.Parkkinen 1972, Makkonen and Ekdahl 1984). Siitä tunnetaan heikkolaatuista (Ni<0.5%) Ni-malmiutumaa peridotiitissa. Tämän hankkeen tutkimuksissa ei tavattu parempilaatuista malmia. Koirus S -intruusion tutkimustulokset on esitetty tarkemmin raportissa M06/3241/-97/1/10. Koirus N -intruusiosta tavattiin vain heikkoa kiisuuntumista gabrossa (Ni maks. 0.32% metrin matkalla). Tutkimustulokset esitetään tarkemmin erillisessä M19-raportissa.

*Suonenjoen-Rautalammin alue, KL 3241 ja 3224*

Iisveden-Niiniveden alueelta tunnetaan joitakin peridotiittilohkareita, joissa on merkittäviä Ni-pitoisuuksia (taulukko 14).

Taulukko 14. Iisveden-Niiniveden tunnetut lohkaretyypit.  
Table 14. The bolder types in the Iisvesi-Niinivesi area.

Lohkaretyyppi	Ni %	Cu %	Ni <sub>st</sub> %
Iisvesi I	0.37	0.14	10.4
Iisvesi II	0.64	0.40	7.0
Kinnulanlahti	0.44	0.18	6.3
Lintharju	1.93	0.51	7.2

Lohkareet ovat 1960-70 lukujen kansannäytteitä sekä Outokumpu Oy:n tutkimuksissa löytyneitä (Toikkanen 1991). Kesällä -95 tehtiin lohkareretsintää ko. alueella (R. Lempiäinen). Joitakin uusia gabro- ja peridotiittilohkareita löytyi, mutta niissä ei ollut korkeita Ni-pitoisuuksia ( $\leq 0.30\%$ ). Aihelohkareiden lähtöpaikka jäi vielä avoimeksi. Tarkempi selostus lohkareretsinnöistä on hankkeen sisäisessä raportissa 'Kesän -95 lohkareretsintä Tervo-Varkaus -alueella' (Rauli Lempiäinen).

Tutkimusalueelta tunnetaan Uudiskorholan nikkeliäihe, jota Outokumpu Oy on tutkinut mahdollisena lohkarereiden lähtöpaikkana. Kohteesta ei kuitenkaan ole tavattu lohkarereita vastaavia kiisuuntumia.

Talvella ja kesällä -96 tehtiin lohkarereiden emäkallion löytämiseksi POKA-reikiä kuljetussuunnalle

sijoittuviin magneettisiin matalalento- ja alueellisiin gravimetrisiin anomalioihin. Reiät 3224/R301-303, yht. 103.45m, tehtiin Niiniveden alueelle. Reiällä 301 (Marjukaarre) tarkistettiin magneettinen anomalia. Se lävisti MAGK- ja GRAF-pitoista kiillegneissia, mikä selittää magneettisen anomalian. Reiät 302 ja 303 kairattiin Niinivedelle laajaan alueelliseen painovoima-anomaliaan ja magneettisiin anomalioihin. Tulosten perusteella anomaliat aiheutuvat sarvivälkegneissistä ja amfiboliitista.

Rei'illä 3224/304-309 (pystyreikiä, yht. 206m) tarkistettiin kesällä -96 magneettisia ja gravimetrisia anomalioita kohteissa Hyttikangas (R304-305), Laitilansuo (R306), Vaajasalmi (R307-308) ja Tennis (R309). Hyttikankaan magneettinen anomalia osoittautui kiillegneississä olevan MAGK-pirotteen aiheuttamaksi. Laitilansuolla lävistettiin kiillegneissia, jossa on amfiboliittivälkerroksia ja niissä hieno MAGK-pirote, joka aiheuttaa magneettisen anomalian. Vaajasalmen rei'issä tavattiin kiillegneissia ja -liusketta, kvartsi-maasälpagneissia sekä sarvivälkegneissia. Alueen gravimetrinen anomalia aiheutuu todennäköisesti sarvivälkegneissistä ja magneettiset anomaliat kiillegneissistä tavatuista MAGK-piroteista tai sarvivälkegneissin magneettisimmista osista.

Koska aihelohkareiden lähtöpaikka ei selvinnyt pokauksilla, tehtiin kesällä ja syksyllä -96 vielä laajamittainen lohkar-etsintä Niiniveden ranta-alueilla ja normaalia läntisemmän kuljetuksen mahdollisuus huomioiden (R.Lempiäinen, K.Savolainen, R.Toivonen ja harjoittelijoita). Tutkimusalueen kvartäärigeologian tulkintaa hankaloittavat mittavat harjujaksot. Kerkonkosken kanavan eteläpuolelta löytyi syksyllä peridotiittilohkareita, jotka vastasivat tyyppiltään joitakin aihelohkareista. Kiisuja lohkarissa oli kuitenkin vain vähän ( $Ni < 0.2\%$ ).

Kerkonkosken alueelta paikannettiin magneettisen matalalentokartan ja pokausten avulla peridotiittimuodostuma tonaliittisten kivien keskeltä syksyllä -96, reiät 3224/R310-315. Alueella tehtiin geofysikaalisia maastomittauksia -97 ja uusi pokaussvaihe syksyn -97 ja talven -98 aikana, 3224/R316-330. Peridotiitista tavattiin kiisuuntuneita osia, jotka sopivat kivilajin ja kiisuuntuman koostumuksen perusteella lähtöpaikaksi osalle Iisveden-Niiniveden nikkelimalmilohkareita. Parhaimmat, korkean sulfidifaasin nikkelilohkareet jäivät kuitenkin selvittämättä. Kerkonkosken alueen tutkimustulokset selostetaan tarkemmin alueelta tehtävässä M06-raportissa.

#### *Rautalampi, Törmälän ympäristö, KL 3223 09C*

Törmälän ympäristön Ni-tutkimukset saivat alkunsa Rautalammin karttalehden maastotöissä vuonna 1993 löydetystä ruosteisesta ultramafiittipaljastumasta ARP-93-484. Geologi Pääjärvi kertoi Ni-hankkeelle paljastumasta syksyllä -96, kun malmitutkimukset olivat edenneet Leppävirralta Suonenjoen ympäristöön. Paljastumalta otetuissa näytteissä oli parhaimmillaan 0.20 % Ni ja 0.12 % Cu. Seuraavana talvena tehtiin Törmälän lähiympäristössä geofysikaaliset mittaukset (MAGN ja SÄHK) ja POKA-kairaukset. Ni-mineralisaatio lävistettiin sekä Pappilansalmen W-rannalta että Etusaaren SE-puoliselta luodolta.

Vuosina 1997-98 tutkimusaluetta laajennettiin Vilosensaaren ympäristöön, missä tehtiin geologista kartoitusta, geofysikaalisia mittauksia ja vähän POKA-kairausta. Vaikka Vilosensaaren SW-rannalta, Etusaaren E-rannalta ja Rengassaaresta löytyikin ultramafista kiveä, sulfideja ei ollut kuin satunnaisesti.

Kairausten perusteella vaikuttaa siltä, että "luotointruusio" on vain 20-30 m läpimittainen litteä kappale Törmälän intruusiota Pappilansalmen hierron takana. Itse Törmälän intruusio on parhaimmillaan n. 40 m paksu, pintapuhkeamaltaan n. 130-150 m pitkä ja 30-50 m leveä loivasti luoteeseen painuva kappale (ks. kuvat 65 ja 66). Parhaimmat kiisuuntumat ovat lähellä pohjakontaktia. Luodolle kairatussa reiässä (R302) paras metrin pätkä (23.00-24.00) sisälsi 0.29 % Ni ja 0.14 % Cu. Törmälän kiisuuntuman paras lävistys oli R315:ssa syvyydellä 22.00-38.50, missä on keskimäärin 0.67 % Ni ja 0.36 % Cu.  $Ni_{SF}$  on suhteellisen alhainen vaihdellen 3.4:stä 4.4:ään. Törmälän alueen tutkimuksista ja tuloksista kerrotaan tarkemmin seuraavissa raporteissa: **M06/3223/-99/1/10**, **M42.2/3223/-99/1/10** ja **M19/3223/-99/1/10**.



*Tervo, Harinka, KL 3313 10A*

Kesällä 1995 Suonenjoen ja Tervon alueellisen esitutkinnan yhteydessä tehtiin lohkare-etsintää (Toivonen, Savolainen) mm. tunnetun Talluskanavan esiintymän lounaispuolisella alueella. Ahvenisen W-rannalta löytyi useita kulmikkaita PRD-lohkareita, joista parhaassa (RT-95-L37) oli 0.42 % Ni ja Ni<sub>SF</sub> oli 6.1 %. Lohkareiden kulmikkuudesta päätellen ne olivat joko lyhytmatkaisia tai suuri lohkare oli rikkoutunut useaksi pienemmäksi. Kevättalvella 1996 tehtiin lohkareiden luoteispuolelle kaksi pystyä POKA-reikää magneettisiin matalalento- anomaliaoihin, 3313/R368-369. Reikä 368 lävisti suonigneissiiä ja amfiboliittia ja reikä 369 amfiboliittia. Molemmissa rei'issä tavattu amfiboliitti on magneettista ja selittää näin ollen anomaliat. Kesällä -97 lohkare-etsintää jatkettiin alueella (R.Toivonen, K.Savolainen + harjoittelijoita) ja reikien 368 ja 369 luoteispuolelta löytyi lisää peridotiittilohkareita. Kesällä -97 H.Koskivuori teki matalalentoanomalioiden ja alueellisten gravimetristen anomalioiden maastotarkistuksia Tervon-Pielaveden alueella (havainnot 4-7, 9-13, 16-23, 30 -HSK-97). Haringan alueelta valittiin kaksi magneettista anomaliaa POKA-kohteiksi ja reiät kairattiin talvella -98, 3313/R370-371. Molemmissa paikoissa tehtiin pysty reikä ja magneettisen anomalian aiheuttajaksi osoittautui tonaliitti, jossa on MAGN-pirote. Haringan alueen tutkimuksissa lohkareiden emäkallio jäi selvittämättä. Jatkotutkimuksia kannattaisi suunnata 3313 07D -lehden alueelle, jossa on alueellisia painovoimamaksimeja, ja jota kohti Tervon Tuliniemen (M06/3313/-82/1/10) nikkeliesiintymään liittyvät jaksot jatkuvat.

*Tervo, Äyskoski, KL 3313 07B*

Äyskosken alueelta on löytynyt 1960- ja -70-luvuilla useita peridotiitti-serpentiiniittilohkareita, jotka muodostavat Äyskosken eteläpuolelle selkeän viuhkan. Aihe otettiin mukaan hankkeen tutkimuksiin ja kesällä -97 alueella tehtiin lohkare-etsintää ja magneettisten anomalioiden maastotarkistuksia (H.Koskivuori, havainnot L28-29-HSK-97, L21-HSK-97). POKA-kohteeksi valittiin magneettinen anomalia lohkareviuhkan kärkiosista, 3313/R372. Kairaus tehtiin talvella -98 ja pysty reikä lävisti kuitenkin vain kiillegneissiiä ja sarvivälkegneissiiä. Kiillegneississä on paikoin MAGK-raitoja ja -pirotetta, mikä aiheuttaa magneettisen anomalian. Nilakan rannalta, n. 2 km:n päästä tiheän lohkareikon kärjestä on myös löytynyt peridotiitti-serpentiiniittilohkareita. Jos nämä lohkareet kuuluvat samaan viuhkaan, lohkareiden emäkallio on Nilakan järviolueella. Rantavyöhykkeestä on aiemmin tutkittu Cobrakalustolla kaksi matalalentoanomaliaa, jotka aiheutuvat MAGK-pitoisesta kiillegneissistä (M19/3313/-98/1/10).

*Tervo, Utrianlahti, KL 3313 08C*

Alueelle tehtiin talvella -98 yksi POKA-reikä, 3313/R373, alueelliseen painovoimamaksimiin, joka sijaitsee n. 2 km Tuliniemen nikkeliesiintymästä luoteeseen. Reiässä tavattiin hornblendiittia, granaatti-kiillegneissiiä ja sarvivälkegneissiiä. Hornblendiitti aiheuttaa todennäköisesti ko. gravimetrisen anomalian. Kivessä on vain merkit MAGK:sta, joten jatkotutkimukset katsottiin tarpeettomiksi.

*Tervo, Luvelahti, KL 3313 11C*

Luvelahden alueelta tunnetaan ennestään runsaasti Ni-Cu-pitoisia gabro-peridotiittilohkareita (mm. raportti M19/3313/76/1/10). H. Koskivuori teki kesällä -97 alueella maastotarkistuksia (havainnot L1-2-HSK-97, L4-6-HSK-97; 2-HSK-97; H6-7-HSK-97). Tulosten perusteella osa lohkareista on todennäköisesti peräisin Saarisenjärven intruusiosta, n. 6 km lohkareista länsi-luoteeseen, mutta osa lähempää. Luvelahden länsipuolella on selkeä gravimetrisen maksimi, kooltaan 1x1.5km, joka sopii lähtöpaikaksi osalle lohkareita. Paljastumahavaintojen perusteella gravimetrisen maksimin aiheuttaa gabrointruusio. POKA-kohteiksi valittiin intruusion itäreunasta 1) sähköinen + magneettinen anomalia, 3313/R376, ja 2) magneettinen anomalia, 3313/R377. Pokaus tehtiin syyskuussa -98 ja reikä 376 lävisti kiillegneissiiä, jossa on paikoin runsaasti grafiittia ja MAGK-SKII-raitoja, jotka selittävät sähköisen ja magneettisen anomalian. R377:ssä tavattiin oliviinigabroa ja kummingtoniittigabroa. Oliiviinigabrossa on pinnassa

harva MAGK-pirote. Nikkelipitoisuus on siinä kuitenkin vähäinen (0.04%, anal.til.nro 62032). Kummingtoniittigabro on paikoin muuttunut voimakkaasti kloriittirikkaaksi ja siinä esiintyy runsaasti serpentiinisauvoja, minkä perusteella intruusion liittyy myös peridotiittisia osia. Ottaen huomioon nämä malmiviitteet ja intruusion suuren koon voidaan mahdollisia jatkotutkimuksia pitää perusteltuina.

*Tervo, Vääränlampi, KL 3313 11C*

Vääränlammen länsipuolella on selkeä gravimetrinen anomalia, kooltaan n. 1 x 1.5 km. Sekä länsi- että eteläreunalla on magneettinen anomalia. Kohteen tutkimiseksi tehtiin alueella alkukesästä -98 maastotarkastuksia (H. Koskivuori, havainnot L7-8-HSK-97, H4-5-HSK-97). Gravimetrinen anomalian suojapuolelta löytyi muutamia gabrolohkareita, joissa oli hieman kiisuja, mutta alhaiset nikkelpitoisuudet. Syyskuussa -98 tehtiin molempiin em. magneettisiin anomaliaoihin pystyt POKA-reiät, 3313/R378-379. Reiät lävistivät emäksistä (R378) ja intermediaäristä (R379) vulkaniittia, mikä selittää gravimetrinen anomalian. Magneettiset anomaliat johtunevat vulkaniitin hienosta ILME-piroteesta.

*Pielavesi, Heinikanjärvi, KL 3313 08B,09A*

Heinikanjärven kohdalla on laaja-alainen gravimetrinen maksimi ja paikallisia magneettisia maksimeja, joista kaksi valittiin POKA-kohteiksi, 3313/R375-375. Kairaus tehtiin huhtikuussa -98. Gravimetrinen anomalian aiheuttaja on POKA-reikien perusteella amfiboliitti, joka lienee alunperin emäksinen vulkaniitti. Kivessä on runsas ILME-pirote (n. 10%), joka yhdessä MAGN:n kanssa aiheuttaa magneettiset anomaliat.

*Kuopio, Humalajoki, KL 3242 07C*

Kuopion eteläpuolella, Vehmasmäen ja Paukarlahden pohjagneissidoomien välissä on gravimetrinen maksimi, joka jatkuu itään kohti Leppävirran Luusniemen gabro-peridotiitti-intruusiota. Tämän gravimetrinen maksimin tarkistamiseksi ja pohjajadoomien välisen kallioperän kartoittamiseksi tehtiin 15 reiän koillis-lounas -suuntainen POKA-profiili vuosien -96 ja -97 aikana, 3242/R312-317, 323-328, 355-357. Reiät raportoitiin yhdessä Savon hankkeen kanssa (H. Lukkarinen). Kairaustulosten perusteella gravimetrinen maksimi aiheutuu amfiboliitista, sarvivälkegneissistä ja karsikivistä (liitteet 1, 4 ja 5). Profiilin lounaisosassa tavattiin pohjagneissi, jonka päälle stratigrafisesti tulee n. 150m paksu kvartsiitti (ortokvt+arkoosikvt+serikvt). Kvartsiitin päällä on n. 200m paksu paketti, joka koostuu karsiamfiboliitista, karresta ja sarvivälkegneissistä, joita pegmatiitit ja apliittigraniitti intrudoivat. Karren seassa on myös muutaman metrin paksuisia kalkkikivikerroksia. Profiilin koillisosassa, laitimmaisissa rei'issä on kiilleliusketta ja kapeita rautakiisupitoisia mustaliuskekerroksia. Lähellä kiilleliuskeen kontaktia on granaattirikasta karsikiveä, joka saattaa edustaa rautamuodostumaa. Ylityönnön seurauksena pohjagneissi on nyt suprakrustisen sarjan päällä (kaade n. 50SW); vrt. tämän raportin rakennegeologinen osuus.

*Kuopio, Karttula, Vehmasjoen jakso, KL 3242 07B, 08A,B, 09A*

Vehmasjoen Ni-esiintymän (v. 1996) ja Niinikosken Ni-esiintymän (v. 1998) löytymisen jälkeen päätettiin näiden esiintymien välinen, n. 15 km pitkä pohjois-eteläsuuntainen vyöhyke tutkia. Siitä valittiin alueellisen painovoimamittauksen ja matalalentomagneettisen mittauksen sekä maastotarkistusten perusteella 11 POKA-kohdetta, 3242/R379-387, 394 (kuva 126).

Jokihaaran (1 kuvassa 126) kohteessa (KL3242 09A, R379) tarkistettiin kesäkuussa -98 magneettinen anomalia heikon painovoima-anomalian kohdalla n. 1.5 km Niinikosken Ni-esiintymästä länteen. Reikä lävisti kiillegneissistä ja apliittigraniittia. Kiillegneississä on MAGK-SKII-pirotetta sekä grafiittia, joten magneettinen anomalia aiheutuu magneettikiisusta. Kairauksen perusteella kiillegneissi on pystyasentoinen tai kaatuu itään. Gravimetrinen anomalia ei selvinnyt; sen aiheuttaja voi olla syvemmällä.

Murtoselän kohteessa (KL3242 09A, R380) on myös magneettinen ja heikko gravimetrinen anomalia. Kesäkuussa -98 kairatun POKA-reiän perusteella magneettinen anomalia aiheutuu MAGK-pirotteesta kiillegneississä ja gravimetrinen anomalia todennäköisesti sarvivälkegneissistä. Sydäntulmien perusteella kivet ovat kairauspaikalla lähes pystyasentoisia.

Rahamäen kohteessa (KL3242 09A, R381) on edellisiä kohteita selvästi voimakkaampi gravimetrinen anomalia ja pitkä magneettinen anomalia. Pokauksen (kesäkuu -98) perusteella anomaliat aiheutuvat kuitenkin amfiboliitista.

Kiikkukankaan kohde (KL3242 08B, R382) on heikon gravimetrisen anomalian reunalla oleva magneettinen anomalia. Siihen tehtiin yksi reikä heinäkuussa -98 ja se lävisti vain kiillegneissia, jossa on SKII-raitoja ja grafiittia. Todennäköisesti kiisupirotteessa on lähistöllä myös MAGK, mikä aiheuttaa magneettisen anomalian. Gravimetrinen anomalia ei selvinnyt. Toisaalta se on niin heikko, että se voi aiheutua rikkonaisuus- ja metamorfoosieroista ympäröiviin kiviin nähden.

Välimäki (KL3242 08B, R383) on em. gravimetrisen anomalian keskellä oleva pyöreähkö magneettinen anomalia. Siihen tehtiin POKA-reikä heinäkuussa -98. Reikä lävisti graniittia, kiillegneissia, tonaliittia, karsikvartsiittia ja mustaliusketta. Karsikvartsiitin ja mustaliuskeen sisältämä MAGK-pirote aiheuttaa ko. magneettisen anomalian.

Kyrölässä (KL3242 08B, R384) tarkistettiin magneettinen anomalia heinäkuussa -98. Sen aiheuttajaksi osoittautui mustaliuske ja diopsidikarsi, joissa molemmissa on MAGK-SKII-pirote (paikoin myös ZNVA).

Kivijärven kohteessa (KL3242 08B, R385) on pitkänomainen magneettinen anomalia pohjagneissin kontaktialueella. POKA-reikä anomaliaan tehtiin heinäkuussa -98 ja se lävisti kiillegneissia, pohjagneissia (tonaliittia) ja karsikiveä, jossa on kvartsiittisia osia ja runsaasti SKII-raitoja ja -pesäkkeitä. Todennäköisesti syvemmällä rikkikiisun seassa on enemmän magneettikiisua, mikä aiheuttaa em. magneettisen anomalian.

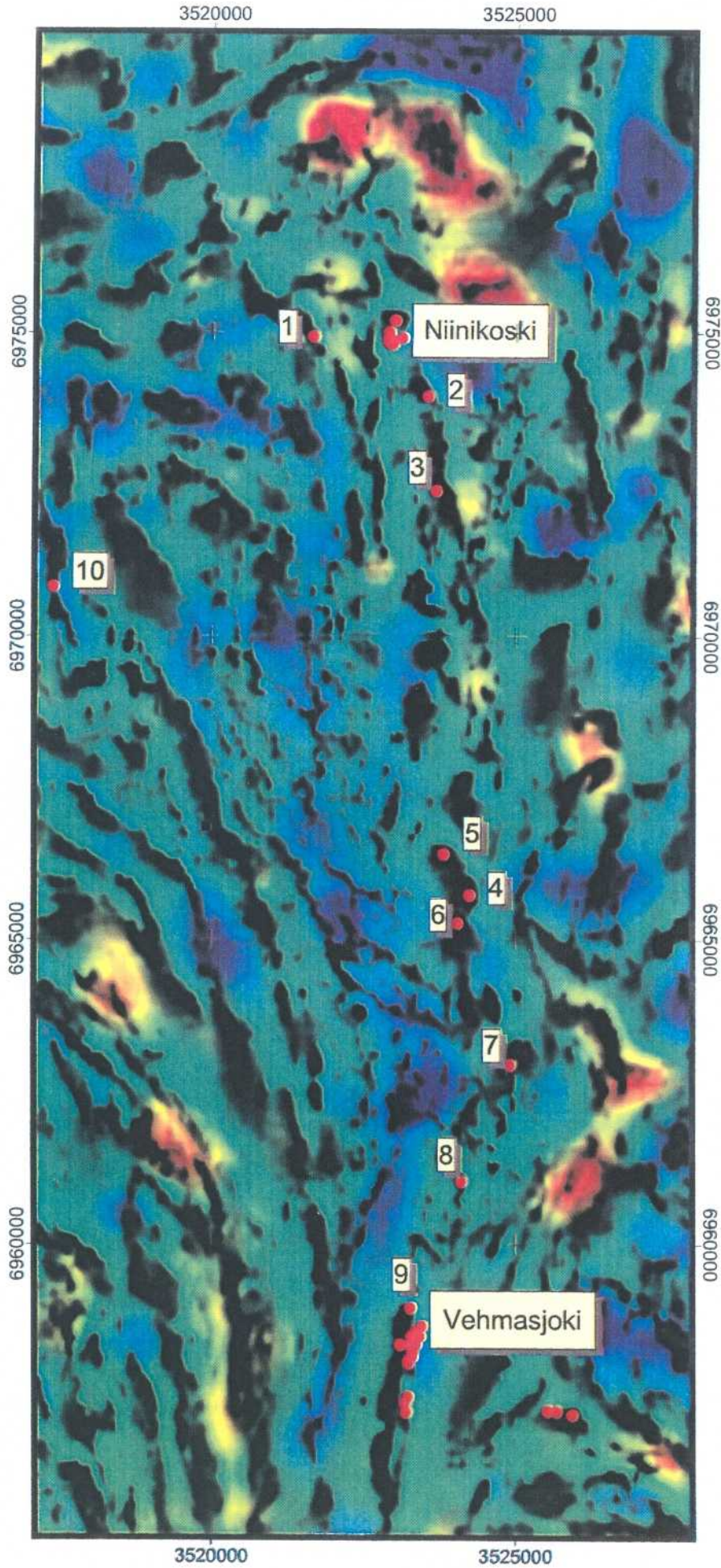
Kuoppasuon kohde (KL3242 08A, R386) on ainoa tutkitun vyöhykkeen paikka, jossa tavattiin "oikea" kivilaji. Heikon gravimetrisen anomalian keskellä olevaan magneettiseen anomaliaan tehtiin POKA-reikä elokuussa -98. Se lävisti kiillegneissia ja metapyrokseniittia, joka on voimakkaasti talkkiutunut ja karbonaattiutunut. Myös kiillegneissi on osittain talkkiutunut. Sulfideista tavattiin kuitenkin vain merkit metapyrokseniitissa. Magneettinen anomalia aiheutunee ilmeniitin sisältämästä magnetiitista.

Vehmasjoen Ni-esiintymän pohjoispuolelta tarkistettiin pyöreähkö magneettinen anomalia POKA-reiällä elokuussa -98 (KL3242 07B, R387). Anomalian aiheuttajaksi osoittautui mustaliuske, jossa on MAGK-SKII-pirote.

Pihkainmäkeen (KL3242 06C, R394) tehtiin POKA-reikä lokakuussa -98. Kohteessa on magneettinen anomalia laajemman, heikon gravimetrisen anomalian reunalla. Reiän perusteella magneettinen anomalia aiheutuu MAGK-raidoista kiillegneississä.

Kuva 126 (seuraavalla sivulla). Vehmasjoen jakson POKA-kohteet. 1=Jokihaara, 2=Murtoselkä, 3=Rahamäki, 4=Kiikkukangas, 5=Välimäki, 6=Kyrölä, 7=Kivijärvi, 8=Kuoppasuo, 9=Vehmasjoki, 10=Pihkainmäki. Pohjakarttana magneettisen matalalentokartan ja alueellisen gravimetrisen kartan yhdistelmä; mustat alueet magneettisia maksimeja, punaiset gravimetrisia maksimeja ja siniset gravimetrisia minimejä.

*Figure 126 (next page). Drilling targets in the Vehmasjoki zone. Base map is a combined low altitude airborne magnetic and areal scale gravimetric map; black areas show magnetic highs, red ones gravimetric highs and blue ones gravimetric lows.*



## TERVO-VARKAUS -ALUEEN MALMIMALLI JA NI-POTENTIAALI

### Malmimalli

Intruusioiden ja niitä ympäröivien kivilajien deformaatiosuhteiden perusteella magman intrudoituminen tapahtui  $D_1$ - $D_2$ -vaiheessa. Tämä vaihe edustaa itäänpäin suuntautunutta ylityöntöä, joten ylemmille tasoille purkautuneet osat voivat sijaita alkuperäistä purkauspaikkaa idempänä, kun taas syvälle jääneet intruusioidet olisivat säilyneet arkeisen kratonin reunaan nähden paikallaan, joskin kohoten ja breksioituen myöhemmissä ( $D_3$ - $D_4$ ) hierroissa ja siirrostuksissa. Joka tapauksessa näyttää siltä, että arkeisen kratonin länsireuna ja siihen syntyneet heikkousvyöhykkeet ovat toimineet merkittävänä emäksisten magmojen purkautumisreitteinä.  $D_2$ -schollen-migmatiitit syntyivät todennäköisesti tähän heikkousvyöhykkeeseen. Samat heikkousvyöhykkeet aktivoituvat myöhemmin ( $D_3$ - $D_4$ ), mikä selittää myös paikallisesti esiintyvien  $D_3$ -schollen-migmatiittien ja Ni-intruusioiden maantieteellisen yhteyden.

Syntektonisesta luonteesta johtuen magman intrudoituminen oli monivaiheista. Syntyi välisäiliöitä lopullista intrudoitumispaikkaa alemmille tasoille ja näissä välisäiliöissä tapahtui magmaattisia prosesseja, jotka vaikuttivat merkittävästi myöhemmin tästä säiliöstä purkautuvan sulan ja sulaa+kidesuspension koostumukseen. Useissa intruusioissa (Koirus N ja S, Särkiniemi?) tavataan gabroosa ja sen sisässä tai reunalla terävällä kontaktilla gabroon nähden peridotiittinen osa. Tässä työssä peridotiitti on tulkittu nuoremmaksi ja syntyneen välisäiliössä oliviinikiteistä rikastuneesta sulasta. Osassa intruusioita on kuitenkin hallitsevana piirteenä in situ differentiaatio, jolloin kiven koostumus vaihtuu asteittain peridotiittista gabroon-dioriittiin. Tällaisia intruusioita ovat esim. Vehmasjoki, Törmälä, Naistenrako.

In situ differentioituneet intruusioidet ovat malmipotentialisempia seuraavien seikkojen vuoksi:

- 1) kiteytymisessä vapautuva latentti lämpö edesauttaa sivukivikontaminaatiota ja sitä kautta rikin liukoisuuden pienenemistä ( $SiO_2$ ), ja jos sivukivet ovat rikkipitoisia, myös rikin määrä sulassa lisääntyy
- 2) mahdollisesti syntynyt sulfidifaasi sijaitsee intruusion yhteydessä; monivaiheisissa intruusioissa on se mahdollisuus, että alemmilla tasoilla syntynyt sulfidisula ei nouse magman mukana lopulliseen intrudoitumispaikkaan. Koska tämä magma on köyhtynyt nikkelistä oliviiniin ja sulfidien fraktioivan kiteytymisen vuoksi, siitä syntyvät kiisuuntumat ovat nikkeliköyhiä (usein Co-rikkaita).

Kontaminaatiolla on merkittävä rooli malminmuodostuksessa. Lähes kaikissa malmipitoisissa intruusioissa on kontaminaation merkit. Todennäköisesti kontaminaatio oli selektiivistä, jolloin metapeliitteistä helpoimmin irtautuvat alkuaineet/yhdisteet sekoittuivat ensimmäisinä magmaan. Koska silikaattisula/sulfidisula-suhde vaihtelee esiintymien välillä runsaasti, magmaan tulleen ulkopuolisen rikin määrä on myös vaihdellut paljon. Tämä johtuu ympäristön kivien erilaisesta rikkimäärästä ja assimilaation määrästä. Esim. mustaliuskeiden vieressä olevissa esiintymissä R-arvo on pieni, kuten Vehmasjoella.

In situ differentioituneissa intruusioissa kiisuuntuma on muodostuman pohjalla, mutta monivaiheisissa intruusioissa tilanne on komplisoidumpi: kiisuuntuma voi olla muodostuman pohjalla "oikeassa" paikassa, mutta myös muodostuman keskellä tai jopa yläosissa. Tällaisissa tapauksissa aiempi pulssi on todennäköisesti kiteytynyt vain osittain ennen "malmipulssin" intrudoitumista.

Intrudoitumisen jälkeen (mahdollisesti lähes samanaikaisesti) tapahtuneet voimakkaat  $D_2$ - $D_4$  liikunnot migmatisoivat metagrauvakoita ja paloittelivat intruusioita huonontaen siten myös yhtenäisen malmin esiintymismahdollisuuksia ja vaikeuttaen etsintää. Toisaalta nämä liikunnot aiheuttivat paikoin sulfidien kasaantumista parantaen pitoisuuksia. Niillä alueilla, joissa intruusioidet ovat säilyneet ehjinä, tavataan

pitkiä ja kapeita yhtenäisiä muodostumia (esim. Tiemasoja), mikä viittaa siihen, että monet intruusiot ovat olleet alunperin kerrosjuonia. Frakmentoitumista on voinut tapahtua myös D<sub>3</sub>-late -vaiheessa, mutta tällöin hierto on keskittynyt suppeammalle alueelle kuin D<sub>2</sub>-schollen-schlieren-systeemeissä.

### **Malmimalliin perustuvat malmi-indikaattorit ja niiden havainnointi**

Magman tuloväylää edustavat heikkousvyöhykkeet, joihin on syntynyt schollen- ja schlieren-migmatiitteja. Arkeisen kratonin reuna on sinänsä jo merkki alueen Ni-potentiaalista. Syvän leikkauksen löytämistä auttaa D<sub>3</sub>-D<sub>4</sub>-doomien ja braky-antiformien paikantaminen. Ne erottuvat usein muotonsa ansiosta magneettisella kartalla (mm. Kotalahti, Rautalammin alue) ja gravimetrisellä kartalla positiivisina anomaliaina.

In situ differentioituneissa intruusioissa verrattuna monivaiheisiin intruusioihin on joitakin seuraavista piirteistä:

- 1) tasapainoisempi kiteytymiskäyrä MgO-Mg-luku -diagrammilla,
- 2) oliviinin nikkelpitoisuudessa suuri vaihteluväli,
- 3) malmipitoiset osat eivät ole emäksisimmässä kivessä eli rikkikylläisyys on saavutettu vasta ensimmäisten silikaatti/oksidi -kiteymien jälkeen
- 4) differentiaatiosarja, jossa kivilajit vaihtuvat asteittain.

Kontaminaatio näkyy mm. seuraavasti:

- 1) alhainen Ca/Al -suhde (ortopyrokseeni vallalla klinopyrokseeniin nähden),
- 2) korkea LREE,
- 3) alhainen R-arvo.

Taulukossa 15 on listattu ne litogeokemialliset piirteet, jotka kertovat intruusion malmipotentialisuudesta. Taulukosta näkyy, että malmipitoisissa intruusioissa on enemmän ko. piirteitä kuin malmittomissa. Poikkeuksen tekevät Törmälä ja Kerkonkoski. Ne poikkeavat kuitenkin myös sivukivensä puolesta muista intruusioista: sivukivenä on tonaliitti, kun taas muissa intruusioissa se on kiillegneissi, mikä voi vaikuttaa kontaminaatiopiirteiden havaitsemiseen. Myöskään sulan Ca/Al -suhde ei pienene tonaliittia assimiloitaessa samoin kuin kiillegneissin ollessa assimilanttina. Niistä intruusioista, joista ei vielä ole löytynyt malmia, taulukon perusteella potentiaalisiksi kohteiksi nousevat selvimmin Koirus N ja Rytty.

### **Tervo-Varkaus-alueen Ni-potentiaali**

Hankkeen toiminta-aikana (v. -98 loppuun) löytyi Tervo-Varkaus-alueelta viisi sellaista Ni-esiintymää, joista tehtiin malmiarvio sekä lisäksi useita kiisuuntumia. Outokumpu Oy:n tutkimuksissa -60-80-luvuilla löytyi myös lukuisia Ni-esiintymiä. Tämän perusteella tiedetään, että alueella on vieläkin lukuisia tuntemattomia pintaan puhkeavia Ni-esiintymiä. Kotalahden esiintymä on kuitenkin alueen ainoa suuri esiintymä ja ainoa louhittu. Se poikkeaa muista esiintymistä ympäristön kivilajien suhteen: muut intruusiot ovat metagrauvakan sisässä (Törmälä ja Kerkonkoski tonaliitissa), mutta Kotalahti osittain arkeisen pohjan ympäröimänä. Onko niin, että Kotalahti edustaa tunnetuista esiintymistä syvintä leikkausta ja sisältää sen vuoksi runsaimmin malmia? Itse intruusiohan ei ole poikkeuksellisen suuri eikä poikkeaa myöskään koostumukseltaan muista alueen intruusioista. Kuopion eteläpuoleisista pohjagneissidoomeista etsittiin Kotalahden mallin mukaisesti intruusioita, mutta toistaiseksi tuloksetta. Tosin eräitä työmaita on vielä kesken Paukarlahden pohjadoomin eteläreunassa. Jatkossa on syytä keskittää erityistä huomiota lähellä pohjaa ja myös pohjakupoleiden sisällä esiintyviin intruusioihin.

Taulukko 15. Malmipotentialisuutta indikoivat litogeokemialliset piirteet, tärkeysjärjestys vasemmalta oikealle. Musta ellipsi = piirre esiintyy kohteessa, viiva = piirrettä ei esiinny, tyhjä = ei tietoa. Malmipitoiset intruusioiden lihavoituina.

Table 15. Lithochemical features indicating ore potentiality; importance of the features decreases to the right side. Black ellipse = existing feature, line = nonexisting feature, blank = no data. Ore bearing intrusions with bold.

Kohde	korkea Fo	in situ differentiaatio	selektiivinen kontaminaatio	in situ Ni- depleetio oliviinissa	alhainen Ca/Al	korkea alkali	in situ TI-depleetio
Hanhisalo			●		●	●	
<b>Kerkonkoski</b>	—	—	●?	—	—	●	
Munaniemi					●		
<b>Naistenrako</b>	—	●	●	—	●		
<b>Niinimäki</b>	●	●	●	●	●	●	
<b>Särkiniemi</b>	—	—	●	— ?	●	●	● ?
<b>Törmälä</b>	●	●	—		—		
<b>Vehmasjoki</b>	●	●	●	— ?	—	●	● ?
<b>Ylivieska</b>	●	●	—	●	●	—	
Heimonvuori	●	●	—	—	●		● ?
Koirus N	●		●	● ?	●	●	
Koirus S	●		●	— ?	—	●	
Kylmälahti	—	—	—	—	—	—	—
Laaninsaari		—			●		
Luusniemi	—	—	—	—	—	—	—
Rytty	●	●	●	—	●	●	—
Takkula			— ?		—	—	—
Varpanen			● ?		—	—	

Tämän hankkeen aikana ei ole tehty varsinaista pintaan puhkeamattomien malmien etsintää, koska viitteitä pintaan puhkeavista esiintymistä löytyi runsaasti (Ni-lohkareita, kiisuuntuneita paljastumia). Jatkossa pintaan puhkeamattomien malmien etsintään voidaan panostaa hieman enemmän. Pintaan puhkeamattomissa esiintymissä on se etu, että eroosio ei ole sotkenut intruusion koon ja malmin koon välistä yhteyttä, joten esim. gravimetristen tulosten avulla tehtävää etsintää voidaan suunnata riittävän suuriin muodostumiin. Pääpaino lähivuosina tulee kuitenkin edelleen olemaan pintaanpuhkeavien esiintymien paikantamisessa.

Tähän asti tehtyjen tutkimusten perusteella potentiaalisia kohteita ja alueita ovat edelleen: Leppävirran Rytky, Leppävirran Koirus N, Tervon alue (selvittämättömät lohkareet), Tervon Luvelahti, Kuopion W- ja S-puoliset intruusiot/gravimetriset maksimit, Rautalammin alue ja Haukiveden NW-osa (Tiemassaari ym.).



## HANKETYÖSKENTELYN ARVIOINTI

Hankkeen henkilökuntaan on suurimman osan ajasta kuulunut erityisosaamisalueen mukaan lueteltuina:

- 2 malmigeologia
- 1 geofyysikko
- 1 geokemisti
- 1 rakennegeologi
- 1 malmipuolen tutkimusavustaja

Kyseinen koostumus on koettu sopivaksi hankkeen tehtäviä ajatellen. Kiireisimpinä aikoina ja säännöllisesti viimeisinä vuosina on saatu tutkimusavustajatyövoimaa lisää Vihanti-Pyhäsalmi-hankkeelta. Kuopion lähialueilla on toiminut samaan aikaan Savon alue -kartoitushanke, jonka kanssa on tehty yhteistyötä esikartoituksen, kartoituksen ja temaattisten karttojen osa-alueilla. Yhteistyö on hyödyttänyt molempia hankkeita.

Aluetoimiston ulkopuolisella rahoituksella tehtävät työt ovat verottaneet eniten geofyysikon työpanosta hankkeelta, mikä on haitannut lähinnä kohteellisten tutkimusten edistymistä. Viime vuosina myös muita hankkeen jäseniä on ollut mukana ulkopuolelta rahoitetuissa töissä, mikä pitänee jatkossa ottaa huomioon vuosisuunnitelmia tehtäessä.

Hankkeen avaintulokseksi määritelty Ni-malminetsintä on ollut etusijalla koko toiminnan ajan, joten esim. julkaisutoiminta nikkelisektorilta on ollut vähäisempää. Julkaisujen tekemistä varten pitäisikin varata riittävästi aikaa vuosisuunnitelmiin, jos julkaisut katsotaan tärkeiksi.

Hanketyöskentelyyn liittyvä vuosisuunnitelmien ja erilaisten raporttien laadinta on ollut turhan raskasta, koska tekninen toteutus on vaihdellut lähes vuosittain. Kulujen seurannassa laskuperusteet ovat myös vaihdelleet paljon, joten koko hankeajalta on vaikea saada yksiselitteisiä lukuja kuluista.

### Avustavat toiminnot

Teknisten henkilökunnasta on osa ollut tiiviisti hankkeen toiminnassa mukana, erityisesti lohkareetsinnässä, POKA-näytteenotossa ja geofysikaalisissa mittauksissa. Yhteistyö on toiminut erittäin hyvin. Lähes yksinomaan hankkeen käytössä ollut POKA-yksikkö on ollut korvaamaton apu etsinnöissä ja esiintymien ensi vaiheen tutkimuksissa.

Merkittävä rooli hankkeen alussa oli aluetoimiston kuvankäsittelylaboratoriolla. Siellä kehiteltiin yhteistyössä hankkeen kanssa gravimetrisen ja magneettisen aineiston esitystapa, jolla saatiin hyvin esille emäksiset intruusiot ja alueen rakenteet. Näistä "mato"kartoista muodostuikin alueellinen rutiinityöväline hankkeessa.

Kaikki kemialliset analyysit hanke on teettänyt GTK:n Kuopion ja Espoon laboratorioissa. Analyysit on saatu pääsääntöisesti toivottuna ajankohtana.

Hieet on tehty pääosin GTK:n Kuopion hielaboratoriossa. Ruuhka-aikoina on jouduttu turvautumaan muiden toimittajien palveluihin, jolloin hieiden laatu on selvästi kärsinyt.

Yhteistyö Espoon mineralogisten asiantuntijoiden kanssa (malmimineralogia, mikroanalyysit) on toiminut hyvin. Hanke on saanut tilaamansa tutkimukset melko hyvin ajallaan. Tosin mikroanalyyssilaboratoriossa alkaa näkyä ulkopuolisten tilausten määrän kasvu ja samalla talon omat työt venyvät. Yhteistyötä on tehty myös keskushallinnon geofyysikoiden kanssa, etenkin hankkeen alkuvaiheessa

alueellisen gravimetrisen aineiston kanssa.

Yhteenvedona hanketyöskentelystä voidaan todeta, että sopivalla porukalla tiimityön edut tulevat hyvin näkyviin - asioita mietitään usealta eri taholta. On syytä kuitenkin muistaa, että monipuolisen asiantunte muksen lisäksi malminetsintäpainotteiselle hankkeelle em. avustavat toiminnot ovat erittäin tärkeitä. GTK:ssa tämä puoli on tällä hetkellä hyvin hoidettu.

## KESKEISET TULOKSET

Hankkeen avaintulokseksi asetettiin alunperin *ekonomisen Ni-esiintymän löytäminen*. Tervo-Varkaus alueelta hanke tutki viisi uutta esiintymää, jotka on listattu taulukossa 16. Koko hankkeen tuloksen kannalta on huomioitava, että samaan aikaan Tervo-Varkaus -alueen tutkimusten kanssa tehtiin mittavia etsintä- ja tutkimuskairauksia Juvan Niinimäen ja Ylivieskan kohteissa.

Taulukko 16. Tervo-Varkaus- alueelta tutkitut Ni-esiintymät.  
Table 16. Ni occurrences studied in Tervo-Varkaus area.

ESIINTYMÄ	TONNIA	Ni %	Cu %	Co %	Ni <sub>SF</sub> %
Särkiniemi	292 000	0.91	0.53	0.06	2.8
Hanhisalo	143 000	0.61	0.20	-	4.5-6.5
Törmälä	116 000	0.60	0.33	0.03	3.7
Vehmasjoki	37 000	0.94	0.69	0.06	3.1
Naistenrako	n. 20 000	0.51	0.34	-	7.5-11.5

Tällä hetkellä mikään esiintymistä ei ole ekonominen. Suurimpana ja pitoisuuksiltaan kohtalaisina Särkiniemen esiintymä on merkittävin löydös. Esiintymien hyödyntäminen edellyttäisi lähellä sijaitsevaa rikastamoaa tai kevyen, siirrettävän rikastamon käyttöä.

Tutkittujen esiintymien lisäksi löydettiin Tervo-Varkaus-alueelta useita kiisuuntumia, joista on listattu lävistyksiä taulukossa 17.

Taulukko17. Lävistyksiä Tervo-Varkaus- alueen kiisuuntumissa.  
Table 17. Ni-bearing drilling intersections in Tervo-Varkaus area.

KIISUUNTUMA	METRIÄ	Ni %	Cu %	Co %	Ni <sub>SF</sub> %
Kerkonkoski	1.7	0.66	1.17	0.05	3.2
Rytty	7.2	0.32	0.12	0.01	7.6
Heimonvuori	2.0	0.33	0.13	0.02	4.7
Munaniemi	14.5	0.30	0.11	0.02	3.0
Koirus S	5.0	0.27	0.08	0.02	6.1

*Ni-potentiaalisten alueiden rajaaminen* oli eräs hankkeen tulostavoite. Se on tehty migmatiittikartoituksen (kuva 8) ja malmitutkimusten tulosten perusteella. Potentiaalisia kohteita ja alueita on lueteltu kappaleessa "Tervo-Varkaus- alueen Ni-potentiaali".

Kuopion etelä- ja lounaispuolisen alueen *rakennegeologista selvitystä* on pidettävä tuloksena, joka hyödyttää malminetsijöiden lisäksi laajalti kallioperätutkijoita arkeisen kratonin reunaan sijoittuvan törmäsvyöhykkeen selvittämisessä.

*Litogeokemiallisen tutkimuksen* tuloksena saatiin esille joukko piirteitä, jotka auttavat jatkossa tunnist-

maan malmipotentialisen intruusion (vrt. kappale "Tervo-Varkaus- alueen malmimalli ja Ni-potentiaali"). Alueellisen kiillegneissitukimuksen (XRF) perusteella voidaan sanoa, ettei intruusioiden läheisyys näy kiillegneissien kemiallisessa koostumuksessa.

*Alueellisen moreeniaineiston käsittely* tuotti kartan (kuva 123), joka heijastaa hyvin intruusiotihentymiä.

Lisäksi *uutta geotietoa* tuotettiin Tervo-Varkaus- alueelta seuraavasti:

335 raportoitua kairanreikää (Oracle-kannassa)

2990 kallioperähavaintoa (Oracle-kannassa)

314 lohkarehavaintoa

487 tutkittua ohuthiettä (KOH) (Oracle-kannassa)

10 alueellista tai kohteellista raporttia

202 mitattua petrofysikaalista näytettä

44500 km<sup>2</sup> alueellista painovoimakartoitusta, aineisto APV-hankkeen arkistossa  
geofysikaalista tutkimusta:

134 km<sup>2</sup> geofysikaalista systemaattista mittausta (yhteensä eri menetelmillä)

112 km geofysikaalisia profiilimittauksia (yhteensä eri menetelmillä)

301 Sampo-luotauspistettä

93 reiästä reikämittauksia

## MATERIAALIN ARKISTOINTI

Kairansydämet ja niihin liittyvät reikäraportit on arkistoitu GTK:n Lopen arkistoon. Raportit sekä tämän raportin ja liiteraporttien "Liitty"-aineiston kartat, kairausprofiilikuvat ja reikäraportit on arkistoitu Espooseen, mutta osa aineistosta on Kuopiossa (esim. hiekortit, analyysilistat, datalevykkeet). Lisäksi on tarkoitus koota tähän raporttiin liittyvää Tervo-Varkaus -alueen aineistoa CD-levykkeelle. Muutenkin aineistoa voidaan muokata käyttäjän tarvitsemaan muotoon.

Kuopiossa 15.11.1999



Hannu Makkonen  
hankepääällikkö, geologi



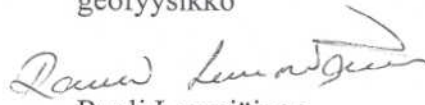
Olavi Kontoniemi  
geologi



Jouni Luukas  
geologi



Heikki Forss  
geofyysikko



Rauli Lempiäinen  
tutkimusavustaja



Jari Mäkinen  
erikoistutkija

## LÄHDELUETTELO

- Bowes, D.R., 1980. Structural sequence in the gneissose complex of eastern Finland as a basis for correlation in the Presvecokareliides. *Acta geologica Polonica* 30 (1). 15-26.
- Brun, J.P., Gapais, D. & Theoff, B., 1981. The mantled gneiss domes of Kuopio (Finland): interfering diapirs. *Tectonophysics* 74, 283-304.
- Chai, G. and Naldrett, A. J., 1992. The Jinchuan ultramafic intrusion: cumulate of a high-Mg basaltic magma. *J. Petrol.* 33, 277 - 303.
- Eskola, P., 1949. The problem of mantled gneiss domes. *Quart. J. Geol. Soc. London*, Vol. 104. 461-476.
- Forss, H., 1998. Leppävirran Särkiniemen Ni-malmiaiheen geofysikaaliset tutkimukset vuosina 1994-1996. Geologian tutkimuskeskus, Väli-Suomen aluetoimisto. Q19/3241/98/1/20.1.
- Gaál, G., 1972. Tectonic control of some Ni-Cu deposits in Finland. In Gill, J. E.. (ed.) *International Geological Congress, 24 th session, Montreal 1972: Section 4, Mineral deposits*, 215-224.
- Gaál, G., 1980. Geological setting and intrusion tectonics of the Kotalahti nickel-copper deposit, Finland. *Bull. Geol. Soc. Finland* 52, 101 - 128.
- Heino, T., 1997. Leppävirta, Särkiniemi: Nikkeliesiintymän mineraalivarantoarvio. Geologian tutkimuskeskus, Väli-Suomen aluetoimisto. M19/3241/-97/1/10.
- Jokela, J., 1994. Itä-Suomen Ni-vyöhykkeen kartoitus ja rakennetulkinta. Raportti kenttätöistä 1993-1994. Geologian tutkimuskeskus, Väli-Suomen aluetoimisto. M19/3241/94/1/10. Koskee 3232, 3234, 3243. Leppävirta, Kotalahden Ni-vyöhyke.
- Kahma, A. 1973. The main metallogenic features in Finland. *Geol. Surv. Finland Bull.* 265, 29p.
- Koistinen, T. J. 1981. Structural evolution of an early Proterozoic strata-bound Cu-Co-Zn deposit, Outokumpu, Finland. *Transactions Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 72, 115-158.
- Kojonen, K., 1998. Leppävirran Hanhisalon Ni-Cu-malmiaiheen malmimineralogiaa. Geologian tutkimuskeskus. M42.2/3241/-98/1/10.
- Kojonen, K., Hänninen, E. & Pakkanen, L., 1995. Leppävirran Särkiniemen Ni-malmiaiheen petrografiaa ja mineralogiaa. Geologian tutkimuskeskus. M19/3241/-95/1/10.
- Kontoniemi, O. & Forss, H., 1997. Tutkimustyöselostus Leppävirran kunnassa valtausalueilla Särki 1 (kaiv.rek.nro 5422/1) ja Särki 2 (kaiv.rek.nro 5422/2) suoritetuista nikkelimalmitutkimuksista vuosina 1993 - 1996. Geologian tutkimuskeskus, Väli-Suomen aluetoimisto, M06/3241/-97/2/10.
- Kontoniemi, O. & Forss, H., 1998. Tutkimustyöselostus Leppävirran kunnassa valtausalueilla Hanhi 1 (kaiv.rek.nro 5473/1) ja Hanhi 2 (kaiv.rek.nro 5771/1) suoritetuista nikkelimalmitutkimuksista vuosina 1993 - 1996. Geologian tutkimuskeskus, Väli-Suomen aluetoimisto, M06/3241/-98/1/10.
- Korsman, K., Koistinen, T., Kohonen, J., Wennerström, M., Ekdahl, E., Honkamo, M., Idman, H., & Pekkala, Y. (Eds.), 1997. Suomen kallioperäkarta. Geological Survey of Finland, Espoo, Finland. ISBN 951-690-691-5.

- Kärki, A., Laajoki, K. & Luukas, J. 1993.** Major Paleoproterozoic shear zones of the central Fennoscandian Shield. *Precambrian Research* 64, 207-223.
- Lundqvist, T., Bøe, R., Kousa, J., Lukkarinen, H., Lutro, O., Roberts, D., Solli, A., Stephens, M., & Weihed, P., 1996.** Bedrock map of Central Fennoscandia. Scale 1:1 000 000. Geological Surveys of Finland (Espoo), Norway (Trondheim) and Sweden (Uppsala).
- Makkonen, H., 1992.** 1.9 Ga tholeiittinen magmatismi ja siihen liittyvä Ni-Cu-malminmuodostus Juvan alueella, Kaakkois-Suomessa. Julkaisematon lisensiaatin tutkimus. Oulun yliopisto, geologian laitos. 200 s.
- Makkonen, H. V., 1996.** 1.9 Ga tholeiitic magmatism and related Ni-Cu deposition in the Juva area, SE Finland. *Geol. Surv. Finland Bull.* 386.
- Makkonen, H., 1997.** Tutkimustyöselostus Leppävirran kunnassa valtausalueella Koirus 1 (kaiv.rek.nro 6156/1) suoritetuista nikkelimalmitutkimuksista vuosina 1996-1997. Geologian tutkimuskeskus, Väli-Suomen aluetoimisto. M06/3241/-97/1/10.
- Makkonen, H. and Ekdahl, E., 1984.** Distribution of nickel in the Koirusvesi intrusion, Leppävirta, Central Finland. *Geol. Surv. Finland, Report of Investigation* 68. 24p.
- McGoldrick, P. J., Keays, R. And Scott, B. B., 1979.** Thallium: a sensitive indicator of rock/seawater interaction and on sulfur saturation of silicate melts. *Geochim. Cosmoch. Acta.* 43, 1303 - 1311.
- Mäkinen, J., 1987.** Geochemical characteristics of Svecokarelidic mafic-ultramafic intrusion associated with Ni-Cu occurrences in Finland. *Geol. Surv. Finland Bull* 342.
- Mäkinen, J., 1991.** Similarity analysis using rank in till geochemistry. *Bull. Geol. Soc. Finland* 63, 49 - 57.
- Mäkinen, J & Forss, H., 1998a.** Tutkimustyöselostus Leppävirran kunnassa valtausalueilla Luusniemi 1 (kaivosrekisterinumero 6404/1) ja Luusniemi 2 (kaivosrekisterinumero 6475/1) suoritetuista malminetsintätutkimuksista vuosina 1995 - 1998. Geologian tutkimuskeskus. Väli-Suomen aluetoimisto. M06/3242/-98/1/10.
- Mäkinen, J & Forss, H., 1998b.** Tutkimustyöselostus Leppävirran kunnassa valtausalueilla Heimonvuori 1 (kaivosrekisterinumero 6099/1) ja Heimonvuori 2 (kaivosrekisterinumero 6099/2) suoritetuista malminetsintätutkimuksista vuosina 1996 - 1998. Geologian tutkimuskeskus. Väli-Suomen aluetoimisto. M06/3242/-98/2/10.
- Naldrett, A.J., 1989.** Magmatic sulfide deposits. Oxford monographs on geology and geophysics, n:o 14. New York. Oxford University Press. 186s.
- Parkkinen, J., 1972.** Leppävirran alueen emäksisten-ultraemäksisten kivien systematiikka. Outokumpu Oy, julkaisematon raportti. 250s.
- Peltonen, P., 1995.** Petrology, geochemistry and mineralogy of ultramafic rocks and associated Ni-Cu deposits in the Vammala Ni-belt, Southwestern Finland. Academic dissertation, university of Turku, Finland.
- Puustinen, K., Saltikoff, B. & Tontti, M., 1995.** Distribution and metallogenic types of nickel deposits in Finland. *Geol. Surv. Finland, Report of Investigation* 132. 38s.

**Toikkanen, Päivi, 1991.** Suonenjoen Uudiskorholan ja Pukkisaaren ultramafisten intruusioiden petrografia ja geokemia. Julkaisematon pro gradu-tutkielma. Turun yliopisto, Geologian ja mineralogian osasto. 90 s.



## LIITELUETTELO

## APPENDICES

1. Tervo-Varkaus -alueen geologia sekä intruusioiden ja tutkimuskohteiden sijainti.  
*1. Geology in the Tervo-Varkaus area, location of mafic-ultramafic intrusions and exploration targets.*
2. Kairanreikien ja paljastumahavaintojen sijainti.  
*2. Location of drill holes and outcrop observations.*
3. Tervo-Varkaus -alueen nikkelipitoiset lohkareet.  
*3. Ni-bearing boulders in the Tervo-Varkaus area.*
4. Humalajoen kairausprofiili.  
*4. Humalajoki drilling profile.*
5. Humalajoen profiilin gravimetrinen mittaus ja tulkinta.  
*5. Gravimetric data and interpretation in the Humalajoki profile.*
6. Tutkittujen intruusioiden eri kivilajiyksiköiden keskikoostumuksia.  
*6. Average composition of different rock units in studied mafic intrusions.*
7. Intruusioiden kantamagman koostumuksia.  
*7. Composition of the parental magma in different mafic intrusions.*
8. Luettelo Tervo-Varkaus -alueen kairanrei'istä.  
*8. List of drill holes in the Tervo-Varkaus area.*
9. Geofysikaaliset tutkimuskohteet Tervo-Varkaus alueella vuosina 1992-1998.  
*9. Detailed geophysical explorations in the Tervo-Varkaus area during 1992-1998.*
10. Vinalaistu gravimetrinen Bouguer-anomaliakartta Tervo-Varkaus alueelta.  
*10. A colour shaded Bouguer-anomaly map from the gravity data of the Tervo-Varkaus area*
11. Yhdistetty Bouguer-anomalia ja sen horisontaaligradienttikartta, Tervo-Varkaus alueelta.  
*11. A combined Bouguer anomaly and horizontal gradient of Bouguer anomaly map of the Tervo-Varkaus area.*
12. Yhdistetty gravimetrinen Bouguer-anomalia ja aeromagneettinen totaalianomaliakartta Tervo-Varkaus alueelta.  
*12. A combined Bouguer anomaly and aeromagnetic total field anomaly map of the Tervo-Varkaus area.*
13. Yhdistetty gravimetrinen Bouguer-anomalian 2. vertikaaliderivaatta ja aeromagneettinen standardi-poikkeamakartta, ns. matokartta, Tervo-Varkaus alueelta.  
*13. A combined transformation map from the gravity and magnetic data of the Tervo-Varkaus area. Transformations: 2nd vertical derivative of the Bouguer anomaly and standard deviation of the aeromagnetic total field.*

## LIITTY

## 1. Geologiset kartat:

## 2. Geokemialliset kartat:

- Moreenigeokemiallinen kartta; Leppävirta, Päivälehto, KL 3241 11, 1:2000  
- Ni, Cu, Co, Zn
- Moreenigeokemiallinen kartta; Leppävirta, Kartiskanlahti, KL 3241 11, 1:1000  
- Ni, Cu, Co, Zn
- Moreenigeokemiallinen kartta; Leppävirta, Pilliniemi, KL 3241 11, 1:1000  
- Ni, Cu, Co, Zn
- Moreenigeokemiallinen kartta; Leppävirta, Oikearanta, KL 3241 11, 1:1000  
- Ni, Cu, Co, Zn
- Moreenigeokemiallinen kartta; Leppävirta, Kynsiniemi, KL 3241 12, 1:1000  
- Ni, Cu, Co, Zn
- Moreenigeokemiallinen kartta; Leppävirta, Poikkisuonsaari, KL 3241 12, 1:1000  
- Ni, Cu, Co, Zn

## 3. Lohkarekartat:

- Leppävirran lohkareet 1993-94; KL 3241 07, 10, 1:20000  
- Ni, Cu, Ni<sub>SF</sub>
- Leppävirran lohkareet 1993-94; KL 3241 11, 1:20000  
- Ni, Cu, Ni<sub>SF</sub>
- Leppävirran lohkareet 1993-94; KL 3241 12, 1:20000  
- Ni, Cu, Ni<sub>SF</sub>

## 4. Hieet (KOH, L=kiillotettu lätkä)

Kohde	Hienumerot
Tiemassaari	Ku19464-66, Ku19598
Tiemasoja	Ku19918-21, Ku20144-46, Ku20164-67, Ku20801-07, Ku20858 (L), Ku20887-93
Joroinen	Ku21589-92
Leppävirta	Ku21511, Ku21647, Ku23499, Ku23779, Ku26723
Särkiniemi	Ku22937-40, Ku22949-61, Ku23498, Ku23500, Ku23760-78, Ku24132-49, Ku24154-55, Ku24342-51, Ku24675-85, Ku24688-90, Ku26135-40
Hanhisalo ja Naistenrako	Ku21652, Ku21803, Ku22446-467, Ku22941-948, Ku24159-166, Ku24352-360, Ku24411-435, Ku24442-461, Ku25283-286
Kylmälahti	Ku21394, Ku22247-55
Rytky	Ku24109-21, Ku24577-92, Ku25914-24, Ku26178-84
Vehmasjoki	Ku24131, Ku25160, Ku25653-54, Ku25756, Ku25900-01, Ku25902(L), Ku26054-55, Ku26131-34, Ku27074-76, Ku27081-86

Vehmasjoen jakso	Ku27522-23, Ku27525
Vehmasmäki	Ku24575, Ku24988, Ku25028-31, Ku25652
Takkula	Ku24337
Kaposalmi	Ku24338-41
Täilahti	Ku25161-62
Mustikka	Ku25163-64
Heimonvuori	Ku25165, Ku26751-57, Ku27754-72
Munaniemi	Ku25242, Ku27055-59, Ku27518-21
Koirus S	Ku25731-34
Koirus N	Ku25735-41, Ku27037-54
Suonenjoki-Rautalampi	Ku25745-49, Ku25754-55, Ku25757
Törmälän ympäristö	Ku26440, Ku26151-67, Ku26427-29, Ku26432-33, Ku27461-64
Kerkonkoski	Ku25743-44, Ku26531, Ku26627, Ku26709-22
Tervo-Pielavesi	Ku26174, Ku26814-16, Ku27126, Ku27128-29, Ku27515-17, Ku27524
Luusniemi	Ku26185-207, Ku27731-53
Kuopio SW	Ku26450-26459

## 5. Kemiaalliset analyysit

Moreeninäytteet, til.nrot: 35796

Lohkare- ja paljastumanäytteet, til.nrot: 35287, 35288, 35601, 35602, 35604, 35607, 35693, 35695, 36593, 36594, 52968, 52972, 52976, 52978, 53081, 53589, 53595, 53597, 53598, 53613, 53623, 53624, 62134, 62153, 62157, 62154, 62033

Kairausnäytteet, til.nrot: 35282, 35289, 35290, 35291, 35600, 35601, 35602, 35609, 35610, 47126, 47127, 47247, 47772, 52584, 52965, 52966, 52967, 52970, 52971, 52973, 52975, 52977, 52979, 52984, 52987, 53080, 53083, 53084, 53085, 53086, 53087, 53088, 53093, 53098, 53099, 53524, 53587, 53588, 53590, 53591, 53592, 53593, 53594, 53598, 53604, 53605, 53607, 53611, 53614, 53615, 53619, 53621, 53622, 53625, 62022, 62023, 62024, 62025, 62026, 62425, 62442

Kokokivianalyysit, til.nrot: 35605, 52963, 52981, 53082, 53091, 53097, 53526, 53603, 62028, 62034

REE-analyysit, til.nro: 62039

## Mikroanalyysit

6. Syväkairausraportit kaikista kairatuista rei'istä (ks. Liite 8)

7. Kairanreikäprofiilit liiteraporttien mukana arkistoitujen lisäksi:

Leppävirta, Niittylampi;

M52.7/3241/-94/R301

M52.7/3241/-94/R302

M52.7/3241/-94/R303

Leppävirta, Särkiniemi;

M52.7/3241/-94/R304

M52.7/3241/-94/R305

Leppävirta, Kylmälahti;

M52.7/3241/-94/R306-308

M52.7/3241/-94/R309

8. Geofysikaaliset profiilikartat: (Vehmasjoki, ympäristön profiilit)

Q22.23/3242 04,05,07,08/1996/1

Q24.11/3242 04,05,07,08/1996/1

Q21.1/3242 04,05,07,08/1996/1

9. Liiteraportit:

M19/3241/-94/1/10

M19/3241/-95/1/10

M06/3241/-97/1/10

M06/3241/-97/2/10

M19/3241/-97/1/10

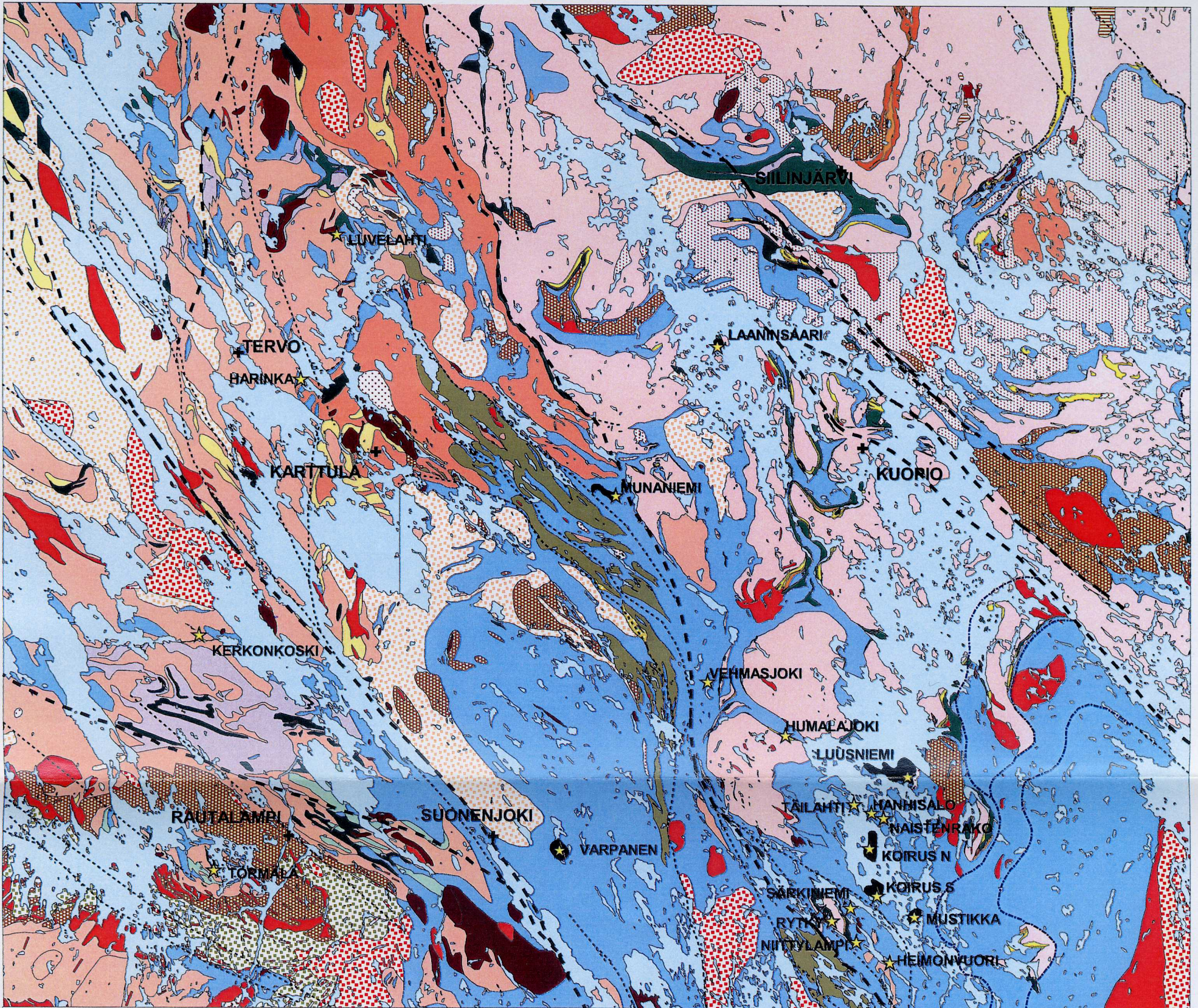
M06/3241/-98/1/10

M42.2/3241/-98/1/10

Q19/3241/-98/1/20.1

M06/3242/-98/1/10

M06/3242/-98/2/10



### LIITE 1

★ Tutkimuskohde

■ GB-PRD -intrusio

#### Kivilajit

■ Kiillegneissi

■ Mustaliuske

■ Karbonaatti- ja karsikivi

■ Kvartsiitti/arkosiitti

■ Kvartsi-maasälpäliuske ja-gneissi

■ Pyrokseenigneissi

■ Hapan vulkaniitti

■ Granaatti-kordieriitti-antofylliittigneissi

■ Indermediaarinen vulkaniitti

■ Emäksinen vulkaniitti

■ Amfiboliitti

■ Sarvivälkegneissi

■ Syeniitti

■ Graniitti

■ Porfyrynen graniitti

■ Trondhjemiiitti

■ Granodioriitti

■ Porfyrynen granodioriitti

■ Tonaliiitti

■ Gneissimäinen tonaliitti ja granodioriitti

■ Kvartsidioriitti

■ Porfyrynen kvartsimontsoniitti

■ Ultramafiitti

■ Serpentiiniitti

■ Gabro

■ Metadiabaasi

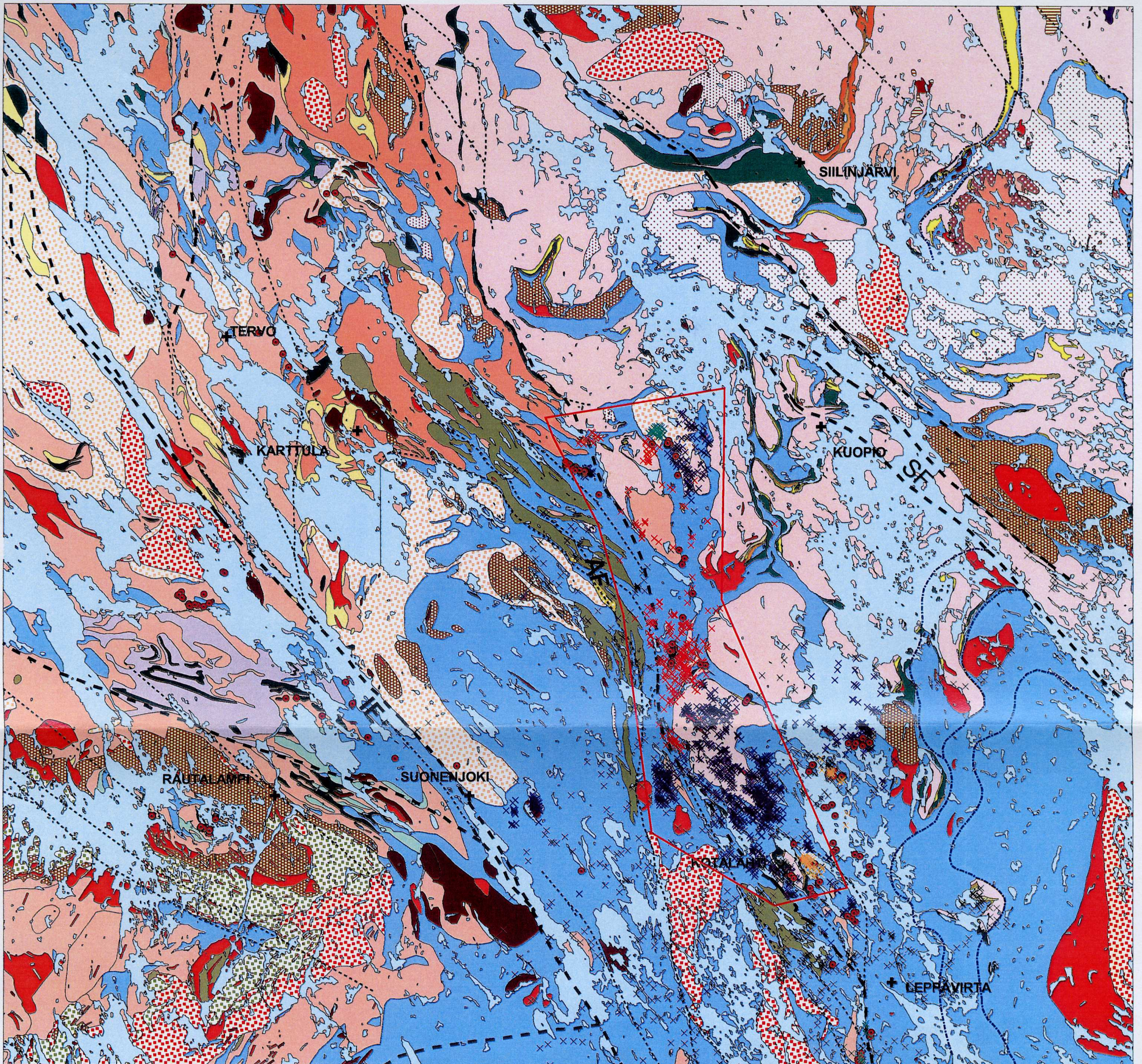
■ Dioriitti

■ Arkeinen tonaliitti

■ Arkeinen pohjagneissi

■ Glimmeriitti

10 0 10 Kilometriä



## LIITE 2

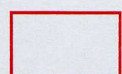
● Kairareikä

### Havaintopisteet

× HVM  
 × JEM  
 × JKL  
 × KJJ  
 × OMK  
 × RKL

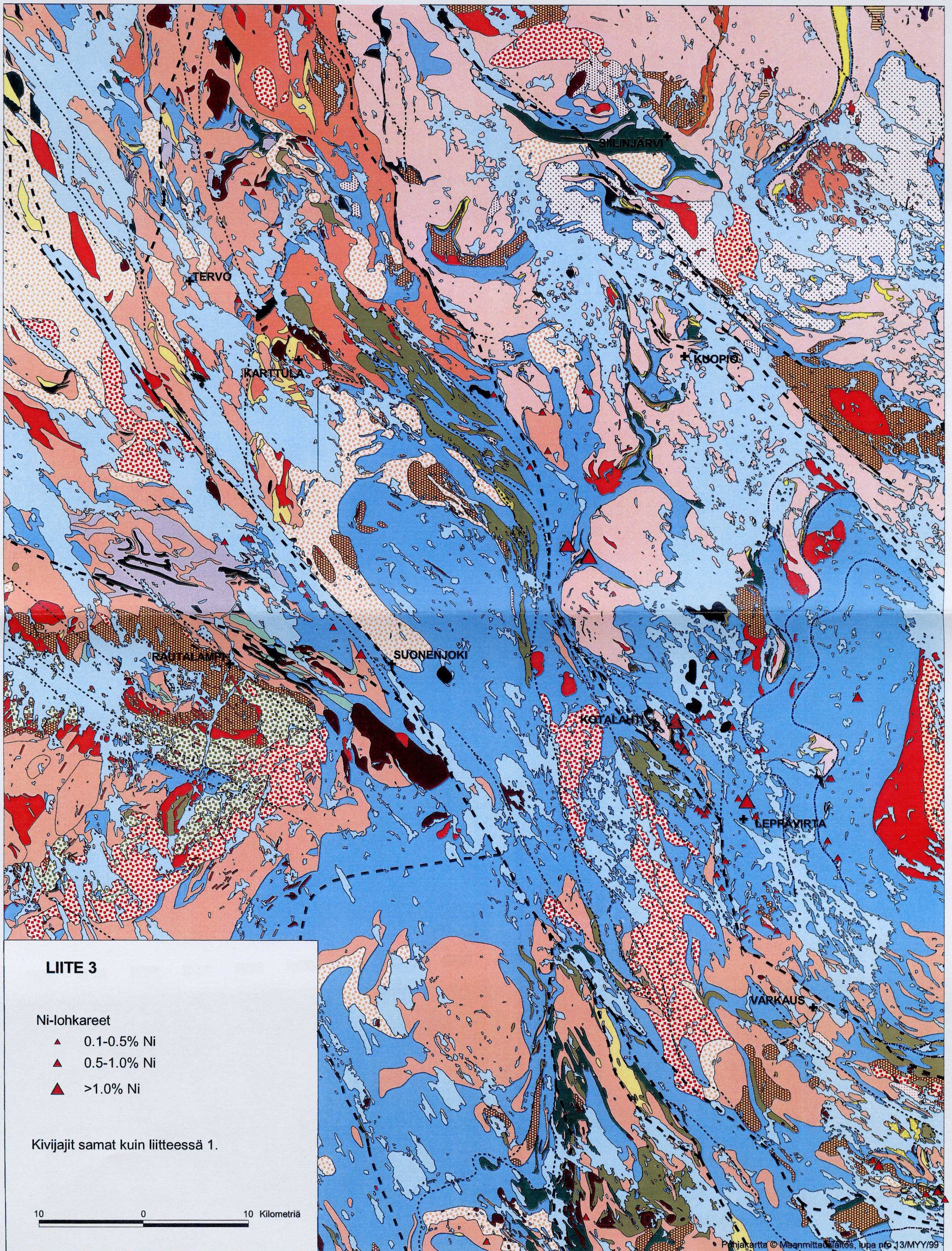
### Siirrokset

----- Pieni siirros  
 - - - - - Pääsiirros  
 - - - - - Yliyöntösiirros  
**SF** Suvasveden siirros  
**AF** Airakselan siirros  
**IF** Iisveden siirros

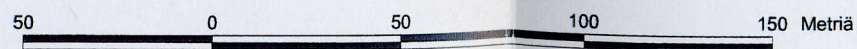
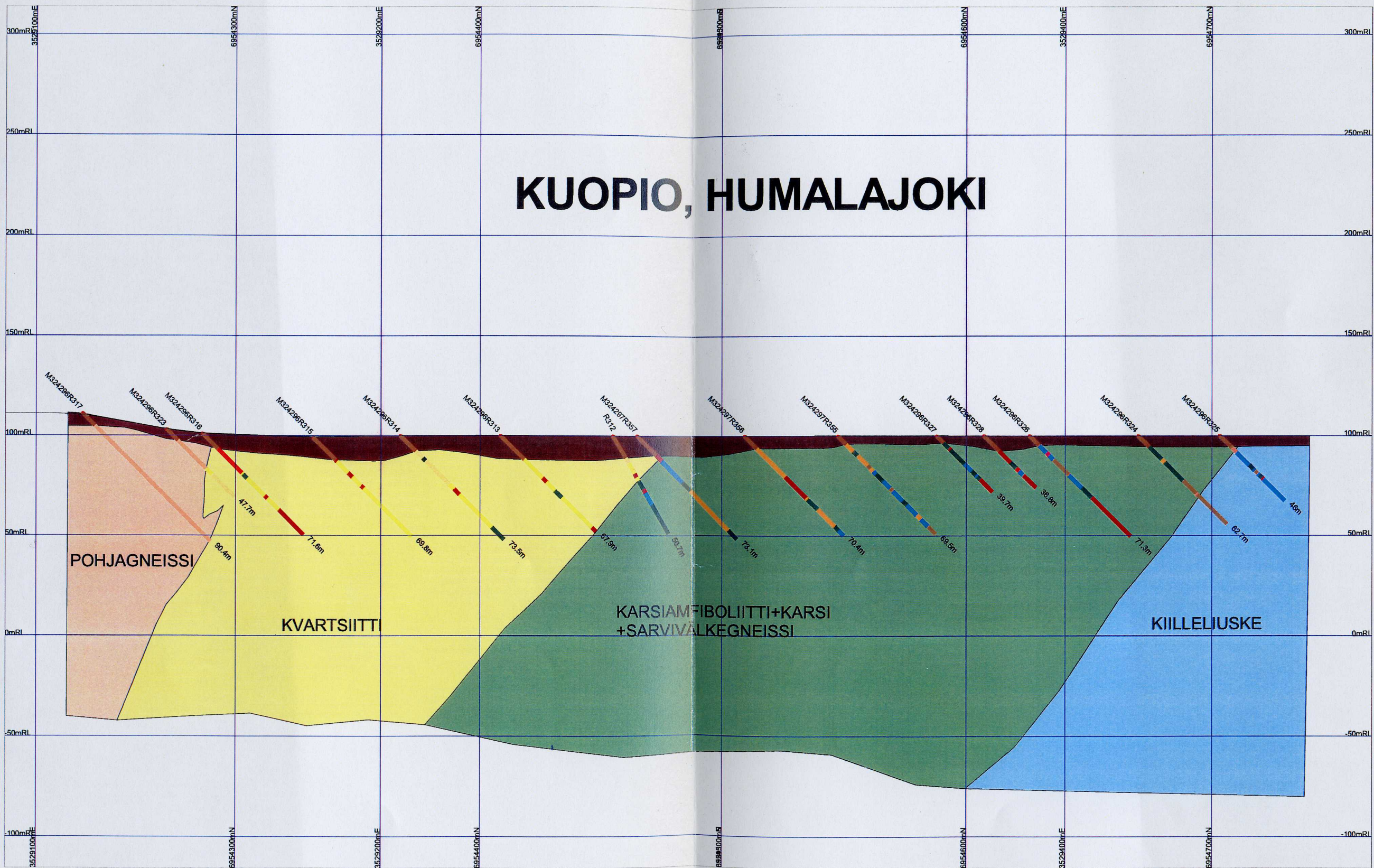


Systemaattinen kartoitusalue

10 0 10 Kilometriä



# KUOPIO, HUMALAJOKI





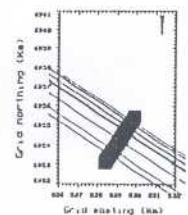
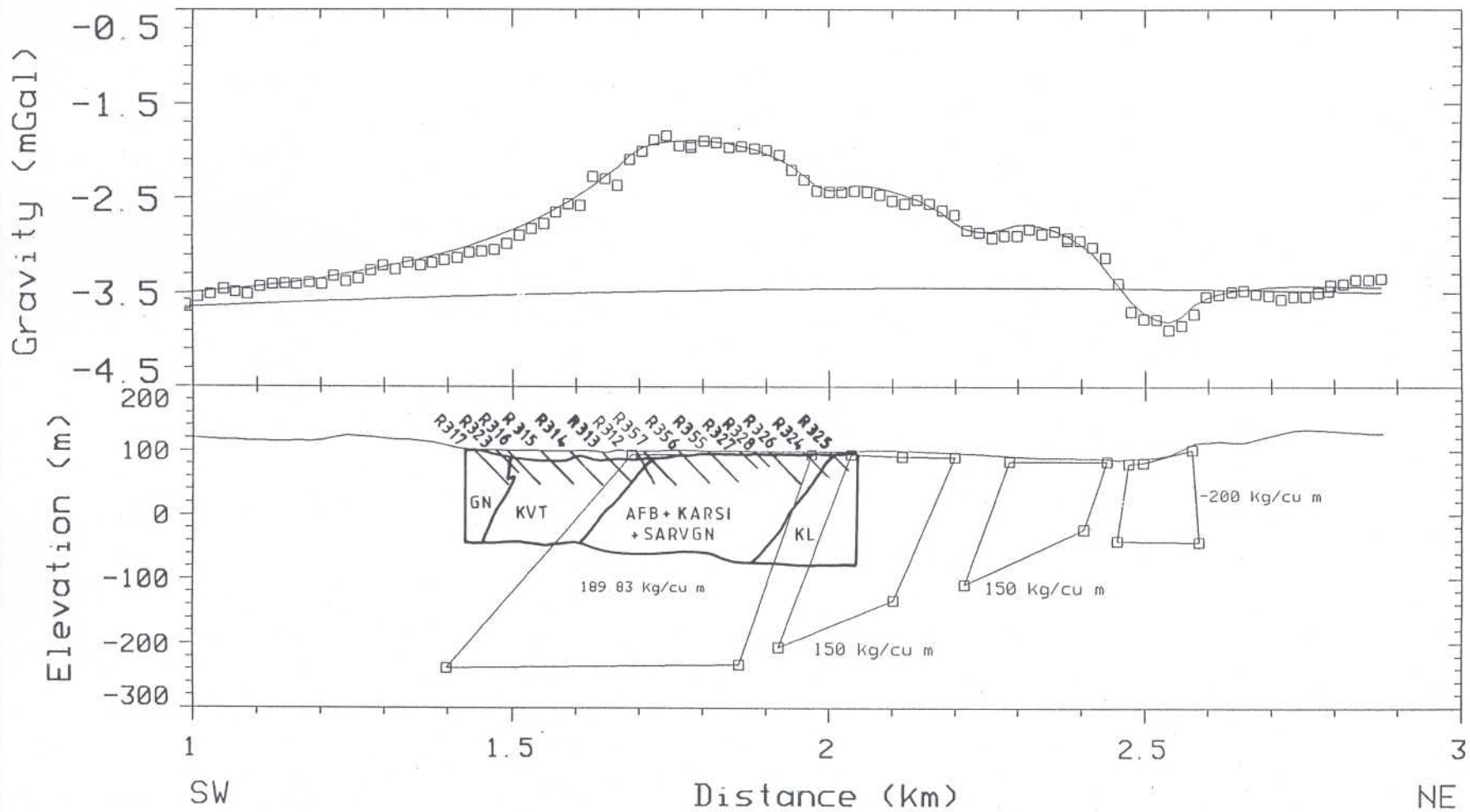


Plate: 10-A

GTK		Ni/Savo - hanke	
Geological Survey of Finland		Humalajoki	
Data Set: 1	Date: 26-11-1996	KUOPIO	
Map Scale: 1:399999	Profile: 1	Profile Scale: 1:10000 Vert. Exagg. 100:1	

Intruusioiden keskikoostumuksia

Liite 6, 1/7

	HANHISALO					HEIMONVUORI			KARPANLAMPI
	GB	GB_ORE	LGB	ANOMA	JAAH	PLPRD	PYR	GB	GB
AL2O3	13.80	14.76	18.29	15.88	17.32	8.70	8.90	15.23	16.77
CAO	7.61	7.11	8.52	6.34	6.92	5.13	8.65	8.69	8.26
FEO	9.34	10.49	8.44	9.12	7.65	11.25	10.82	13.56	11.01
K2O	1.05	0.76	1.29	1.99	0.85	0.33	0.04	1.09	1.70
MGO	12.25	11.41	5.94	4.17	6.62	26.27	23.40	10.31	5.61
NA2O	2.07	2.09	3.36	3.12	3.60	0.52	0.00	1.64	2.31
P2O5	0.31	0.21	0.51	1.14	0.40	0.04	0.03	0.09	0.69
SIO2	51.98	51.23	52.11	55.89	54.72	44.74	44.51	48.18	51.40
TIO2	0.95	0.90	1.31	2.21	1.64	0.26	0.21	0.60	2.08
MNO	0.15	0.15	0.13	0.11	0.14	0.16	0.15	0.20	0.18
AS	1	5	3	3	2	2	2	2	1
BA	460	283	711	859	262	77	26	182	611
BI	3	2	4	7	3	3	3	2	1
CL	150	120	234	251	130	987	100	162	320
CR	685	723	79	43	331	339	369	202	135
CU	29	766	30	10	112	259	97	188	24
GA	19	17	23	27	22	10	12	20	25
LA	26	20	33	46	17	6	9	9	26
MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NB	9	5	14	20	15	2	3	4	15
NI	158	1956	30	27	374	819	485	381	43
PB	20	27	21	22	26	14	14	17	21
RB	29	20	39	56	22	15	0	47	51
S	1267	12139	941	732	1928	3218	1850	2755	428
SB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SC	31	29	25	24	20	18	22	30	28
SN	1	2	1	1	0	0	0	1	0
SR	538	349	1008	686	596	67	22	209	737
TH	1	1	1	3	1	0	0	1	2
U	1	0	0	0	0	1	0	1	0
V	205	194	193	252	178	97	89	183	275
Y	16	16	22	35	16	7	9	14	25
ZN	106	110	108	115	88	84	84	125	139
ZR	100	78	126	160	138	12	11	34	139
n	17	13	7	2	3	22	1	6	4

Pääkomponentit on ilmoitettu wt-%:na ja  
hivenet ppm:nä  
n = analyysien lukumäärä

## Intruusioiden keskikoostumuksia

Liite 6, 2/7

	KERKONKOSKI	KOIRUSN				KOIRUSS	KYLMA LAHTI		
	PRD	PRD	PYR	GB	EJUO	PRD	PRD	PYR	GB
AL2O3	4.64	4.36	6.74	15.28	18.88	5.61	4.72	6.05	18.89
CAO	3.54	1.95	3.96	8.32	9.71	7.09	11.48	5.89	9.03
FEO	13.65	14.72	11.02	8.32	7.91	13.04	12.84	14.59	11.68
K2O	1.03	0.40	0.24	0.32	0.33	0.40	0.24	2.13	1.47
MGO	30.24	31.01	23.77	12.47	7.49	24.80	19.94	21.70	4.67
NA2O	0.32	0.16	0.67	2.06	2.90	0.61	0.49	0.36	2.63
P2O5	0.07	0.05	0.07	0.08	0.07	0.15	0.03	0.18	0.32
SIO2	43.43	42.46	52.30	52.34	51.96	44.50	47.63	47.02	49.78
TIO2	0.26	0.19	0.41	0.49	0.64	0.57	0.48	0.60	1.30
MNO	0.19	0.16	0.19	0.14	0.14	0.17	0.18	0.22	0.18
AS	2	2	1	2	1	1	2	3	3
BA	104	66	114	168	205	199	51	407	377
BI	4	3	3	3	1	1	0	2	1
CL	1470	1330	101	74	40	1118	272	145	349
CR	2637	479	1983	806	237	2205	1509	623	35
CU	355	33	55	140	19	257	754	36	17
GA	10	7	13	17	25	9	8	16	29
LA	10	9	11	10	8	17	14	19	12
MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NB	3	2	1	2	2	5	0	8	14
NI	800	530	322	421	32	1000	569	377	18
PB	13	13	14	17	16	17	15	12	17
RB	37	17	8	7	3	11	8	72	61
S	3196	920	1548	4367	960	4733	9368	1340	348
SB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SC	14	7	28	28	30	23	58	21	33
SN	0	1	0	0	0	1	3	1	2
SR	63	86	134	514	647	195	42	143	554
TH	1	0	1	0	0	2	0	3	2
U	0	0	0	0	0	0	0	1	0
V	90	62	214	195	243	127	247	131	310
Y	6	3	7	7	4	8	10	13	29
ZN	115	108	108	92	87	113	77	132	130
ZR	24	17	27	23	17	43	23	85	59
n	11	9	9	7	1	4	8	1	2

Pääkomponentit on ilmoitettu wt-%:na ja  
hivenet ppm:nä  
n = analyysien lukumäärä

	LAANINSAARI	LUUSNIEMI											
	GB	PRD	PRD2	PYR1	PYR2	PYRE	PYRK	PYRW	MGTPYR	MGB	GB1	GB2	GB3
AL2O3	8.78	0.89	2.30	9.64	3.09	4.12	5.66	2.16	6.16	9.67	17.15	16.42	16.01
CAO	3.97	2.53	10.61	15.14	17.83	17.59	16.88	18.00	14.88	11.87	8.68	7.79	7.14
FEO	15.35	23.75	16.28	20.26	12.60	9.64	12.08	9.32	23.68	12.99	11.45	9.77	9.66
K2O	0.59	0.07	0.10	0.82	0.26	0.20	0.39	0.02	0.19	3.51	1.11	2.01	3.17
MGO	14.93	30.79	23.23	9.35	8.74	15.97	13.63	18.51	11.80	12.45	6.50	4.21	5.04
NA2O	1.36	0.01	0.15	1.38	1.77	0.48	0.82	0.13	0.63	1.32	3.17	3.30	3.39
P2O5	0.24	0.02	0.02	1.70	0.33	0.02	0.04	0.01	0.03	1.12	0.38	0.36	0.54
SIO2	52.69	39.24	44.94	39.64	54.65	50.27	48.46	50.13	39.44	45.16	48.57	55.02	53.60
TIO2	0.80	0.14	0.31	1.39	0.18	0.52	0.98	0.33	2.62	1.00	2.68	0.94	1.22
MNO	0.21	0.33	0.25	0.33	0.28	0.18	0.20	0.18	0.22	0.23	0.17	0.18	0.17
AS	4	4	1	3	0	2	3	2	2	3	2	3	2
BA	174	29	45	139	98	60	75	33	55	1015	540	595	991
BI	2	3	2	1	0	1	0	1	1	0	2	0	1
CL	270	1626	415	443	39	170	143	205	107	413	221	580	304
CR	963	528	905	99	27	847	343	1124	61	577	92	70	155
CU	372	30	85	15	17	224	279	82	523	29	27	73	81
GA	16	5	8	21	11	10	13	9	22	15	24	25	25
LA	14	10	9	44	22	9	8	7	8	29	22	26	24
MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NB	7	1	1	10	7	2	5	1	2	8	14	12	11
NI	468	358	275	52	26	116	84	145	90	197	63	21	50
PB	17	9	12	13	15	13	12	12	12	11	18	23	23
RB	19	4	5	6	5	5	8	2	4	78	32	54	55
S	16350	334	631	28	4	1185	2404	200	5065	31	577	13	59
SB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SC	25	15	55	68	22	87	93	81	90	53	27	24	24
SN	1	1	2	2	4	2	3	3	0	2	1	2	2
SR	281	15	53	832	198	96	122	44	139	556	517	650	1145
TH	3	0	1	2	0	1	3	1	1	2	2	3	1
U	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
V	301	90	188	474	127	294	515	235	1532	332	280	238	210
Y	10	2	4	41	6	8	12	4	11	21	19	17	19
ZN	190	148	99	176	122	59	73	56	130	135	124	106	118
ZR	58	4	7	70	63	16	27	8	24	48	119	126	100
n	8	20	4	3	1	15	3	10	6	2	3	19	2

Pääkomponentit on ilmoitettu wt-%:na ja  
hivenet ppm:nä  
n = analyysien lukumäärä

	LUUSNIEMI		MUNANIEMI		NAISTENRAKO			NIINIMAKI			
	GB4	GB5	GB	JAAH	PRD	GB2	ANOMA	PRDE	PRDNE	PRDNW	PRDS
AL2O3	16.79	17.78	16.60	15.64	8.97	18.43	15.32	4.81	5.35	5.31	4.54
CAO	6.35	6.46	7.17	8.17	4.55	8.41	7.55	2.29	2.69	2.63	2.13
FEO	6.72	6.39	8.44	11.72	14.41	8.75	9.78	13.73	13.78	14.46	15.38
K2O	4.03	1.89	0.63	1.38	0.37	0.64	0.78	0.51	0.25	0.27	0.30
MGO	3.40	3.79	11.35	5.50	23.29	8.24	10.85	30.28	30.56	28.10	30.01
NA2O	4.74	3.76	2.12	2.97	1.36	2.97	2.80	0.18	0.43	0.24	0.27
P2O5	0.52	0.30	0.13	0.82	0.15	0.20	0.13	0.08	0.07	0.10	0.09
SIO2	56.88	58.62	52.69	51.05	44.28	50.88	51.28	44.02	42.60	45.10	42.63
TIO2	0.52	0.88	0.53	2.57	0.84	1.17	0.80	0.25	0.25	0.33	0.28
MNO	0.15	0.10	0.15	0.18	0.18	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.17
AS	1	0	1	0	3	2	27	0	1	3	4
BA	1190	696	245	388	137	214	267	88	89	95	94
BI	0	0	2	0	5	5	4		1	0	3
CL	204	308	145	193	661	143	219	1432	2724	604	2253
CR	68	47	751	132	1504	509	944	3091	3445	2724	2866
CU	10	18	32	40	136	35	113	198	117	425	469
GA	25	31	19	23	17	23	22	0	11	10	10
LA	51	44	13	27	12	16	7	1	13	18	10
MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NB	10	16	4	18	6	8	8	0	4	2	4
NI	25	25	138	41	782	121	535	1302	1105	1675	1922
PB	14	24	16	20	15	19	20	0	17	18	14
RB	51	62	19	40	10	14	32	23	6	11	12
S	0	183	568	149	1641	780	1519	3241	1516	6443	5959
SB	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
SC	20	17	23	26	16	24	27		11	13	9
SN	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	2
SR	2180	874	553	592	204	475	413	92	130	84	108
TH	1	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1
U	0	3	0	2	0	0	0		0	0	1
V	186	158	178	296	128	165	182	66	68	85	73
Y	14	16	7	20	12	15	15	0	5	9	4
ZN	90	111	97	140	124	91	83	141	133	156	151
ZR	119	171	46	134	63	88	60	23	26	33	29
n	1	1	25	1	13	6	2	9	8	11	10

Pääkomponentit on ilmoitettu wt-%:na ja  
hivenet ppm:nä  
n = analyysien lukumäärä

## Intruusioiden keskikoostumuksia

Liite 6, 5/7

	NIINIMAKI			RYTKY								SÄRKINIEMI	
	PRDSW	GB1	GB2	PRD	PYGB	PYR	MGB	GB	DR	JAAH	GB1	GB2	
AL2O3	7.26	17.17	12.00	6.20	8.60	9.11	11.67	16.70	16.14	13.90	13.82	19.55	
CAO	3.02	1.87	4.73	3.44	5.07	4.90	8.02	8.92	6.62	10.92	6.82	9.14	
FEO	12.77	13.04	10.74	12.54	9.21	9.22	9.61	7.91	8.48	9.57	11.57	8.62	
K2O	0.91	0.59	0.82	0.19	0.38	1.06	0.84	1.03	1.01	0.79	0.35	0.61	
MGO	26.02	19.00	17.69	28.04	22.55	21.63	14.53	8.05	8.77	8.74	17.57	7.55	
NA2O	0.46	0.19	0.80	0.45	0.75	0.62	1.58	2.89	3.39	2.51	1.90	2.69	
P2O5	0.16	0.13	0.15	0.07	0.07	0.06	0.16	0.19	0.15	0.34	0.13	0.15	
SIO2	46.11	44.82	51.20	45.63	51.51	51.21	51.90	52.91	54.41	51.44	46.41	50.37	
TIO2	0.50	0.66	0.57	0.35	0.47	0.44	0.83	1.08	0.73	1.42	0.74	0.93	
MNO	0.16	0.15	0.14	0.18	0.16	0.16	0.16	0.14	0.13	0.16	0.16	0.13	
AS	4	0	1	2	2	3	2	2	2	2	4	5	
BA	172	167	213	96	117	162	303	397	353	380	158	178	
BI	1	0	0	3	2	2	1	1	1	0	5	5	
CL	755	40	70	928	108	164	155	134	136	153	132	108	
CR	2995	1519	1803	1839	3258	2780	1098	161	120	230	438	180	
CU	491	54	172	190	193	62	105	38	25	39	89	271	
GA	12	21	14	11	14	14	17	21	23	21	16	22	
LA	16	17	15	8	12	9	16	20	15	22	14	10	
MO	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NB	5	6	4	2	3	3	6	7	6	9	5	6	
NI	2013	436	691	1661	1002	712	489	104	68	110	571	467	
PB	18	19	16	14	12	14	19	20	19	18	16	21	
RB	40	29	48	5	13	32	22	27	23	19	14	19	
S	5679	377	3556	1980	2119	605	1978	736	795	911	1793	5629	
SB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SC	12	32	29	15	29	31	34	30	24	45	21	24	
SN	0	0	0	1	2	3	0	0	0	1	1	1	
SR	96	64	210	119	130	75	442	709	544	731	231	382	
TH	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	
U	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	
V	91	152	143	95	167	173	223	243	274	368	132	163	
Y	10	17	13	5	7	8	14	14	13	19	13	15	
ZN	149	190	135	101	76	79	100	84	99	94	97	96	
ZR	66	64	51	26	30	25	76	90	84	91	57	66	
n	13	3	19	7	10	3	25	19	5	6	3	17	

Pääkomponentit on ilmoitettu wt-%:na ja  
hivenet ppm:nä  
n = analyysien lukumäärä

## Intruusioiden keskikoostumuksia

Liite 6, 6/7

	TAKKULA			TORMALA		VARPANEN					
	PYR	GB	JAAH	PRD	PYR	PYR	GB1	GB2	GBKONT	DR	JAAH
AL2O3	7.13	14.55	18.18	6.91	8.27	5.31	11.14	16.81	16.48	16.18	18.25
CAO	15.32	10.80	7.89	8.97	6.23	8.53	10.21	8.32	7.39	5.56	6.66
FEO	8.88	8.82	10.40	12.24	13.09	12.36	11.27	10.97	12.44	8.42	11.21
K2O	0.49	1.28	2.00	0.16	0.47	0.23	0.61	0.64	1.62	2.10	2.17
MGO	15.64	9.80	5.46	22.75	19.80	18.90	11.77	7.40	7.29	4.21	2.62
NA2O	0.67	1.58	2.45	0.73	0.91	0.56	1.12	2.27	2.45	3.08	4.26
P2O5	0.05	0.06	0.12	0.05	0.07	0.05	0.06	0.53	0.41	0.45	0.72
SIO2	50.14	51.86	50.98	45.91	48.78	52.15	52.20	50.89	50.28	58.47	52.22
TIO2	0.54	0.59	2.25	0.33	0.48	0.53	0.92	1.86	1.34	1.36	1.77
MNO	0.17	0.18	0.14	0.18	0.20	0.20	0.19	0.16	0.16	0.12	0.15
AS	3	1	3	1	1	4	4	2	0	3	2
BA	79	183	390	66	108	83	160	200	1190	504	696
BI	1	2	0	2	2	0	3	1	0	7	15
CL	147	166	289	623	193	96	123	149	132	219	358
CR	1580	150	16	2461	2194	1470	737	237	252	134	13
CU	108	35	30	523	1558	117	68	46	59	34	17
GA	13	16	25	11	13	12	16	23	21	27	29
LA	6	8	13	10	5	19	16	18	7	20	34
MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NB	2	4	13	2	5	5	7	15	14	20	34
NI	191	51	18	1188	2176	391	112	64	79	53	12
PB	13	16	22	14	14	13	13	16	16	21	23
RB	25	74	84	6	16	5	22	21	57	70	64
S	1665	472	378	7961	16827	2970	2863	1178	291	728	125
SB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SC	66	46	30	35	27	44	40	28	20	16	21
SN	3	2	0	0	0	0	1	1	0	0	4
SR	95	231	355	96	112	113	286	563	522	499	688
TH	1	0	3	0	1	0	0	1	0	2	0
U	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0
V	417	343	265	203	188	294	360	320	211	194	205
Y	11	12	34	8	11	5	11	14	25	21	41
ZN	64	85	97	93	120	110	106	122	160	111	150
ZR	24	45	89	17	32	27	42	70	167	211	324
n	8	5	2	11	3	1	3	12	1	3	1

Pääkomponentit on ilmoitettu wt-%:na ja  
hivenet ppm:nä  
n = analyysien lukumäärä

## Intruusioiden keskikoostumuksia

Liite 6, 7/7

	VEHMAJOKI			YLIVIESKA										DB
	PRD1	PRD2	PYR	SP	PLPRD	PLPRDKIRJ	MELAGB	PYR	GB1	GB12	GB2	ANOMA_GB		
AL2O3	1.56	6.59	5.66	2.51	4.61	5.61	11.35	4.50	17.87	18.17	21.85	12.67	17.24	
CAO	1.04	8.82	7.61	1.13	2.64	4.46	5.69	4.67	9.89	10.27	10.21	12.60	9.22	
FEO	29.52	11.89	19.54	15.24	15.21	14.27	12.55	13.36	8.62	9.23	6.26	11.50	9.58	
K2O	0.06	0.38	0.16	0.01	0.03	0.03	0.07	0.45	0.14	0.16	0.16	0.18	1.04	
MGO	21.68	23.60	16.80	33.75	30.42	28.32	22.67	22.83	10.46	9.34	10.01	11.19	7.14	
NA2O	0.05	0.99	0.48	0.01	0.11	0.29	1.05	0.45	2.40	2.46	2.50	1.81	2.71	
P2O5	0.08	0.42	0.18	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.48	0.25	
SIO2	34.70	43.78	42.41	41.73	41.74	42.74	43.80	51.83	49.56	48.04	48.40	47.63	50.68	
TIO2	0.21	1.41	1.23	0.10	0.22	0.18	0.19	0.40	0.64	1.92	0.22	1.32	1.82	
MNO	0.13	0.16	0.11	0.19	0.18	0.18	0.16	0.20	0.14	0.15	0.09	0.18	0.16	
AS	14	1	13	3	5	4	2	12	2	2	1	1	0	
BA	41	155	47	12	22	22	38	110	53	63	56	84	196	
BI	6	3	2	2	4	3	3	2	1	1	1	0	0	
CL	633	687	150	1967	1841	1569	1288	369	87	113	161	141	70	
CR	1506	1487	2110	3359	2343	3072	974	2065	333	305	295	1723	228	
CU	4677	237	3847	200	162	342	152	621	39	169	42	178	43	
GA	6	12	47	6	9	10	14	10	20	19	20	15	22	
LA	8	20	21	11	8	7	7	8	9	7	9	13	24	
MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NB	2	12	5	1	2	2	3	2	1	2	1	4	4	
NI	12445	893	8101	1238	888	1069	633	2320	137	291	170	216	60	
PB	10	16	16	14	14	14	14	12	15	16	15	17	20	
RB	6	6	3	2	1	2	3	16	3	2	3	3	21	
S	124750	3813	82650	1840	1789	2690	1701	2118	918	2382	628	1213	46	
SB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SC	0	27	21	10	9	15	10	27	31	36	17	53	33	
SN	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
SR	29	441	150	15	62	92	210	64	333	303	411	252	310	
TH	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
U	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
V	48	204	176	76	83	97	64	175	189	366	61	217	288	
Y	2	16	13	1	2	1	1	9	6	8	4	15	27	
ZN	206	104	107	111	104	98	92	137	71	73	54	97	89	
ZR	11	105	43	2	7	3	5	29	10	18	13	20	138	
n	4	3	2	19	36	17	40	8	23	5	27	6	1	

Pääkomponentit on ilmoitettu wt-%:na ja  
hivenet ppm:nä  
n = analyysien lukumäärä



## Laskettu kantamagman koostumus

Liite 7, 1/2

KOHDE	LYHENNE	SIO2	TIO2	AL2O3	CR2O3	V2O3	FEO	MNO
KOIRUS_N CALC	KOIN	52.09	0.68	12.93	0.17	0.02	12.29	0.132
HANHISALO CALC	HANH	54.39	0.98	22.51	-0.01	0.03	4.66	0.086
RYTKY CALC	RYTK	50.70	1.04	5.00	0.27	0.03	14.81	0.336
TÖRMÄLÄ CALC	TORM	46.09	0.84	17.02	0.26	0.02	15.50	0.260
VEHMASJOKI CALC	VEHM	49.01	1.95	8.70	1.46	0.07	18.85	0.140
YLIVIESKA CALC	YLIV	44.66	0.41	15.88	0.07	0.02	11.86	0.204
NIINIMÄKI CALC	NIIN	51.39	0.97	16.16	0.22	0.02	9.68	0.166
HEIMONVUORI CALC	HEIM	62.40	0.19	10.29	0.10	0.02	11.06	0.182
LUUSNIEMI CALC	LUUS	49.55	0.67	4.85	0.15	0.06	13.30	0.084
NAISTENRAKO CALC	NAIS	44.06	1.60	8.41	0.04	0.03	23.52	0.342

## Jäähdytysreunuksen koostumus

NÄYTE	LYHENNE	SIO2	TIO2	AL2O3	CR2O3	V2O3	FEO	MNO
M324194R310 36.10- 36.40	HANH	50.68	0.93	15.03	0.13	0.03	9.82	0.165
M324195R371/11.00	HANH	58.48	1.51	17.03	0.01	0.03	6.91	0.120
20/JEM/96	HEIM	50.11	2.86	15.87	0.01	0.05	13.37	0.186
JEM-95-4.2	LUUS	50.80	0.76	15.43	0.04	0.04	10.63	0.189
JEM-95-78.1	LUUS	48.74	1.29	16.84	0.02	0.03	11.87	0.209
JEM-95-78.2	LUUS	48.42	1.32	17.40	0.03	0.03	11.50	0.181
JEM-95-94	LUUS	52.86	1.07	17.52	0.04	0.04	8.55	0.149
152/JEM/96	MUNA	50.67	2.55	15.52	0.02	0.04	11.97	0.187
JEM-94-11.1	RYTK	52.93	0.98	12.47	0.03	0.06	11.03	0.196
JEM-94-12.7	RYTK	50.54	0.94	15.30	0.02	0.04	7.68	0.149
JEM-94-14.1	RYTK	51.44	0.93	12.99	0.03	0.06	9.40	0.183
JEM-94-14.6	RYTK	51.92	1.17	12.46	0.03	0.08	9.57	0.192
JEM-94-16.1	RYTK	52.89	1.33	13.30	0.09	0.04	8.28	0.141
JEM-95-113.2	TAKK	50.72	2.25	18.37	0.00	0.04	10.02	0.134
JEM-95-123	TAKK	50.49	2.21	17.73	0.00	0.04	11.51	0.162

## Laskettu kantamagman koostumus

Liite 7, 2/2

LYHENNE	MGO	CAO	RB2O	SRO	BAO	NA2O	K2O	ZRO2	P2O5
KOIN	12.92	5.80	0.0156	-0.0039	0.0190	0.046	2.720	0.0108	0.1663
HANH	1.51	9.88	0.0043	0.1090	0.0652	4.317	1.175	0.0161	0.2802
RYTK	19.01	6.04	0.0036	0.0394	0.0526	1.311	1.137	0.0131	0.1909
TORM	16.05	0.18	0.0011	0.0369	0.0240	2.554	0.896	0.0070	0.2626
VEHM	16.73	4.40	-0.0002	-0.0524	-0.0248	-0.703	-0.291	-0.0047	-0.2364
YLIV	12.31	13.78	0.0003	0.0422	0.0048	0.667	0.082	0.0019	0.0122
NIIN	9.95	7.86	0.0081	0.0394	0.0439	1.657	1.600	0.0189	0.2224
HEIM	11.47	-2.41	0.0571	-0.0361	0.1309	-2.490	9.011	0.0024	0.0201
LUUS	6.73	23.75	0.0006	0.0140	0.0073	0.602	0.209	0.0028	0.0203
NAIS	15.76	4.95	-0.0030	0.0092	-0.0080	1.464	-0.077	0.0067	-0.1085

## Jäätymisreunuksen koostumus

LYHENNE	MGO	CAO	RB2O	SRO	BAO	NA2O	K2O	ZRO2	P2O5
HANH	12.20	8.00	0.0020	0.0327	0.0250	1.977	0.799	0.0107	0.1682
HANH	4.57	5.87	0.0047	0.0751	0.0451	3.580	1.508	0.0158	0.2462
HEIM	4.72	7.38	0.0042	0.0869	0.0846	2.812	1.743	0.0223	0.6848
LUUS	7.54	9.23	0.0030	0.1029	0.0444	3.883	1.102	0.0086	0.2099
LUUS	7.21	8.97	0.0074	0.0370	0.0494	2.615	1.778	0.0170	0.3138
LUUS	7.55	9.30	0.0034	0.0419	0.0507	2.756	1.079	0.0173	0.3354
LUUS	7.49	9.77	0.0094	0.0462	0.0356	0.754	1.465	0.0135	0.1805
MUNA	5.65	8.11	0.0045	0.0720	0.0445	2.950	1.367	0.0186	0.8120
RYTK	8.40	10.59	0.0021	0.0434	0.0277	2.432	0.692	0.0110	0.1153
RYTK	10.01	11.99	0.0023	0.0903	0.0457	2.160	0.796	0.0145	0.2170
RYTK	9.84	11.96	0.0016	0.0526	0.0360	2.240	0.675	0.0115	0.1432
RYTK	9.17	12.05	0.0031	0.0437	0.0369	2.132	1.010	0.0143	0.1030
RYTK	10.49	8.80	0.0034	0.1831	0.0847	2.598	1.185	0.0160	0.5611
TAKK	5.48	8.21	0.0088	0.0444	0.0415	2.557	2.004	0.0148	0.0939
TAKK	5.87	7.45	0.0104	0.0428	0.0491	2.312	1.970	0.0102	0.1451

Liite 8. (6 sivua)

Reikä	KL	Kohde	X-koord.	Y-koord.	Z-koord.	Pituus	Maata	Suunta	Kaltev.	
M52.5/94/R310	3241	12D	Hanhisalo	6948.447	3535.868	87.0	42.00	7.50	225	45
M52.5/94/R311	3241	12D	Hanhisalo	6948.448	3535.868	87.0	45.90	6.50	225	65
M52.5/94/R312	3241	12D	Hanhisalo	6948.438	3535.858	87.0	29.05	5.80	225	45
M52.5/94/R313	3241	12D	Hanhisalo	6948.465	3535.885	86.7	49.00	7.50	225	45
M52.5/94/R314	3241	12D	Hanhisalo	6948.441	3535.862	86.8	23.30	7.40	45	45
M52.5/94/R315	3241	12D	Hanhisalo	6948.447	3535.832	86.8	59.60	6.80	225	45
M52.5/94/R316	3241	12D	Hanhisalo	6948.447	3535.833	87.1	83.50	6.80	225	70
M52.5/94/R317	3241	12D	Hanhisalo	6948.437	3535.823	87.2	42.20	5.90	225	45
M52.5/94/R318	3241	12D	Hanhisalo	6948.436	3535.786	86.9	35.80	4.80	225	45
M52.5/94/R319	3241	12D	Hanhisalo	6948.447	3535.797	86.9	50.90	5.40	225	45
M52.5/94/R320	3241	12D	Hanhisalo	6948.450	3535.765	87.8	46.40	4.50	225	45
M52.5/94/R321	3241	12D	Hanhisalo	6948.469	3535.783	86.9	66.70	4.40	225	45
M52.5/94/R322	3241	12D	Hanhisalo	6948.460	3535.862	86.8	80.80	4.60	225	45
M52.5/95/R362	3241	12D	Hanhisalo	6948.679	3536.169	0.0	26.60	6.20	45	45
M52.5/95/R363	3241	12D	Hanhisalo	6948.206	3536.183	0.0	29.50	3.40	225	45
M52.5/95/R366	3241	12D	Hanhisalo	6948.383	3535.768	91.8	199.30	1.50	45	50
M52.5/95/R367	3241	12D	Hanhisalo	6948.393	3535.744	95.5	144.05	0.60	45	50
M52.5/95/R368	3241	12D	Hanhisalo	6948.504	3535.819	87.0	163.80	7.30	225	40
M52.5/95/R369	3241	12D	Hanhisalo	6948.483	3535.833	86.9	185.30	2.35	225	45
M52.5/95/R370	3241	12D	Hanhisalo	6948.483	3535.833	86.8	187.85	1.75	225	60
M52.5/95/R371	3241	12D	Hanhisalo	6948.468	3535.853	87.1	224.35	1.30	225	70
M52.5/95/R372	3241	12D	Hanhisalo	6948.483	3535.833	86.7	226.70	1.70	225	75
M52.5/96/R420	3241	12D	Hanhisalo	6948.535	3535.851	86.9	272.30	4.50	225	50
M52.5/96/R421	3241	12D	Hanhisalo	6948.535	3535.851	86.9	345.60	2.00	225	65
M52.5/96/R368	3313	10A	Harinka	6981.005	3492.724	0.0	33.10	13.10	360	90
M52.5/96/R369	3313	10A	Harinka	6982.057	3492.284	0.0	24.10	12.10	360	90
M52.5/98/R370	3313	10A	Harinka	6983.000	3491.685	0.0	43.10	6.70	360	90
M52.5/98/R371	3313	10A	Harinka	6983.712	3490.343	0.0	27.50	2.00	360	90
M52.5/96/R417	3241	11D	Heimonvuori	6936.990	3537.240	84.0	49.40	9.10	360	90
M52.5/96/R418	3241	11D	Heimonvuori	6936.480	3537.890	100.0	21.00	7.60	360	90
M52.5/97/R442	3241	11D	Heimonvuori	6937.255	3537.955	0.0	100.90	6.50	360	90
M52.5/97/R443	3241	11D	Heimonvuori	6936.964	3537.210	0.0	58.00	9.60	270	45
M52.5/97/R444	3241	11D	Heimonvuori	6936.964	3537.235	0.0	68.20	13.80	270	45
M52.5/97/R445	3241	11D	Heimonvuori	6936.964	3537.265	0.0	113.90	16.00	270	45
M52.5/97/R446	3241	11D	Heimonvuori	6936.940	3537.240	0.0	78.30	14.40	270	45
M52.5/97/R447	3241	11D	Heimonvuori	6936.940	3537.269	0.0	109.20	12.70	270	45
M52.5/97/R448	3241	11D	Heimonvuori	6937.243	3537.787	0.0	108.80	6.00	360	90
M52.5/97/R449	3241	11D	Heimonvuori	6936.744	3537.617	0.0	58.40	6.00	360	90
M52.5/97/R450	3241	11D	Heimonvuori	6937.222	3537.785	0.0	75.80	8.30	360	45
M52.5/98/R374	3313	08B	Heinikanjärvi	7000.040	3483.839	0.0	50.90	13.00	360	90
M52.5/98/R375	3313	08B	Heinikanjärvi	6999.685	3484.172	0.0	59.60	14.40	360	90
M52.5/96/R312	3242	07C	Humalajoki	6954.457	3529.266	100.0	56.70	13.00	33	60
M52.5/96/R313	3242	07C	Humalajoki	6954.404	3529.243	100.0	67.90	17.00	33	45
M52.5/96/R314	3242	07C	Humalajoki	6954.366	3529.210	100.0	73.50	11.70	33	45
M52.5/96/R315	3242	07C	Humalajoki	6954.328	3529.188	99.0	69.80	16.20	33	45
M52.5/96/R316	3242	07C	Humalajoki	6954.279	3529.161	101.0	71.60	11.70	33	45
M52.5/96/R317	3242	07C	Humalajoki	6954.239	3529.114	111.0	90.40	9.90	33	45
M52.5/96/R323	3242	07C	Humalajoki	6954.270	3529.143	103.0	47.70	8.70	33	45
M52.5/96/R324	3242	07C	Humalajoki	6954.671	3529.422	100.0	62.70	8.20	33	45
M52.5/96/R325	3242	07C	Humalajoki	6954.703	3529.447	100.0	46.00	8.75	33	45
M52.5/96/R326	3242	07C	Humalajoki	6954.626	3529.392	100.0	71.30	7.00	33	45
M52.5/96/R327	3242	07C	Humalajoki	6954.585	3529.369	100.0	39.70	5.80	33	45
M52.5/96/R328	3242	07C	Humalajoki	6954.605	3529.382	100.0	36.80	11.70	33	45

Reikä	KL	Kohde	X-koord.	Y-koord.	Z-koord.	Pituus	Maata	Suunta	Kaltev.	
M52.5/97/R355	3242	07C	Humalajoki	6954.547	3529.337	100.0	69.50	6.50	33	45
M52.5/97/R356	3242	07C	Humalajoki	6954.508	3529.311	100.0	70.40	9.00	33	45
M52.5/97/R357	3242	07C	Humalajoki	6954.462	3529.280	100.0	73.10	14.00	33	45
M52.5/96/R304	3224	10C	Hyttikangas	6954.060	3497.699	106.0	36.50	2.00	360	90
M52.5/96/R305	3224	10C	Hyttikangas	6954.155	3497.735	106.0	19.30	5.60	360	90
M52.5/98/R379	3242	09A	Jokihaara	6974.930	3521.660	0.0	65.50	5.60	270	45
M52.5/95/R353	3241	10D	Kaposalmi	6927.350	3539.000	95.0	28.20	2.80	90	45
M52.5/95/R381	3241	10D	Kaposalmi	6927.350	3539.080	93.0	84.30	14.00	90	45
M52.5/95/R382	3241	10D	Kaposalmi	6927.675	3539.135	0.0	23.90	8.45	360	90
M52.5/95/R383	3241	10D	Kaposalmi	6927.660	3539.155	0.0	61.50	9.45	270	65
M52.5/96/R310	3224	08C	Kerkonkoski	6961.838	3485.929	102.0	39.50	2.70	360	90
M52.5/96/R311	3224	08C	Kerkonkoski	6962.106	3486.386	99.0	39.60	2.00	360	90
M52.5/96/R312	3224	08A	Kerkonkoski	6962.716	3484.041	107.0	97.10	8.40	360	90
M52.5/96/R313	3224	08A	Kerkonkoski	6962.486	3484.321	106.0	72.10	8.30	360	90
M52.5/96/R314	3224	08A	Kerkonkoski	6963.017	3484.195	109.0	30.50	7.30	360	90
M52.5/96/R315	3224	08C	Kerkonkoski	6962.813	3485.957	102.0	38.20	9.00	360	90
M52.5/97/R316	3224	08A	Kerkonkoski	6961.866	3484.940	0.0	73.00	8.20	360	90
M52.5/97/R317	3224	08A	Kerkonkoski	6961.827	3484.895	0.0	62.10	10.50	45	60
M52.5/97/R318	3224	08A	Kerkonkoski	6962.028	3484.810	0.0	62.50	15.10	360	90
M52.5/97/R319	3224	08A	Kerkonkoski	6961.997	3484.775	0.0	90.00	10.50	45	60
M52.5/97/R320	3224	08A	Kerkonkoski	6962.042	3484.777	0.0	70.80	11.20	360	90
M52.5/97/R321	3224	08A	Kerkonkoski	6962.010	3484.745	0.0	82.80	8.00	45	60
M52.5/97/R322	3224	08C	Kerkonkoski	6961.925	3485.459	0.0	31.70	6.00	360	90
M52.5/97/R323	3224	08C	Kerkonkoski	6962.000	3485.270	0.0	37.90	3.90	360	90
M52.5/97/R324	3224	08A	Kerkonkoski	6962.771	3483.936	0.0	86.30	12.10	45	50
M52.5/97/R325	3224	08A	Kerkonkoski	6962.743	3483.908	0.0	90.20	10.00	45	50
M52.5/98/R326	3224	08A	Kerkonkoski	6962.810	3483.975	0.0	49.60	14.80	45	50
M52.5/98/R327	3224	08A	Kerkonkoski	6962.594	3484.240	0.0	76.00	14.10	45	50
M52.5/98/R328	3224	08A	Kerkonkoski	6962.566	3484.212	0.0	79.90	13.80	45	50
M52.5/98/R329	3224	08A	Kerkonkoski	6962.566	3484.212	0.0	87.60	10.20	45	75
M52.5/98/R330	3224	08A	Kerkonkoski	6961.894	3484.813	0.0	69.50	14.00	360	90
M52.5/98/R382	3242	08B	Kiikkukangas	6965.731	3524.254	0.0	47.90	20.10	90	45
M52.5/98/R385	3242	08A	Kivijärvi	6962.938	3524.916	0.0	90.00	8.50	90	45
M52.5/96/R395	3241	12D	Koirus N	6945.900	3536.025	81.8	38.80	18.50	360	90
M52.5/96/R396	3241	12D	Koirus N	6945.700	3536.600	81.8	84.00	17.40	360	90
M52.5/96/R397	3241	12D	Koirus N	6945.000	3536.280	81.8	35.60	17.00	360	90
M52.5/98/R451	3241	12D	Koirus N	6945.700	3535.420	81.8	332.10	20.00	90	60
M52.5/96/R398	3241	12C	Koirus S	6942.827	3536.114	81.8	67.50	3.00	360	90
M52.5/96/R399	3241	12C	Koirus S	6942.249	3536.351	81.8	37.10	14.00	360	90
M52.5/96/R407	3241	12C	Koirus S	6942.069	3536.116	81.8	36.70	17.20	360	90
M52.5/96/R434	3241	06C	Kortesuo	6940.562	3516.032	114.0	63.90	5.60	360	90
M52.5/98/R386	3242	08A	Kuoppasuo	6961.022	3524.119	0.0	49.10	3.60	360	90
M52.5/94/R306	3241	11C	Kylmälahti	6933.040	3536.080	0.0	32.65	21.70	270	50
M52.5/94/R307	3241	11C	Kylmälahti	6933.040	3536.100	0.0	61.10	19.90	270	50
M52.5/94/R308	3241	11C	Kylmälahti	6933.040	3536.070	0.0	73.10	19.60	270	50
M52.5/94/R309	3241	11C	Kylmälahti	6933.090	3536.100	0.0	60.35	21.00	270	50
M52.5/98/R384	3242	08B	Kyrölä	6965.264	3524.061	0.0	78.70	27.80	90	45
M52.5/96/R306	3224	10C	Laitilansuo	6951.353	3498.937	100.0	27.40	9.80	360	90
M52.5/96/R438	3241	03B	Lintharju	6949.622	3501.117	106.0	62.50	30.60	360	90
M52.5/96/R318	3242	10C	Luusniemi	6951.190	3538.720	82.5	221.00	9.70	305	40
M52.5/96/R319	3242	10C	Luusniemi	6951.335	3538.520	90.0	213.85	6.30	130	45
M52.5/96/R320	3242	10C	Luusniemi	6951.105	3538.850	86.0	178.60	3.50	305	45
M52.5/96/R321	3242	10C	Luusniemi	6951.025	3538.965	84.0	309.45	4.90	305	45
M52.5/96/R322	3242	10C	Luusniemi	6950.965	3539.050	84.0	295.90	2.85	305	50
M52.5/97/R360	3242	10C	Luusniemi	6950.925	3537.360	81.8	47.30	16.70	90	65
M52.5/97/R361	3242	10C	Luusniemi	6950.880	3537.840	81.8	39.70	3.80	90	80

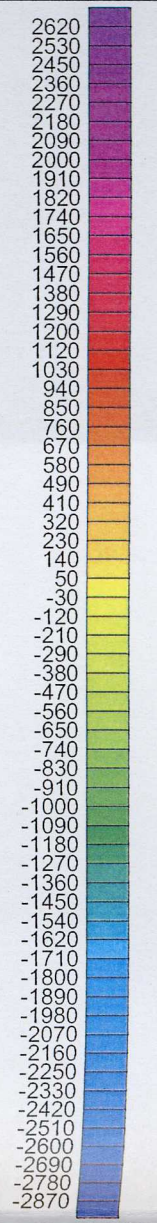
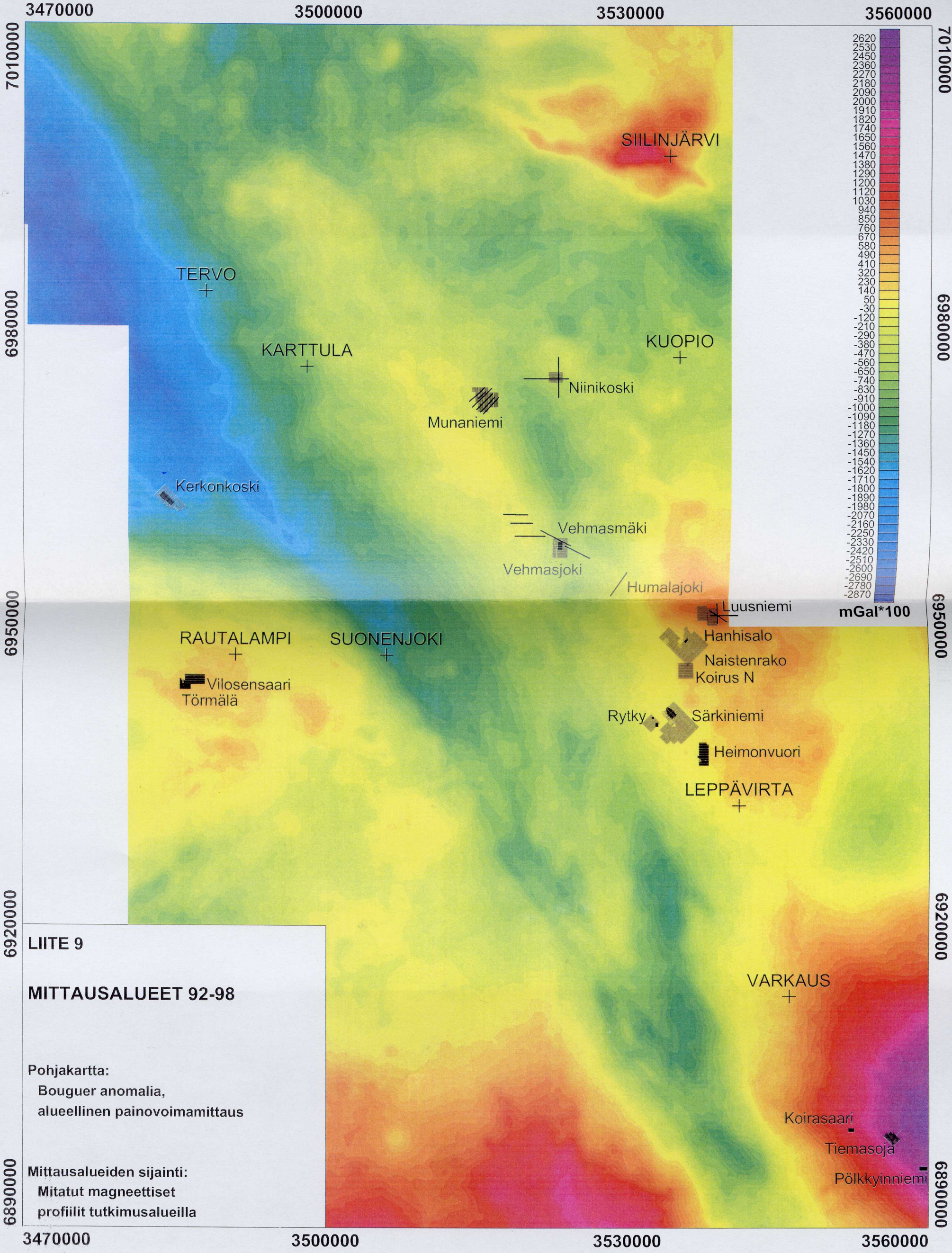
Reikä	KL		Kohde	X-koord.	Y-koord.	Z-koord.	Pituus	Maata	Suunta	Kaltev.
M52.5/97/R362	3242	10C	Luusniemi	6950.610	3537.815	81.8	48.10	9.80	360	90
M52.5/97/R363	3242	10C	Luusniemi	6950.700	3538.495	81.8	35.70	8.00	360	90
M52.5/97/R364	3242	10C	Luusniemi	6951.000	3538.000	86.0	97.60	6.50	135	45
M52.5/97/R365	3242	10C	Luusniemi	6950.930	3537.960	85.5	90.90	4.20	360	90
M52.5/98/R376	3313	11C	Luvelahti	6992.599	3495.410	0.0	32.50	2.90	360	90
M52.5/98/R377	3313	11C	Luvelahti	6992.523	3495.144	0.0	74.20	0.60	360	90
M52.5/96/R301	3224	10D	Marjukaarre	6955.834	3497.189	97.9	22.25	10.10	360	90
M52.5/98/R367	3242	06C	Munaniemi	6973.330	3515.000	0.0	89.60	8.00	360	90
M52.5/98/R368	3242	06C	Munaniemi	6973.200	3514.855	0.0	66.00	17.85	360	90
M52.5/98/R369	3242	06C	Munaniemi	6973.091	3515.546	0.0	87.40	16.00	360	90
M52.5/98/R370	3242	06C	Munaniemi	6972.990	3515.440	0.0	89.20	8.00	360	90
M52.5/98/R371	3242	06C	Munaniemi	6972.890	3515.330	0.0	56.40	5.00	360	90
M52.5/98/R388	3242	06C	Munaniemi	6972.771	3516.370	0.0	51.40	8.80	360	90
M52.5/98/R389	3242	06C	Munaniemi	6972.792	3516.317	0.0	49.30	6.00	360	90
M52.5/98/R390	3242	06C	Munaniemi	6972.699	3516.331	0.0	47.60	8.20	360	90
M52.5/98/R391	3242	06C	Munaniemi	6972.536	3516.291	0.0	81.30	7.60	360	90
M52.5/98/R392	3242	06C	Munaniemi	6972.723	3516.307	0.0	62.30	12.00	135	45
M52.5/98/R393	3242	06C	Munaniemi	6972.709	3516.289	0.0	81.40	10.70	135	45
M52.5/98/R380	3242	09A	Murtoselkä	6973.950	3523.550	0.0	47.00	1.60	360	90
M52.5/96/R412	3241	12C	Mustikka	6941.894	3537.843	81.8	38.00	9.10	360	90
M52.5/96/R413	3241	12C	Mustikka	6941.738	3538.247	81.8	37.85	9.30	360	90
M52.5/96/R414	3241	12C	Mustikka	6940.911	3539.002	81.8	20.90	12.10	360	90
M52.5/96/R415	3241	12C	Mustikka	6940.547	3539.181	81.8	46.60	15.90	360	90
M52.5/96/R416	3241	12C	Mustikka	6940.359	3538.869	81.8	25.10	9.10	360	90
M52.5/95/R360	3241	12D	Naistenrako	6948.144	3536.893	0.0	24.55	9.65	360	89
M52.5/95/R361	3241	12D	Naistenrako	6948.061	3536.717	0.0	32.40	9.20	180	89
M52.5/95/R364	3241	12D	Naistenrako	6948.259	3536.844	0.0	82.90	12.80	45	45
M52.5/95/R365	3241	12D	Naistenrako	6948.177	3536.905	0.0	85.30	12.00	225	45
M52.5/95/R373	3241	12D	Naistenrako	6948.262	3536.777	83.7	301.80	8.60	45	40
M52.5/95/R374	3241	12D	Naistenrako	6948.123	3536.701	83.2	152.85	8.30	180	40
M52.5/95/R375	3241	12D	Naistenrako	6948.123	3536.750	83.1	146.65	8.50	180	40
M52.5/95/R385	3241	12D	Naistenrako	6948.124	3536.750	83.0	156.80	7.30	225	40
M52.5/96/R400	3241	12D	Naistenrako	6948.000	3536.650	0.0	69.25	16.60	180	50
M52.5/96/R401	3241	12D	Naistenrako	6948.075	3536.700	0.0	70.35	12.40	180	45
M52.5/96/R402	3241	12D	Naistenrako	6948.075	3536.750	0.0	72.20	9.10	180	40
M52.5/96/R403	3241	12D	Naistenrako	6948.125	3536.800	0.0	149.10	6.60	180	45
M52.5/96/R404	3241	12D	Naistenrako	6948.175	3536.750	0.0	241.00	4.60	180	65
M52.5/96/R405	3241	12D	Naistenrako	6948.175	3536.800	0.0	216.15	6.40	180	45
M52.5/96/R406	3241	12D	Naistenrako	6948.175	3536.800	0.0	199.20	4.20	180	70
M52.5/98/R372	3242	09A	Niinikoski	6974.840	3522.920	0.0	89.60	11.80	270	45
M52.5/98/R373	3242	09A	Niinikoski	6974.840	3522.960	0.0	88.30	8.00	270	45
M52.5/98/R374	3242	09A	Niinikoski	6974.870	3522.920	0.0	92.60	6.70	270	45
M52.5/98/R375	3242	09A	Niinikoski	6974.800	3522.920	0.0	92.60	10.70	270	45
M52.5/98/R376	3242	09A	Niinikoski	6974.805	3522.960	0.0	103.20	15.00	270	45
M52.5/98/R377	3242	09A	Niinikoski	6974.840	3522.880	0.0	115.60	11.70	270	45
M52.5/98/R395	3242	09A	Niinikoski	6974900	3522920	0.0	109.10	9.00	270	45
M52.5/98/R396	3242	09A	Niinikoski	6974950	3522900	0.0	109.10	12.00	270	45
M52.5/98/R397	3242	09A	Niinikoski	6975000	3522900	0.0	109.10	17.00	270	45
M52.5/96/R302	3224	08C	Niinivesi	6964.599	3487.469	97.9	43.40	20.70	360	90
M52.5/96/R303	3224	08C	Niinivesi	6964.551	3487.605	97.9	37.80	21.80	360	90
M52.5/94/R301	3241	11B	Niittylampi	6939.197	3534.272	0.0	22.20	5.10	180	89
M52.5/94/R302	3241	11B	Niittylampi	6938.765	3534.455	0.0	26.80	2.10	180	89
M52.5/94/R303	3241	11B	Niittylampi	6938.560	3534.665	0.0	28.00	2.60	180	89
M52.5/95/R358	3241	12A	Oravilahti	6942.745	3532.990	0.0	17.60	2.00	360	89
M52.5/95/R359	3241	12A	Oravilahti	6942.730	3532.990	0.0	40.20	3.30	360	45
M52.5/98/R394	3242	06C	Pihkainmäki	6970.817	3517.409	0.0	28.90	3.70	360	90

Reikä	KL	Kohde	X-koord.	Y-koord.	Z-koord.	Pituus	Maata	Suunta	Kaltev.	
M52.5/96/R439	3241	03D	Purola	6949.046	3506.054	120.0	24.30	4.90	360	90
M52.5/98/R381	3242	09A	Rahamäki	6972.400	3523.720	0.0	26.80	6.90	360	90
M52.5/95/R354	3241	12A	Rytky	6940.120	3532.800	0.0	38.50	6.20	360	90
M52.5/95/R355	3241	12A	Rytky	6940.140	3532.820	0.0	25.10	12.50	360	90
M52.5/95/R356	3241	12A	Rytky	6940.120	3532.777	0.0	70.80	8.80	90	45
M52.5/95/R357	3241	12A	Rytky	6940.070	3532.755	0.0	34.45	5.90	90	45
M52.5/96/R408	3241	12A	Rytky	6940.227	3532.768	0.0	199.10	15.90	135	45
M52.5/96/R409	3241	12A	Rytky	6940.227	3532.768	0.0	216.70	13.50	135	60
M52.5/96/R410	3241	12A	Rytky	6940.191	3532.732	0.0	328.50	6.70	135	45
M52.5/96/R411	3241	12A	Rytky	6940.209	3532.776	0.0	22.10	16.00	90	45
M52.5/96/R435	3241	12A	Rytky	6940.010	3532.965	92.0	189.85	12.50	360	45
M52.5/96/R436	3241	12A	Rytky	6940.009	3532.961	92.0	315.20	2.30	315	65
M52.5/96/R437	3241	12A	Rytky	6940.009	3532.961	92.0	198.15	3.40	315	40
M52.5/94/R304	3241	12A	Särkiniemi	6941.400	3533.666	0.0	39.00	3.50	270	50
M52.5/94/R305	3241	12A	Särkiniemi	6941.460	3533.673	0.0	33.25	8.60	270	50
M52.5/94/R323	3241	12A	Särkiniemi	6941.163	3534.255	86.7	60.90	7.00	225	45
M52.5/94/R324	3241	12A	Särkiniemi	6941.084	3534.279	88.4	71.90	9.50	45	38
M52.5/94/R325	3241	12A	Särkiniemi	6941.228	3534.113	89.1	54.80	4.00	225	45
M52.5/94/R326	3241	12A	Särkiniemi	6941.230	3534.090	89.5	28.50	3.00	225	45
M52.5/94/R327	3241	12A	Särkiniemi	6941.241	3534.111	89.1	44.10	2.60	225	45
M52.5/95/R328	3241	12A	Särkiniemi	6941.168	3534.286	86.8	81.85	6.50	225	44
M52.5/95/R329	3241	12A	Särkiniemi	6941.189	3534.307	86.6	120.70	8.00	225	45
M52.5/95/R330	3241	12A	Särkiniemi	6941.146	3534.265	87.0	59.10	8.00	225	45
M52.5/95/R331	3241	12A	Särkiniemi	6941.186	3534.270	87.1	90.05	8.00	225	45
M52.5/95/R332	3241	12A	Särkiniemi	6941.215	3534.298	86.8	120.20	7.30	225	46
M52.5/95/R333	3241	12A	Särkiniemi	6941.215	3534.298	86.8	171.35	5.00	225	64
M52.5/95/R334	3241	12A	Särkiniemi	6941.285	3534.369	86.8	150.85	6.50	225	47
M52.5/95/R335	3241	12A	Särkiniemi	6941.317	3534.400	86.5	138.30	8.00	225	46
M52.5/95/R336	3241	12A	Särkiniemi	6941.264	3534.348	86.6	91.50	9.80	225	44
M52.5/95/R337	3241	12A	Särkiniemi	6941.264	3534.348	86.7	82.40	5.50	225	88
M52.5/95/R338	3241	12A	Särkiniemi	6941.267	3534.315	86.5	109.05	8.90	45	45
M52.5/95/R339	3241	12A	Särkiniemi	6941.266	3534.314	86.4	88.45	5.40	45	81
M52.5/95/R340	3241	12A	Särkiniemi	6941.266	3534.314	86.4	80.70	6.00	225	59
M52.5/95/R341	3241	12A	Särkiniemi	6941.172	3534.219	87.6	66.60	7.00	225	46
M52.5/95/R342	3241	12A	Särkiniemi	6941.224	3534.343	86.5	151.05	6.80	225	45
M52.5/95/R343	3241	12A	Särkiniemi	6941.224	3534.343	86.5	106.57	8.20	45	40
M52.5/95/R344	3241	12A	Särkiniemi	6941.224	3534.343	86.5	96.80	5.74	45	70
M52.5/95/R345	3241	12A	Särkiniemi	6941.224	3534.342	86.6	108.80	6.10	45	87
M52.5/95/R346	3241	12A	Särkiniemi	6941.128	3534.282	87.6	34.80	5.50	225	47
M52.5/95/R347	3241	12A	Särkiniemi	6941.122	3534.311	92.6	91.45	9.20	225	46
M52.5/95/R348	3241	12A	Särkiniemi	6941.152	3534.342	88.1	121.30	9.50	225	46
M52.5/95/R349	3241	12A	Särkiniemi	6941.192	3534.383	86.9	131.00	9.05	225	47
M52.5/95/R376	3241	12A	Särkiniemi	6941.123	3534.383	93.7	153.50	20.05	225	43
M52.5/95/R377	3241	12A	Särkiniemi	6941.123	3534.384	93.7	133.10	13.20	225	72
M52.5/95/R378	3241	12A	Särkiniemi	6941.194	3534.384	86.9	97.05	8.95	45	47
M52.5/95/R379	3241	12A	Särkiniemi	6941.194	3534.383	86.9	112.50	7.35	45	70
M52.5/95/R380	3241	12A	Särkiniemi	6941.194	3534.383	87.0	136.40	6.60	45	87
M52.5/95/R386	3241	12A	Särkiniemi	6941.124	3534.384	93.8	153.80	11.65	45	88
M52.5/95/R387	3241	12A	Särkiniemi	6941.125	3534.384	93.7	193.75	13.25	45	67
M52.5/95/R388	3241	12A	Särkiniemi	6941.110	3534.440	93.9	346.20	11.35	45	82
M52.5/95/R389	3241	12A	Särkiniemi	6941.194	3534.382	86.9	148.50	7.40	225	66
M52.5/95/R390	3241	12A	Särkiniemi	6941.146	3534.406	94.5	141.20	15.00	45	62
M52.5/95/R391	3241	12A	Särkiniemi	6941.146	3534.406	94.5	186.10	13.15	45	90
M52.5/95/R392	3241	12A	Särkiniemi	6941.111	3534.440	93.8	255.50	10.10	225	86
M52.5/96/R393	3241	12A	Särkiniemi	6941.153	3534.556	94.4	309.80	9.00	225	73
M52.5/96/R394	3241	12A	Särkiniemi	6941.155	3534.626	90.1	347.80	10.50	225	75

Reikä	KL	Kohde	X-koord.	Y-koord.	Z-koord.	Pituus	Maata	Suunta	Kaltev.	
M52.5/96/R422	3241	12A	Särkiniemi	6941.277	3534.170	88.3	51.20	8.20	225	45
M52.5/96/R423	3241	12A	Särkiniemi	6941.290	3534.184	88.2	60.10	15.00	225	45
M52.5/96/R424	3241	12A	Särkiniemi	6941.262	3534.186	88.1	62.80	10.60	225	80
M52.5/96/R425	3241	12A	Särkiniemi	6941.156	3534.627	90.0	413.55	6.10	45	42
M52.5/96/R426	3241	12A	Särkiniemi	6939.696	3535.036	0.0	515.80	3.90	45	82
M52.5/96/R431	3241	12A	Särkiniemi	6941.108	3534.263	87.0	49.60	8.00	45	40
M52.5/96/R432	3241	12A	Särkiniemi	6941.165	3534.319	86.9	84.80	9.00	225	45
M52.5/96/R433	3241	12A	Särkiniemi	6941.096	3534.291	92.1	50.50	8.00	360	85
M52.5/96/R419	3241	12B	Täilahti	6949.165	3534.553	81.8	45.65	29.10	360	90
M52.5/97/R440	3241	12B	Täilahti	6949.170	3534.470	81.8	61.70	25.10	360	90
M52.5/97/R441	3241	12B	Täilahti	6948.600	3534.180	81.8	61.80	6.10	360	90
M52.5/95/R384	3241	10D	Takkula	6926.020	3538.350	0.0	85.60	3.40	135	45
M52.5/96/R427	3241	10D	Takkula	6925.465	3538.372	90.0	84.30	3.50	45	45
M52.5/96/R428	3241	10D	Takkula	6925.440	3538.352	85.0	48.80	4.60	45	45
M52.5/96/R429	3241	10D	Takkula	6925.442	3538.351	85.0	48.80	4.00	225	45
M52.5/96/R430	3241	10D	Takkula	6925.572	3538.361	95.0	77.60	3.00	225	45
M52.5/96/R309	3224	10C	Tennis	6953.102	3495.295	100.0	49.70	9.80	360	90
M52.5/95/R350	3241	10D	Tomperlahti	6925.500	3538.080	79.0	19.20	9.00	360	90
M52.5/95/R351	3241	10D	Tomperlahti	6925.280	3538.105	79.0	16.70	6.20	360	90
M52.5/95/R352	3241	10C	Tomperlahti	6924.200	3538.570	79.0	16.90	4.90	360	90
M52.5/98/R378	3242	09A	Tyynelä	6975.000	3523.000	0.0	94.80	7.50	180	45
M52.5/98/R373	3313	08C	Utrianlahti	6992.590	3485.850	0.0	89.70	5.00	360	90
M52.5/98/R378	3313	11C	Vääränlampi	6994.875	3495.705	0.0	59.80	7.50	360	90
M52.5/98/R379	3313	11C	Vääränlampi	6994.922	3496.408	0.0	62.60	2.00	360	90
M52.5/98/R383	3242	08B	Välimäki	6966.413	3523.827	0.0	77.00	20.70	360	45
M52.5/96/R307	3224	10A	Vaajasalmi	6954.517	3492.472	99.0	32.00	7.20	360	90
M52.5/96/R308	3224	10A	Vaajasalmi	6954.554	3493.275	102.0	41.10	4.80	360	90
M52.5/96/R304	3242	07B	Vehmasjoki	6958.525	3523.355	138.0	52.30	13.00	150	50
M52.5/96/R305	3242	07B	Vehmasjoki	6958.531	3523.370	138.0	42.80	6.00	360	90
M52.5/96/R306	3242	07B	Vehmasjoki	6958.552	3523.371	138.0	26.30	5.00	360	90
M52.5/96/R307	3242	07B	Vehmasjoki	6958.645	3523.468	139.0	17.90	9.00	360	90
M52.5/96/R308	3242	07D	Vehmasjoki	6958.080	3523.242	138.0	50.30	2.00	360	90
M52.5/96/R309	3242	07B	Vehmasjoki	6958.080	3523.242	138.0	109.90	3.50	89	39
M52.5/96/R310	3242	07B	Vehmasjoki	6958.044	3523.244	138.0	91.60	4.50	86	40
M52.5/96/R311	3242	07B	Vehmasjoki	6957.252	3523.202	139.0	32.40	1.80	360	90
M52.5/97/R329	3242	07B	Vehmasjoki	6958.475	3523.330	137.6	97.40	15.00	90	45
M52.5/97/R330	3242	07B	Vehmasjoki	6958.500	3523.340	137.6	81.40	10.80	90	60
M52.5/97/R331	3242	07B	Vehmasjoki	6958.475	3523.295	137.6	127.55	11.70	90	50
M52.5/97/R332	3242	07B	Vehmasjoki	6958.500	3523.358	137.6	35.70	9.20	360	90
M52.5/97/R333	3242	07B	Vehmasjoki	6958.450	3523.330	137.6	83.30	12.00	90	45
M52.5/97/R334	3242	07B	Vehmasjoki	6958.350	3523.320	137.6	64.10	9.00	90	60
M52.5/97/R335	3242	07B	Vehmasjoki	6958.450	3523.330	137.6	67.30	10.50	90	70
M52.5/97/R336	3242	07B	Vehmasjoki	6958.400	3523.330	137.6	75.00	10.30	90	60
M52.5/97/R337	3242	07B	Vehmasjoki	6958.150	3523.290	137.6	42.90	6.50	90	60
M52.5/97/R338	3242	07B	Vehmasjoki	6958.150	3523.305	137.6	40.30	7.50	90	60
M52.5/97/R339	3242	07B	Vehmasjoki	6958.400	3523.305	137.6	146.80	10.00	90	60
M52.5/97/R340	3242	07B	Vehmasjoki	6958.200	3523.310	137.6	55.00	11.30	90	60
M52.5/97/R341	3242	07B	Vehmasjoki	6958.350	3523.295	137.6	131.30	9.00	90	60
M52.5/97/R342	3242	07B	Vehmasjoki	6958.300	3523.295	137.6	100.30	10.00	90	45
M52.5/97/R343	3242	07B	Vehmasjoki	6958.250	3523.315	137.6	57.10	13.20	90	60
M52.5/97/R344	3242	07B	Vehmasjoki	6958.350	3523.370	137.6	98.10	9.00	270	70
M52.5/97/R345	3242	07B	Vehmasjoki	6958.300	3523.295	137.6	150.85	6.80	90	65
M52.5/97/R346	3242	07B	Vehmasjoki	6958.325	3523.315	137.6	87.40	10.55	90	60
M52.5/97/R347	3242	07B	Vehmasjoki	6958.325	3523.290	137.6	124.75	9.00	90	60
M52.5/97/R348	3242	07B	Vehmasjoki	6958.425	3523.335	137.6	56.60	10.00	90	60
M52.5/97/R349	3242	07B	Vehmasjoki	6958.375	3523.300	137.6	119.85	9.40	90	60

Reikä	KL	Kohde	X-koord.	Y-koord.	Z-koord.	Pituus	Maata	Suunta	Kaltev.	
M52.5/97/R350	3242	07B	Vehmasjoki	6958.475	3523.430	137.6	50.50	11.50	90	45
M52.5/97/R351	3242	07B	Vehmasjoki	6958.375	3523.325	137.6	57.95	6.10	90	60
M52.5/97/R352	3242	07B	Vehmasjoki	6958.425	3523.310	137.6	136.15	10.20	90	60
M52.5/97/R353	3242	07B	Vehmasjoki	6958.350	3523.250	138.0	193.90	11.00	90	55
M52.5/97/R354	3242	07B	Vehmasjoki	6958.350	3523.250	138.0	294.30	9.00	90	70
M52.5/97/R358	3242	07B	Vehmasjoki	6957.492	3523.240	138.0	78.00	3.80	360	90
M52.5/97/R359	3242	07B	Vehmasjoki	6958.350	3523.100	0.0	72.40	5.00	360	90
M52.5/97/R366	3242	07B	Vehmasjoki	6957.392	3523.183	0.0	92.90	5.40	90	45
M52.5/98/R387	3242	07B	Vehmasjoki	6958.949	3523.281	0.0	27.60	5.30	360	90
M52.5/96/R301	3242	07D	Vehmasmäki	6957.262	3525.673	155.0	56.50	4.00	90	60
M52.5/96/R302	3242	07D	Vehmasmäki	6957.210	3525.937	163.0	50.50	2.00	360	60
M52.5/96/R303	3242	07D	Vehmasmäki	6957.278	3525.534	154.0	42.90	6.50	360	60
M52.5/98/R372	3313	07B	Ayskoski	6989.962	3483.521	0.0	32.50	2.00	360	90





**LIITE 9**

**MITTAUSALUEET 92-98**

Pohjakartta:  
Bouguer anomalia,  
alueellinen painovoimamittaus

Mittausalueiden sijainti:  
Mitatut magneettiset  
profiilit tutkimusalueilla

3470000

3500000

3530000

3560000

7010000

7010000

6980000

6980000

6950000

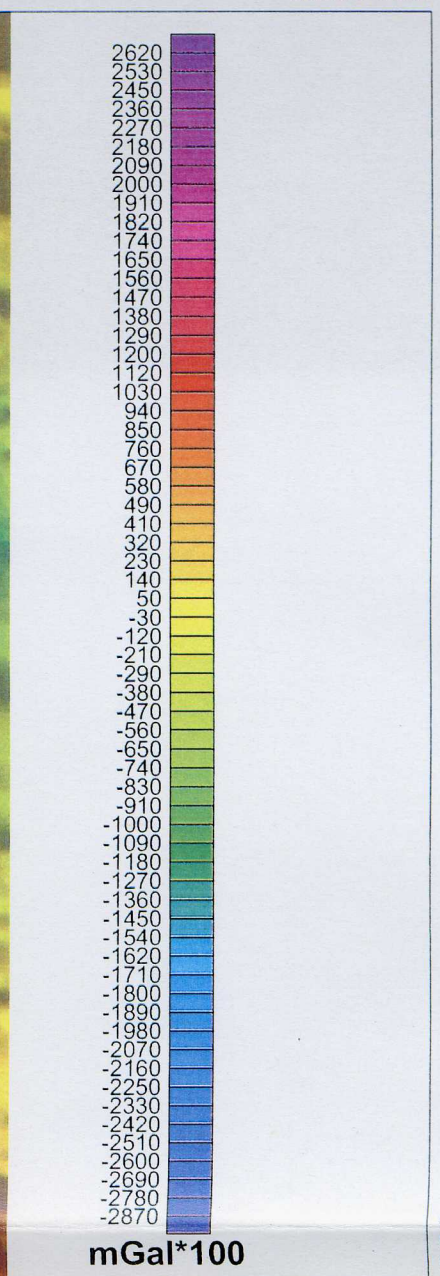
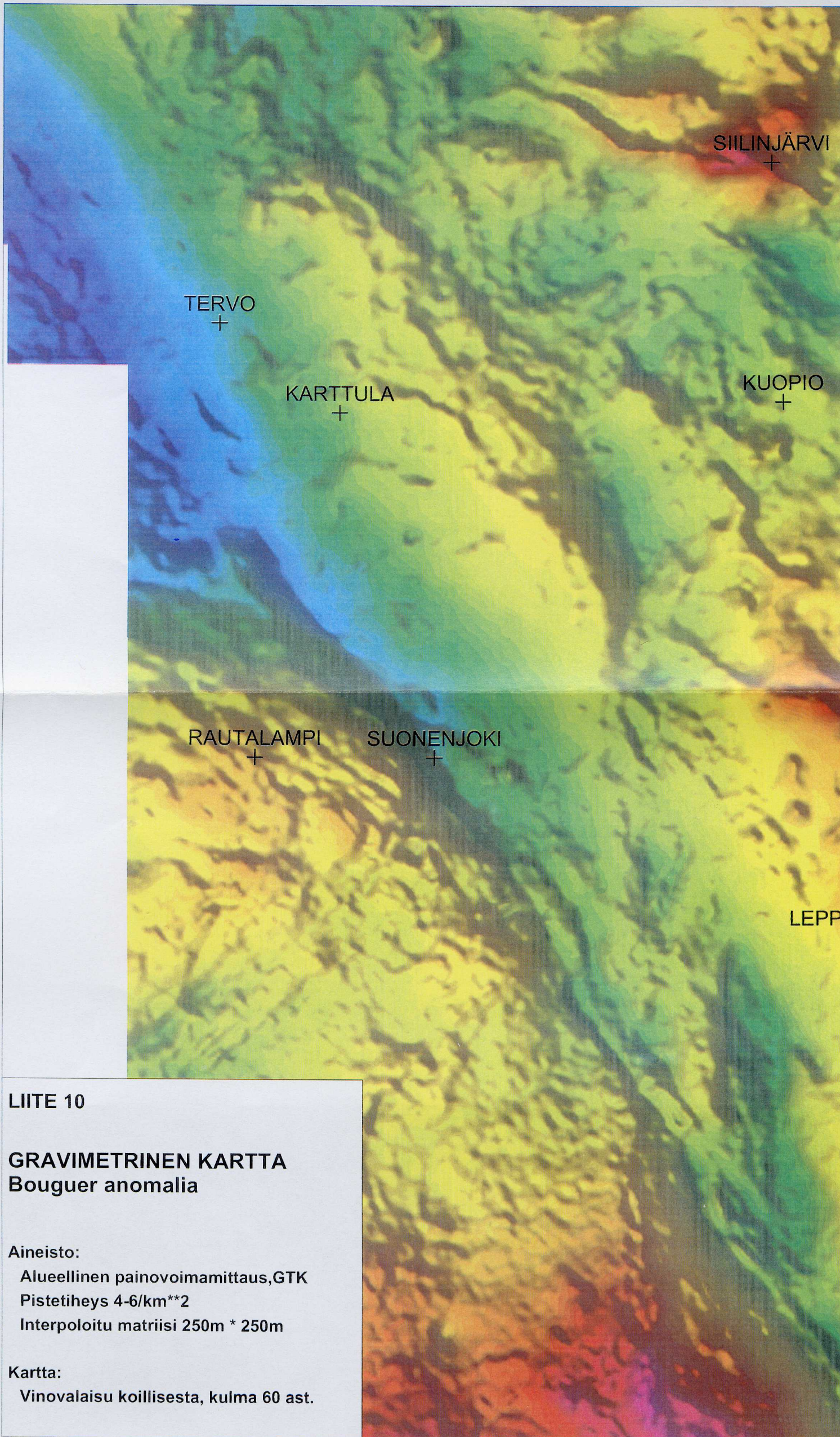
6950000

6920000

6920000

6890000

6890000



mGal\*100

**LIITE 10**

**GRAVIMETRINEN KARTTA**  
Bouguer anomalia

**Aineisto:**

Alueellinen painovoimamittaus, GTK  
Pistetiheys 4-6/km\*\*2  
Interpoloitu matriisi 250m \* 250m

**Kartta:**

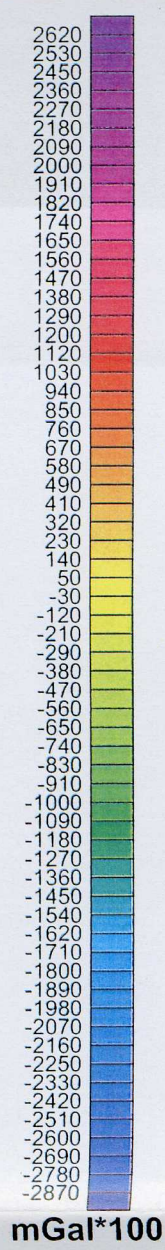
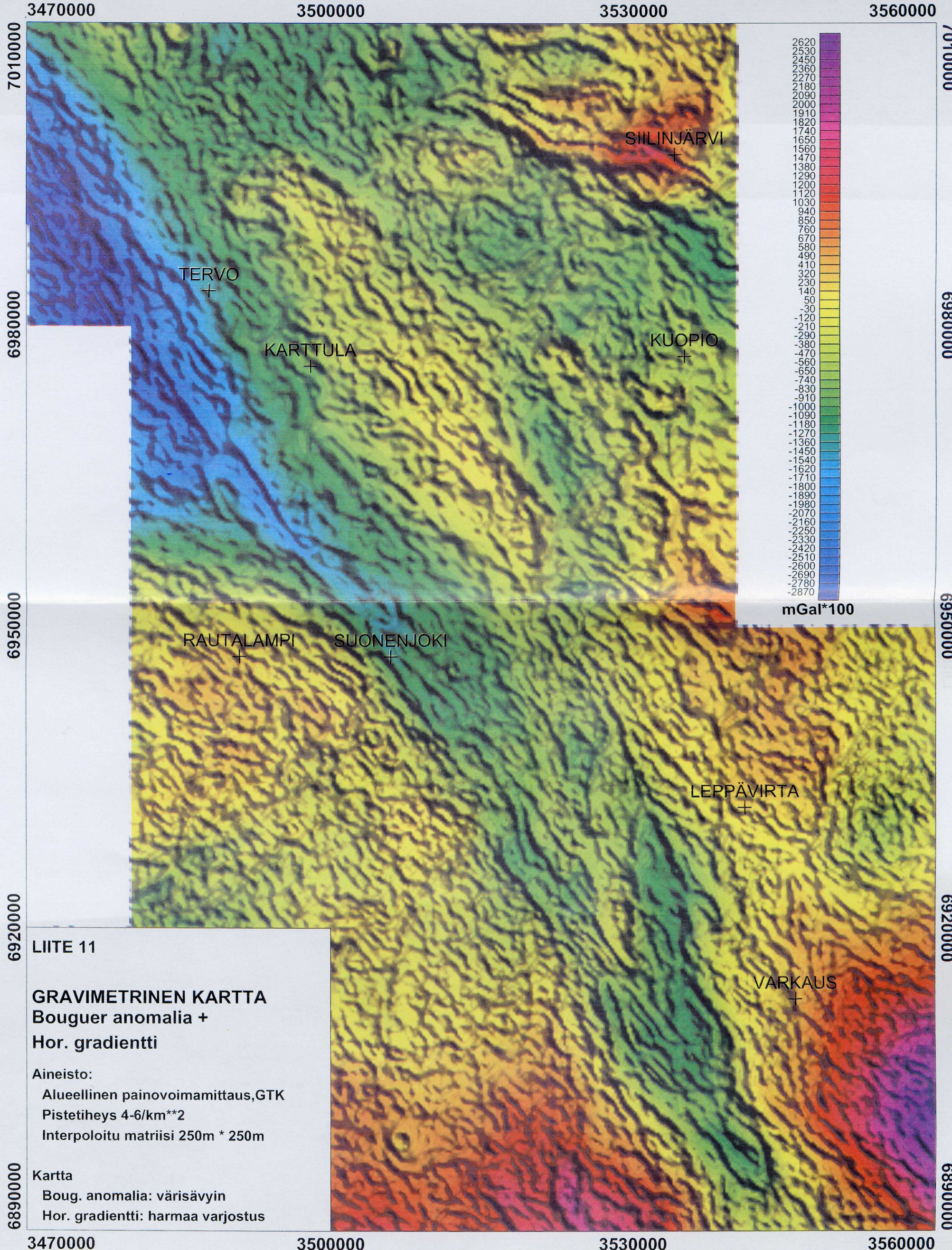
Vinovalaisu koillisesta, kulma 60 ast.

3470000

3500000

3530000

3560000

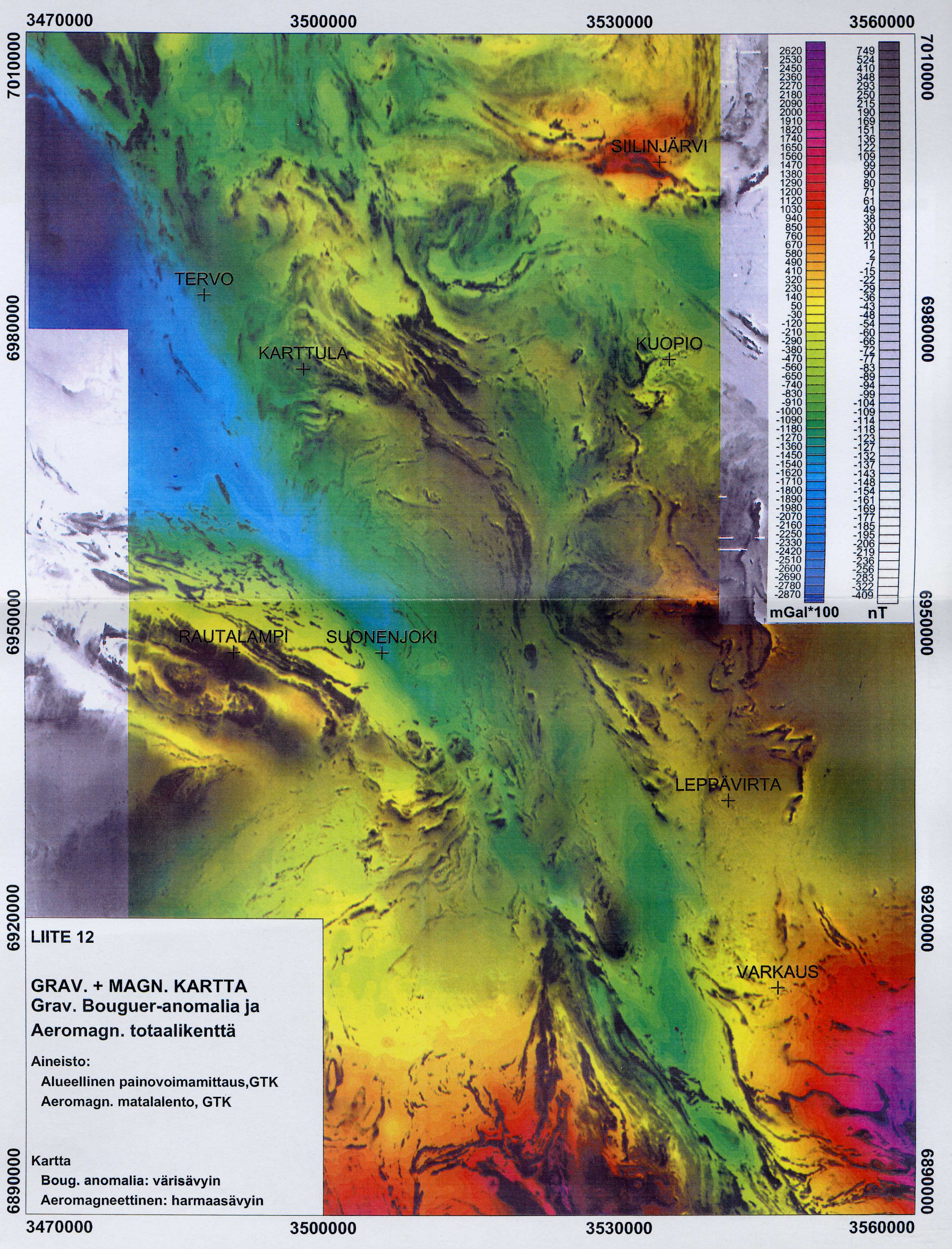


LIITE 11

**GRAVIMETRINEN KARTTA**  
Bouguer anomalia +  
Hor. gradientti

Aineisto:  
Alueellinen painovoimamittaus, GTK  
Pistetiheys 4-6/km\*\*2  
Interpoloitu matriisi 250m \* 250m

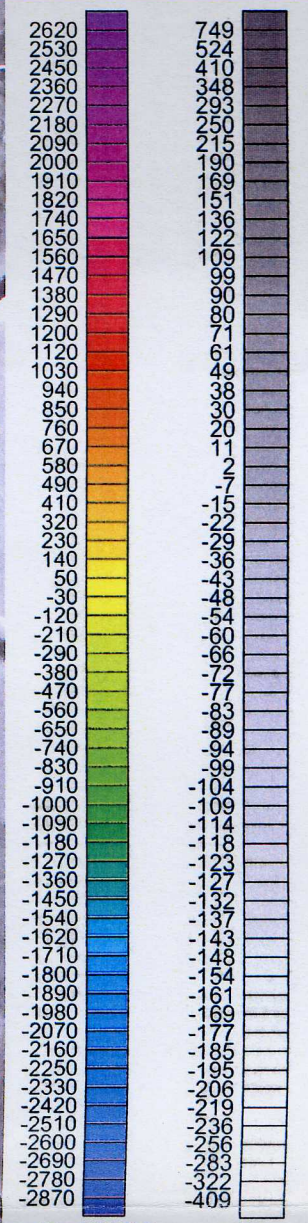
Kartta  
Boug. anomalia: värisävyin  
Hor. gradientti: harmaa varjostus



3470000 3500000 3530000 3560000

7010000  
6980000  
6950000  
6920000  
6890000

7010000  
6980000  
6950000  
6920000  
6890000



mGal\*100 nT

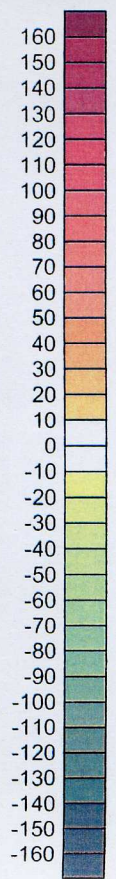
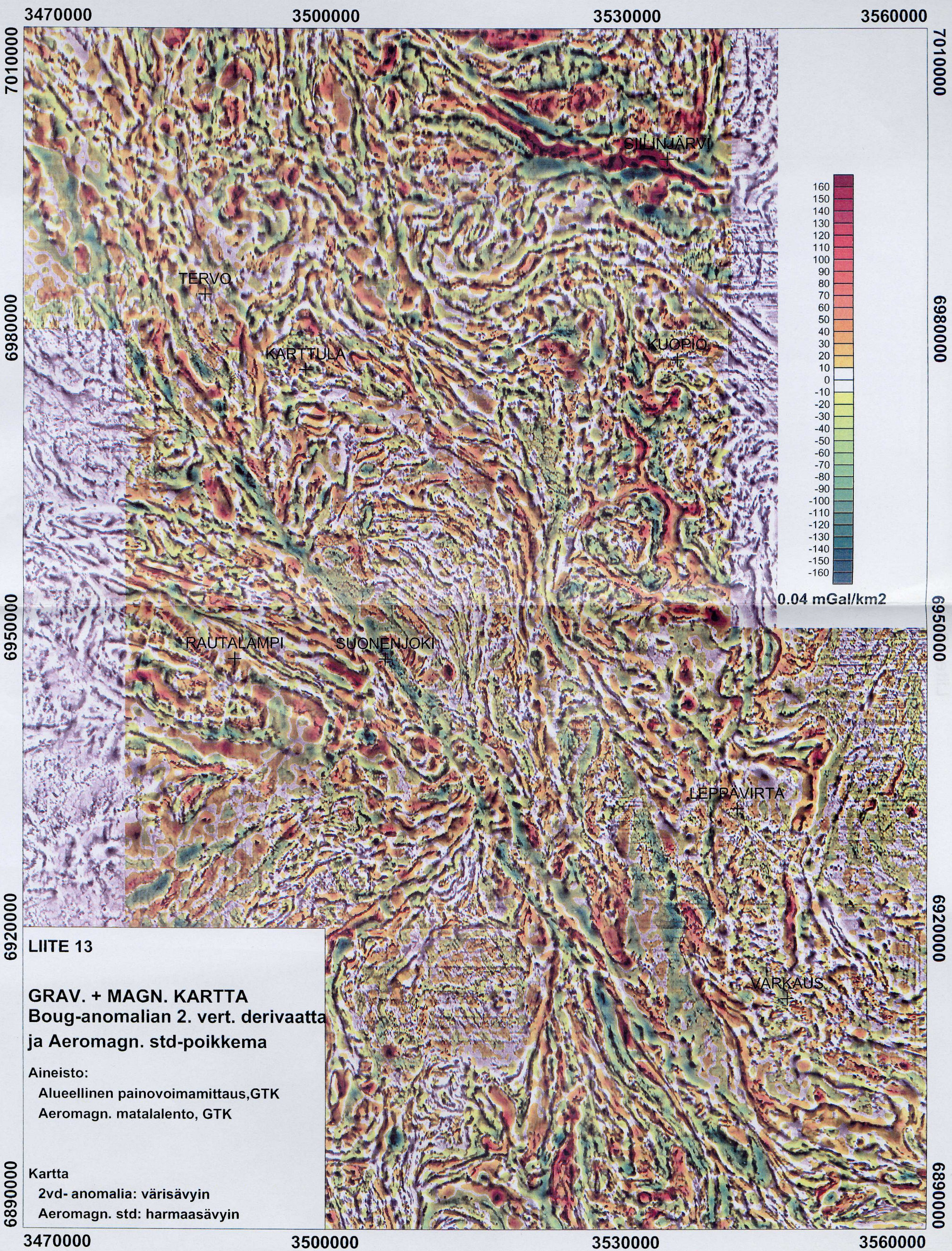
**LIITE 12**

**GRAV. + MAGN. KARTTA**  
 Grav. Bouguer-anomalia ja  
 Aeromagn. totaalikenttä

Aineisto:  
 Alueellinen painovoimamittaus, GTK  
 Aeromagn. matalalento, GTK

Kartta  
 Boug. anomalia: värisävyin  
 Aeromagneettinen: harmaasävyin

3470000 3500000 3530000 3560000



0.04 mGal/km<sup>2</sup>

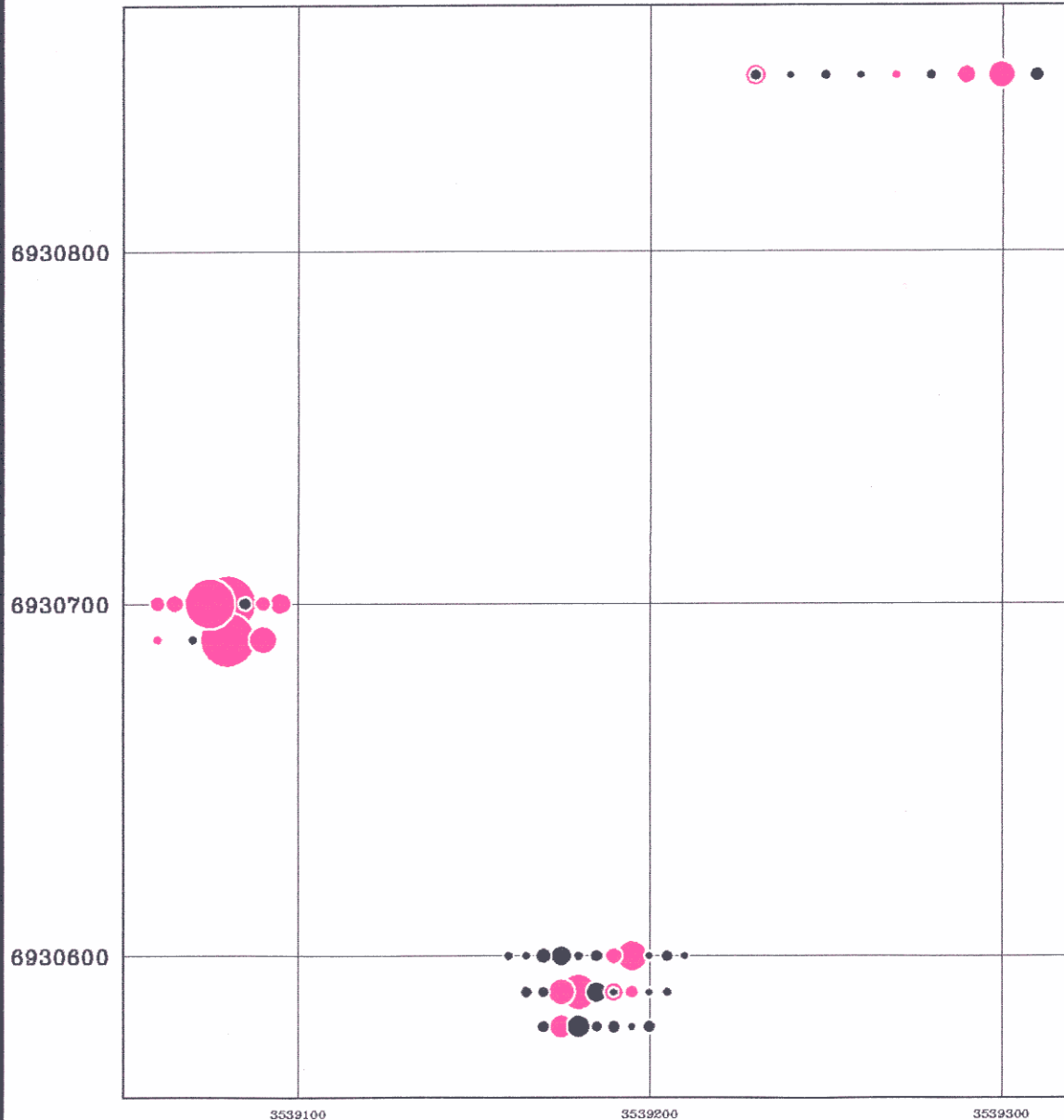
**LIITE 13**

**GRAV. + MAGN. KARTTA**  
 Boug-anomalian 2. vert. derivaatta  
 ja Aeromagn. std-poikkema

Aineisto:  
 Alueellinen painovoimamittaus, GTK  
 Aeromagn. matalalento, GTK

Kartta  
 2vd- anomalia: värisävyin  
 Aeromagn. std: harmaasävyin

100 m



# LEPPÄVIRTA

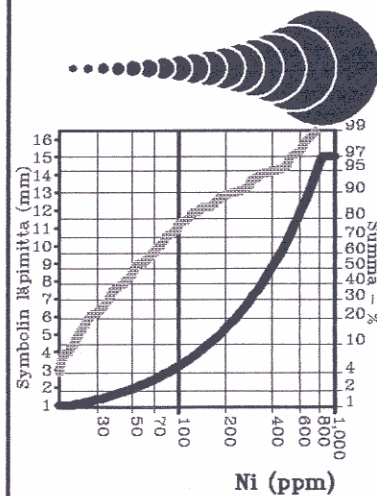
## Päivälehto

### 3241 11

# Ni

Pistelukumäärä: 49

Symbolikoko pitoisuusarvojen  
funktiona (—) ja pitoisuuksien  
kumulatiivinen jakauma (▨)



Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 14.02.1995 GTK

100 m

6930800

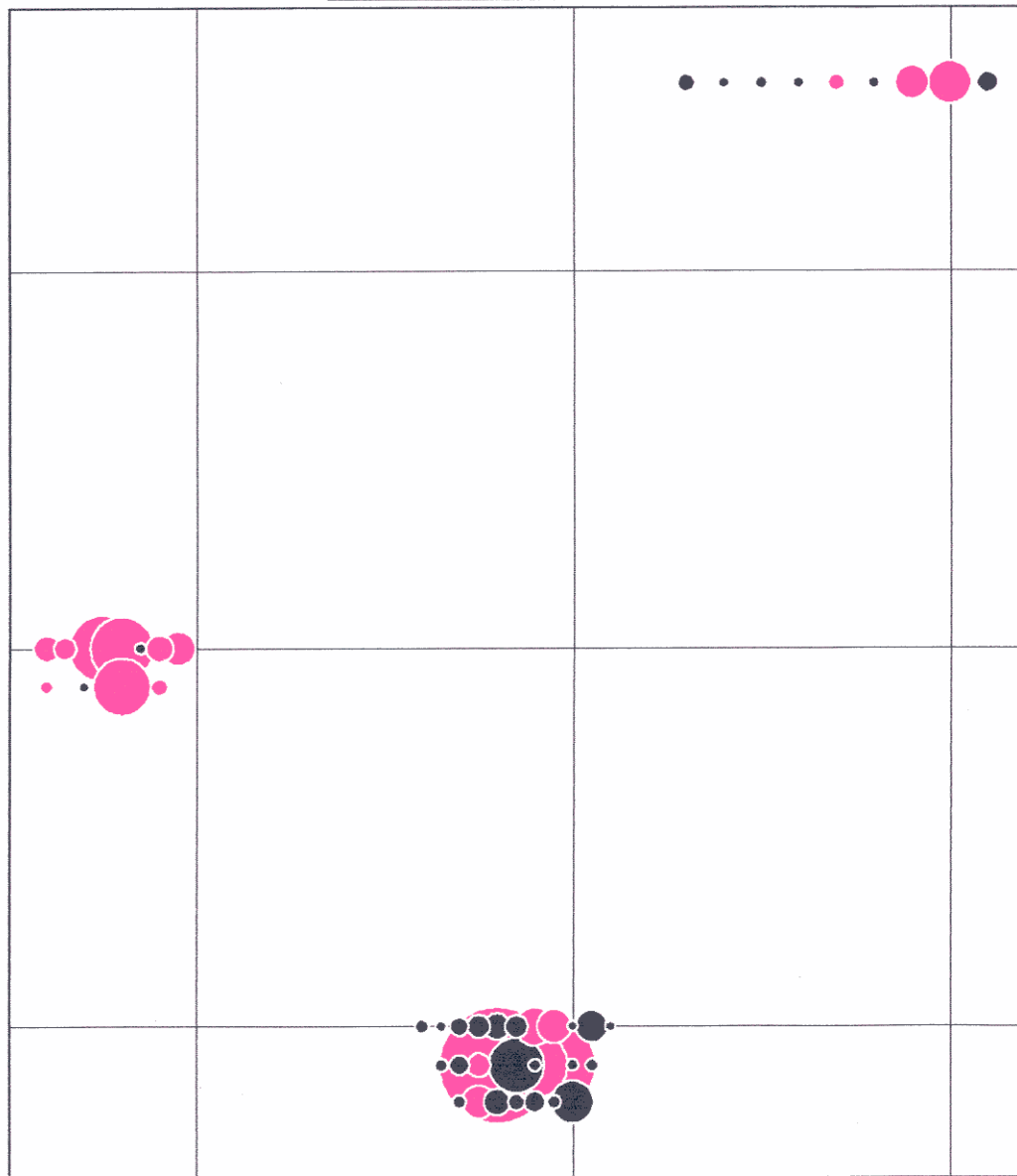
6930700

6930600

3539100

3539200

3539300

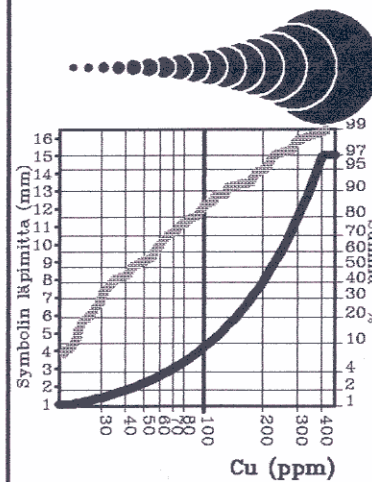


# LEPPÄVIRTA Päivälehto 3241 11

## Cu

Pistelukumäärä: 49

Symbolikoko pitoisuusarvojen  
funktiona (—) ja pitoisuuksien  
kumulatiivinen jakauma (▨▨▨▨)



Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

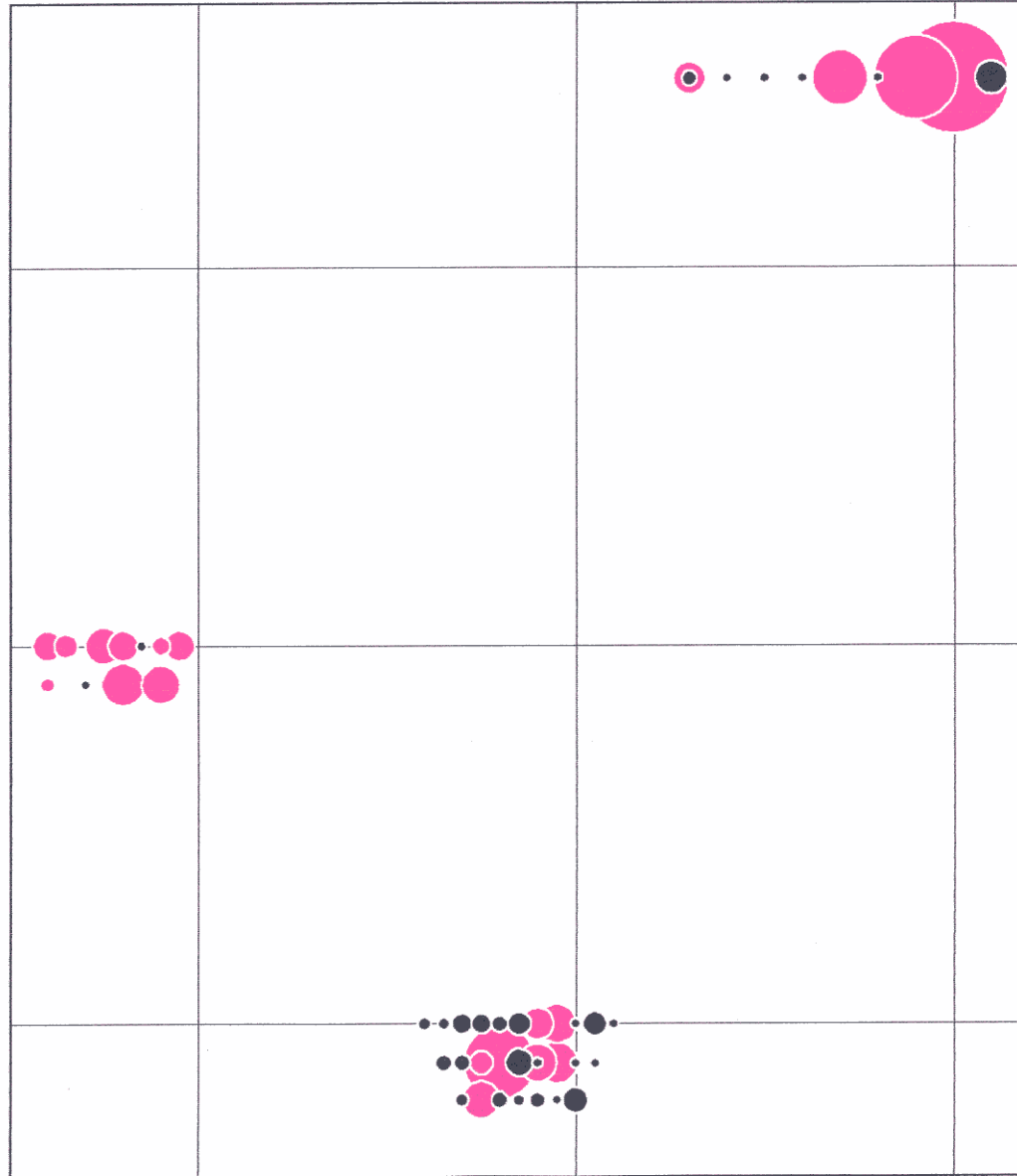
Piirretty: 14.02.1995 GTK

100 m

6930800

6930700

6930600



3539100

3539200

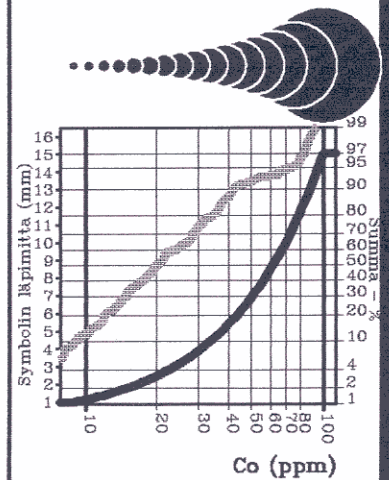
3539300

# LEPPÄVIRTA Päivälehto 3241 11

## Co

Pistelukumäärä: 49

Symbolikoko pitoisuusarvojen  
funktiona (—) ja pitoisuuksien  
kumulatiivinen jakauma (-----)



Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 14.02.1995 GTK



100 m

6930800

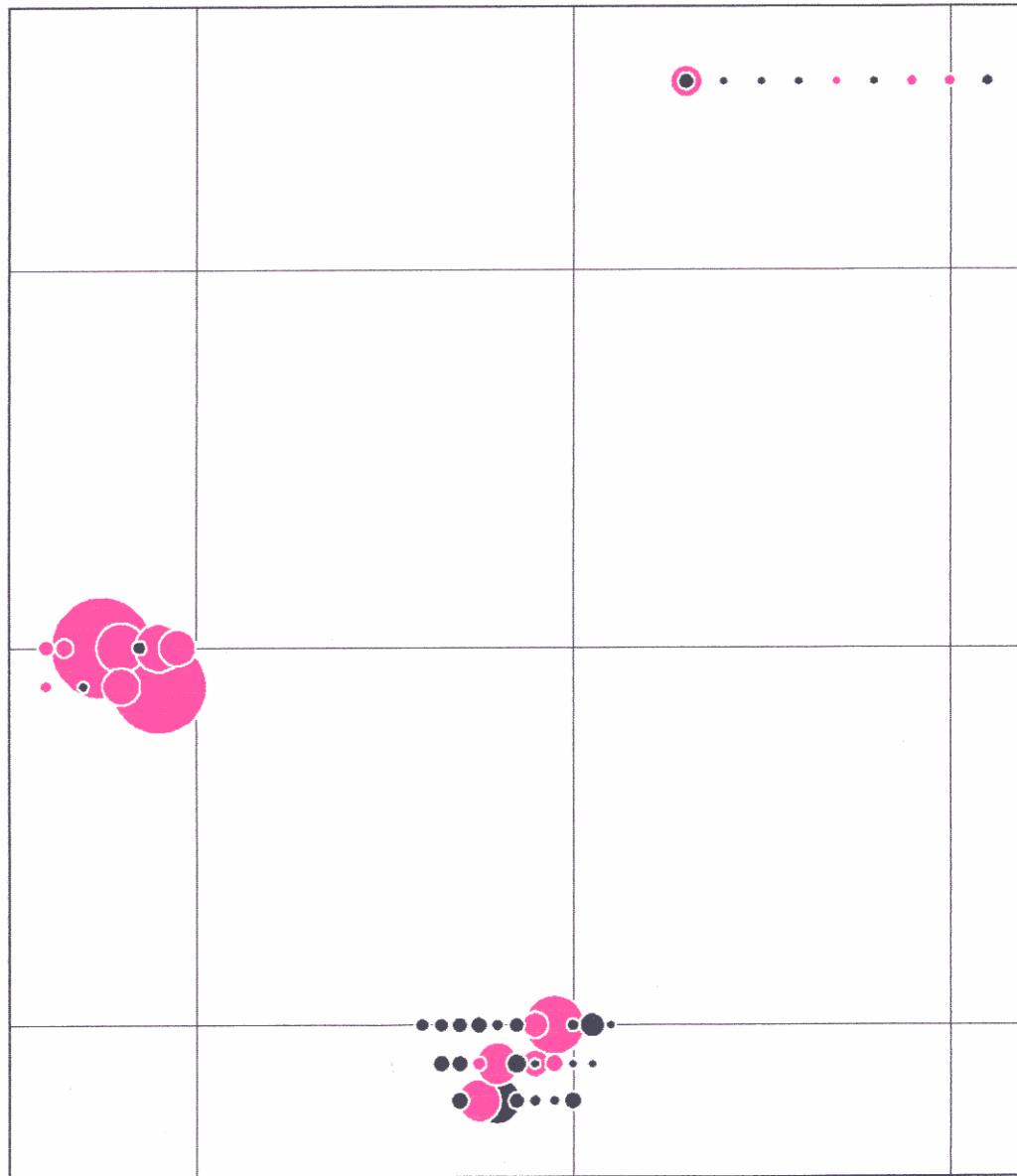
6930700

6930600

3539100

3539200

3539300

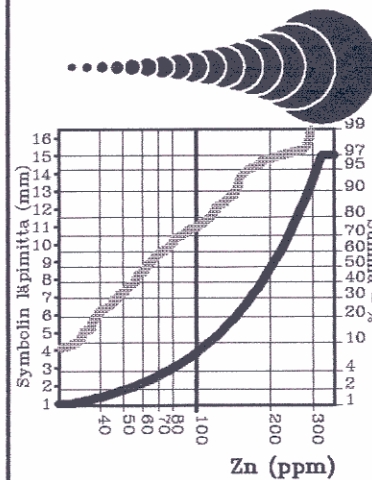


# LEPPÄVIRTA Päivälehto 3241 11

## Zn

Pistelukumäärä: 49

Symbolikoko pitoisuusarvojen  
funktiona (—) ja pitoisuuksien  
kumulatiivinen jakauma (▨▨▨▨)



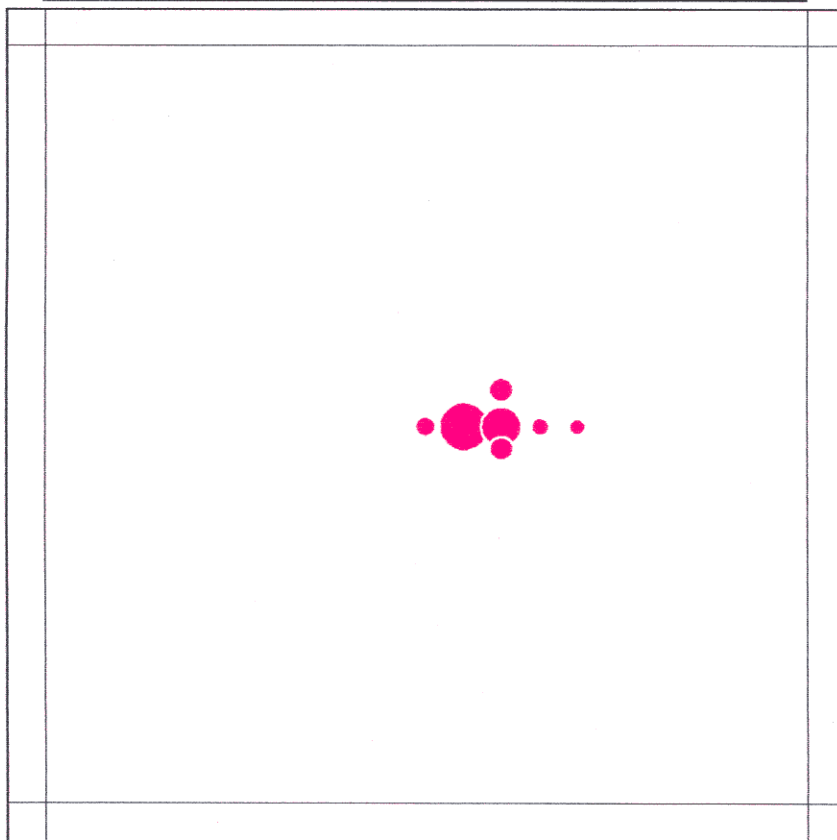
Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 14.02.1995 GTK

100 m

6934800



6934700

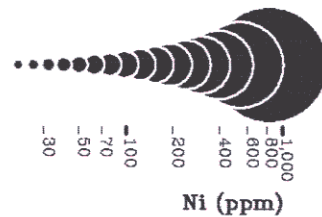
3539400

3539500

LEPPÄVIRTA  
Kartiskanlahti  
3241 11

Ni

Pistelukumäärä: 7



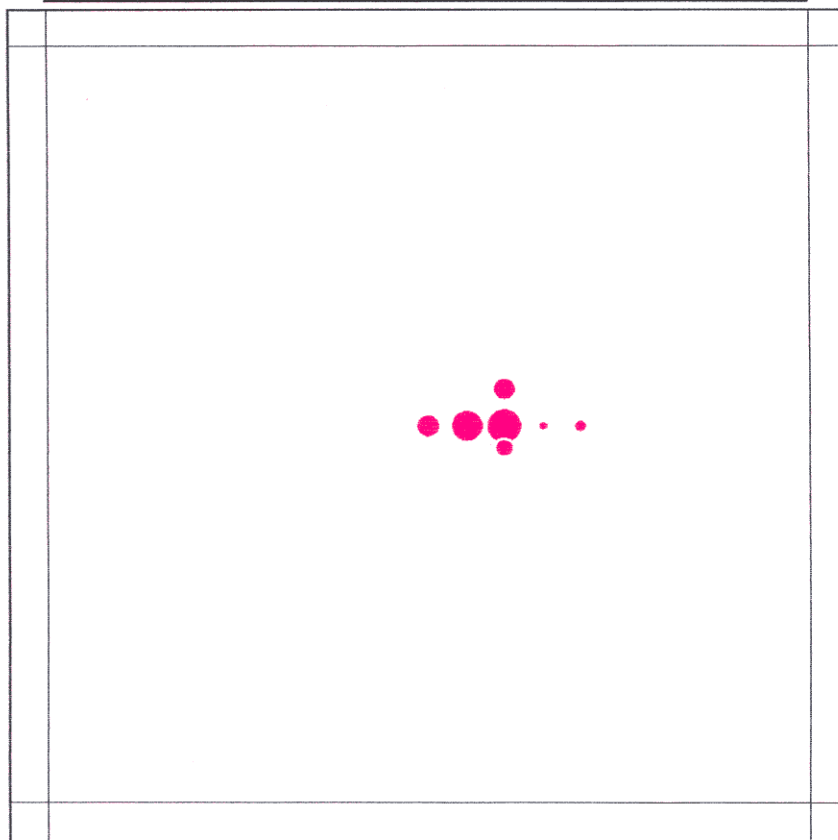
Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 15.02.1995 GTK

100 m

6934800



6934700

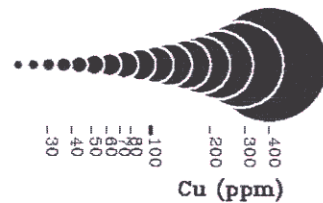
3539400

3539500

LEPPÄVIRTA  
Kartiskanlahti  
3241 11

Cu

Pistelukumäärä: 7



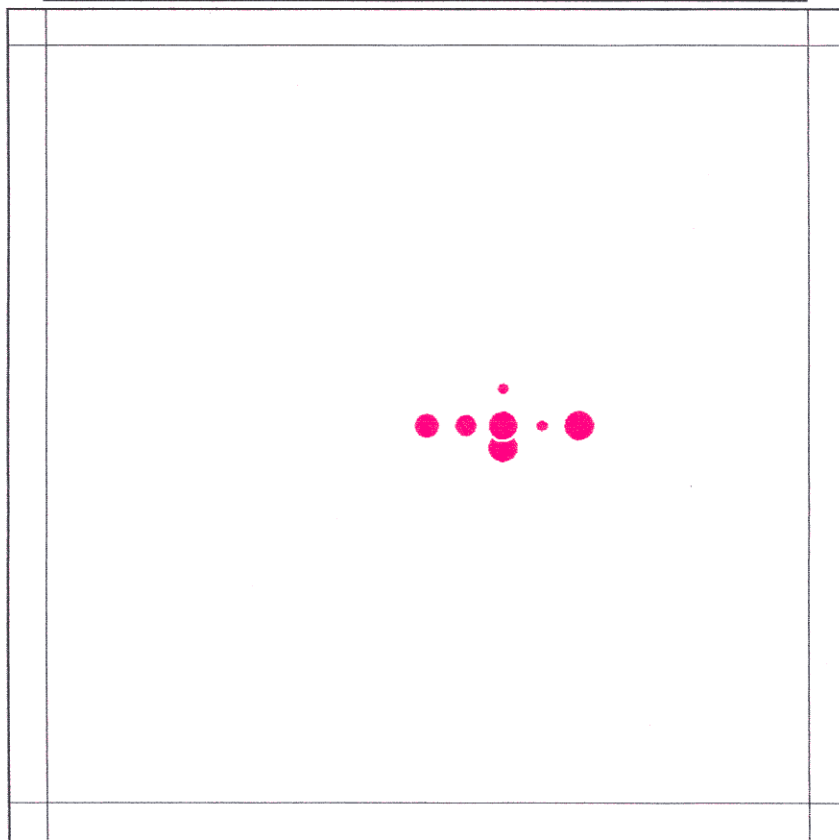
Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 15.02.1995 GTK

100 m

6934800



6934700

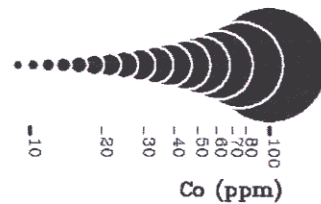
3539400

3539500

LEPPÄVIRTA  
Kartiskanlahti  
3241 11

Co

Pistelukumäärä: 7



Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 15.02.1995 GTK

100 m

6934800



6934700

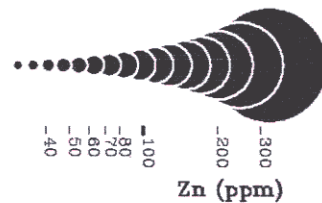
3539400

3539500



LEPPÄVIRTA  
Kartiskanlahti  
3241 11

Zn

Pistelukumäärä: 7



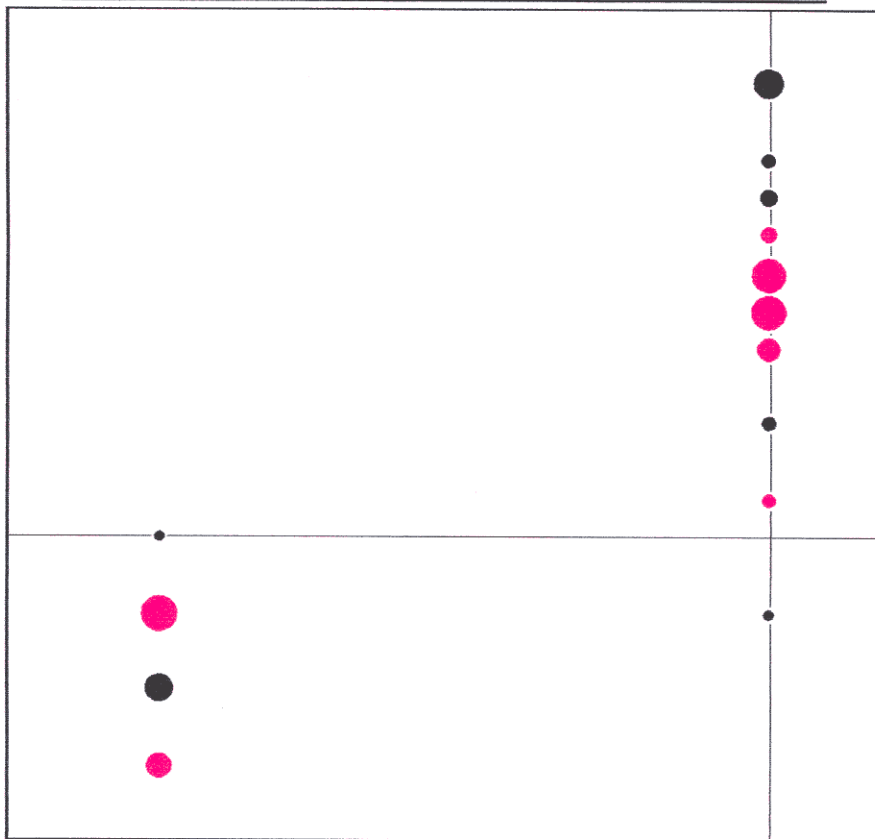
Aines

-  1. Moreeni
-  2. Rapakallio

Piirretty: 15.02.1995 GTK

100 m

6938100



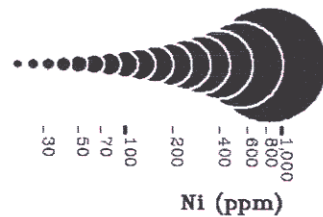
3535900

3536000

LEPPÄVIRTA  
Pilliniemi  
3241 11

Ni

Pistelukumäärä: 14



Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 15.02.1995 GTK

100 m

6938100

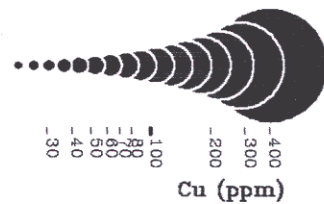
3535900

3536000

LEPPÄVIRTA  
Pilliniemi  
3241 11

Cu

Pistelukumäärä: 14



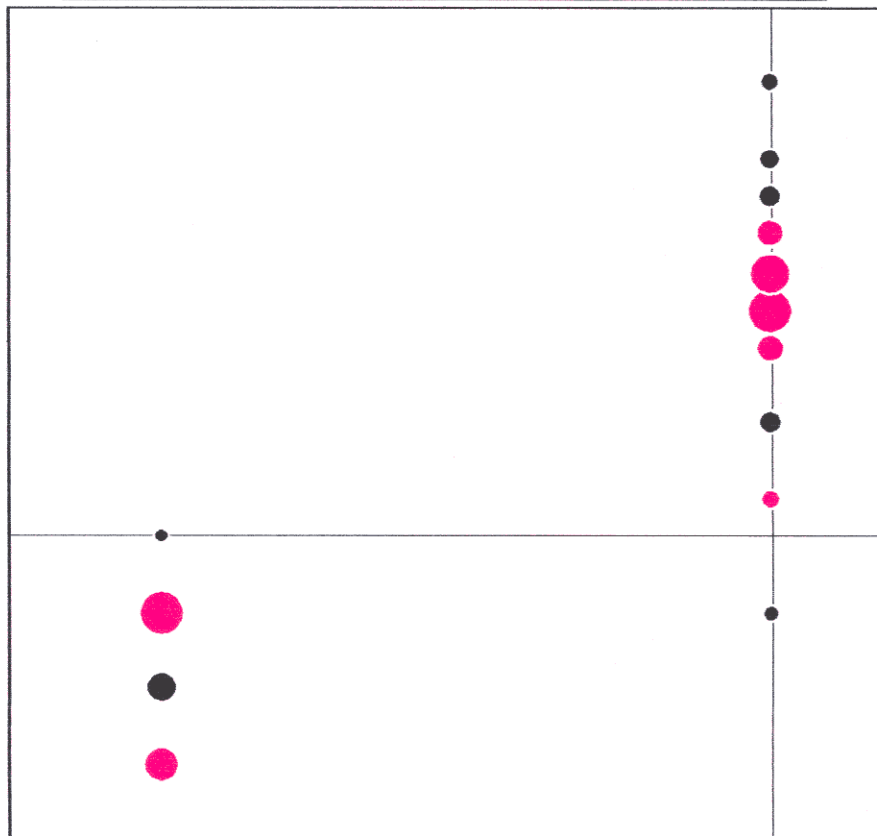
Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 15.02.1995 GTK

100 m

6938100



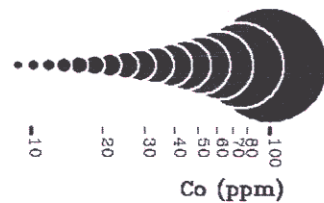
3535900

3536000

LEPPÄVIRTA  
Pilliniemi  
3241 11

Co

Pistelukumäärä: 14



Aines

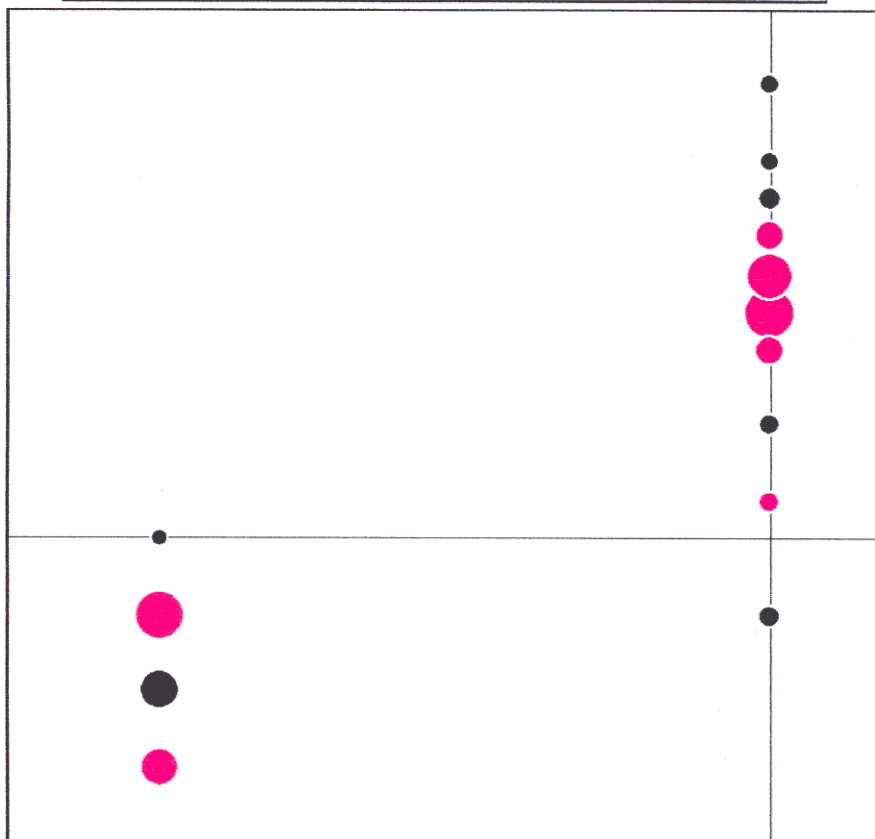
- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 15.02.1995 GTK



100 m

6938100



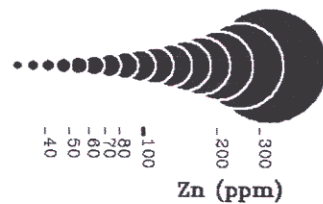
3535900

3536000

LEPPÄVIRTA  
Pilliniemi  
3241 11

Zn

Pistelukumäärä: 14



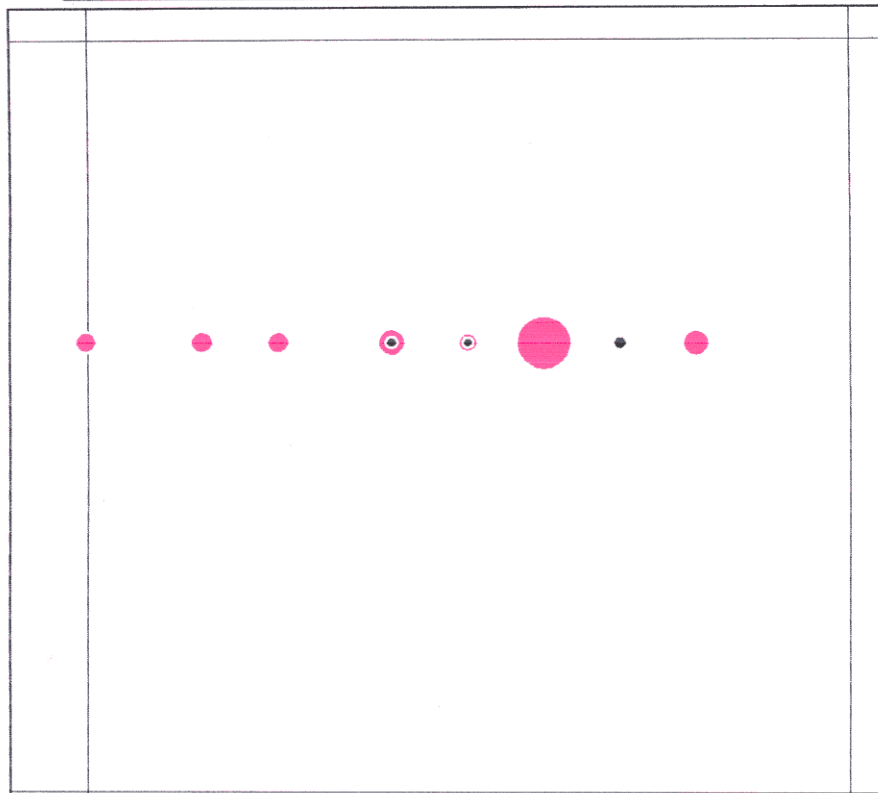
Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 15.02.1995 GTK

100 m

6935000



6934900

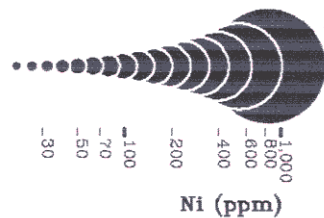
3535700

3535800

LEPPÄVIRTA  
Oikearanta  
3241 11

Ni

Pistelukumäärä: 10



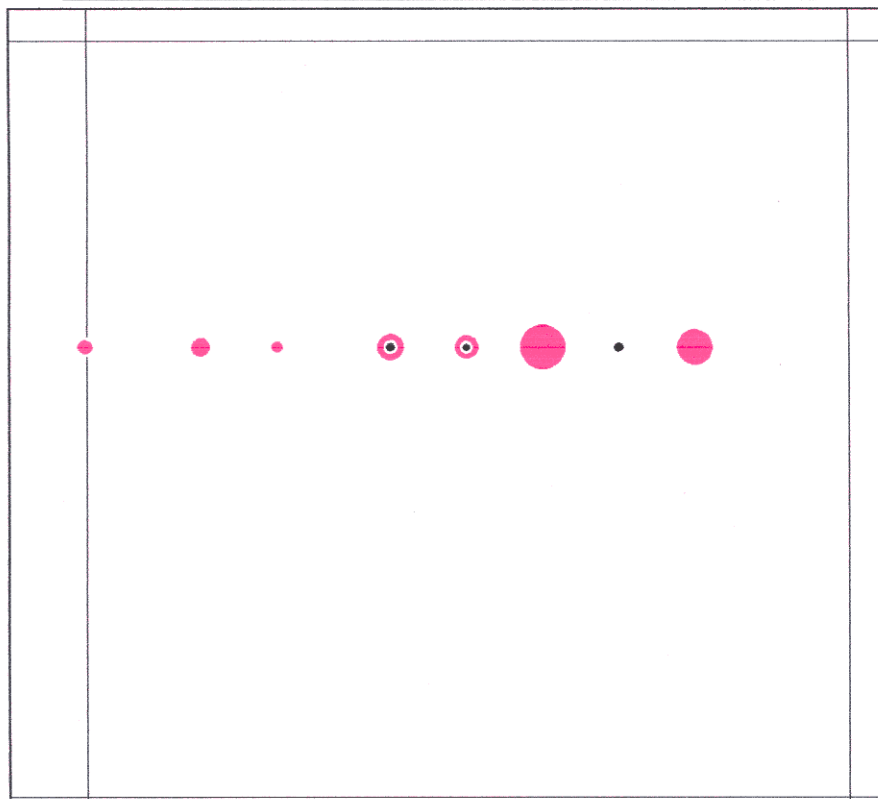
Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 14.02.1995 GTK

6935000

100 m



6934900

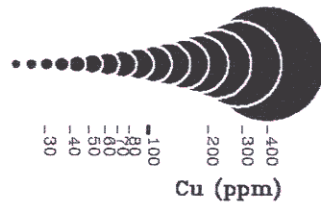
3535700

3535800

LEPPÄVIRTA  
Oikearanta  
3241 11

Cu

Pistelukumäärä: 10



Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 14.02.1995 GTK

100 m

6935000



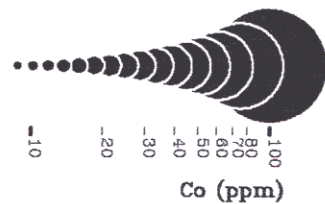
3535700

3535800

LEPPÄVIRTA  
Oikearanta  
3241 11

Co

Pistelukumäärä: 10



Aines

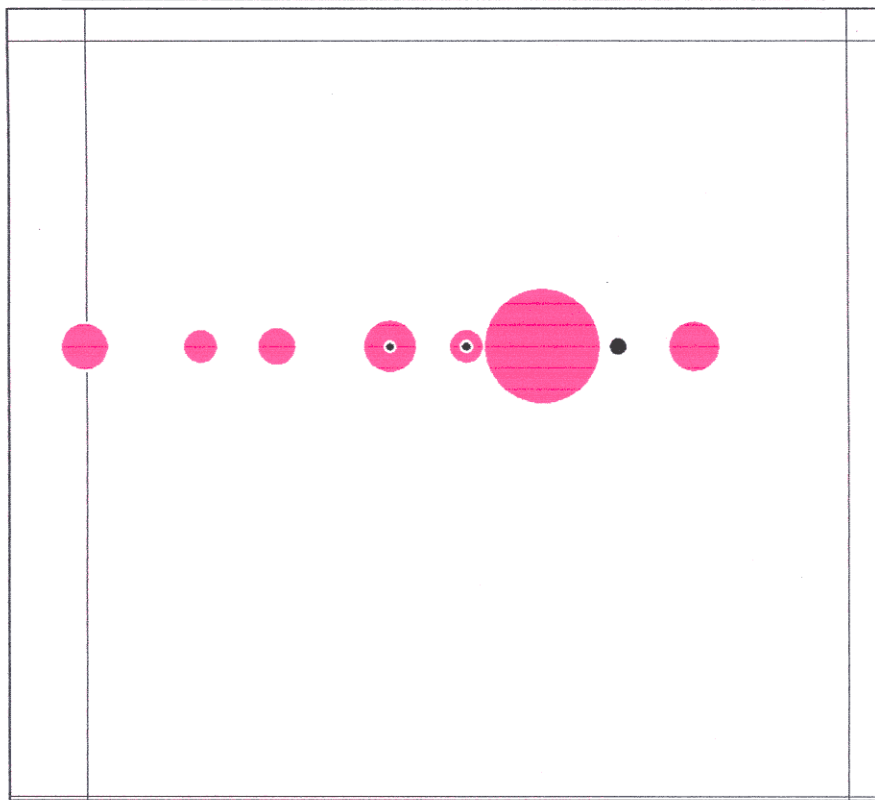
- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

6934900

Piirretty: 14.02.1995 GTK

100 m

6935000



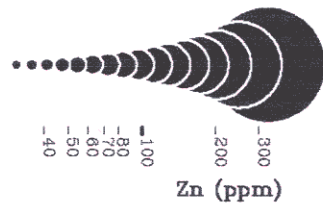
3535700

3535800

LEPPÄVIRTA  
Oikearanta  
3241 11

Zn

Pistelukumäärä: 10



Aines

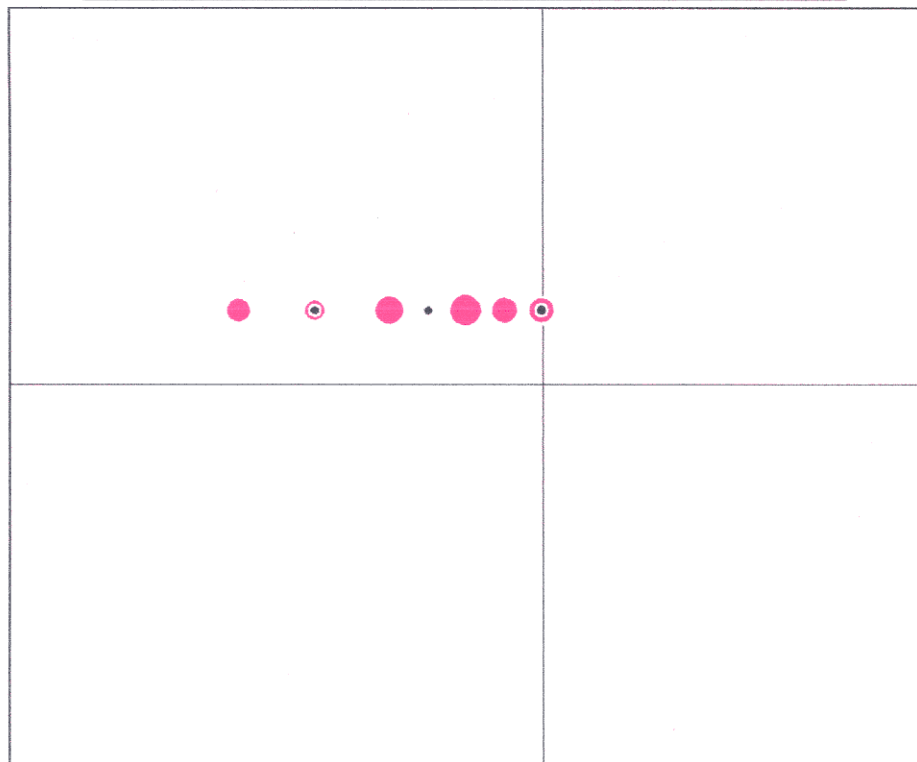
- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

6934900

Piirretty: 14.02.1995 GTK

100 m

6944900

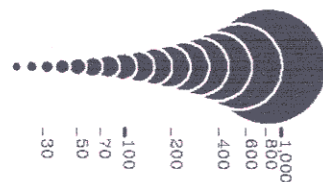


3538400

LEPPÄVIRTA  
Kynsiniemi  
3241 12

Ni

Pistelukumäärä: 9



Ni (ppm)

Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 16.02.1995 GTK

100 m

6944900

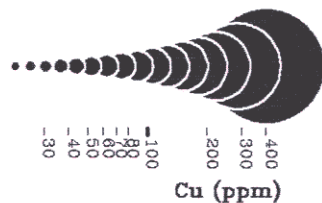


3538400

LEPPÄVIRTA  
Kynsiniemi  
3241 12

Cu

Pistelukumäärä: 9



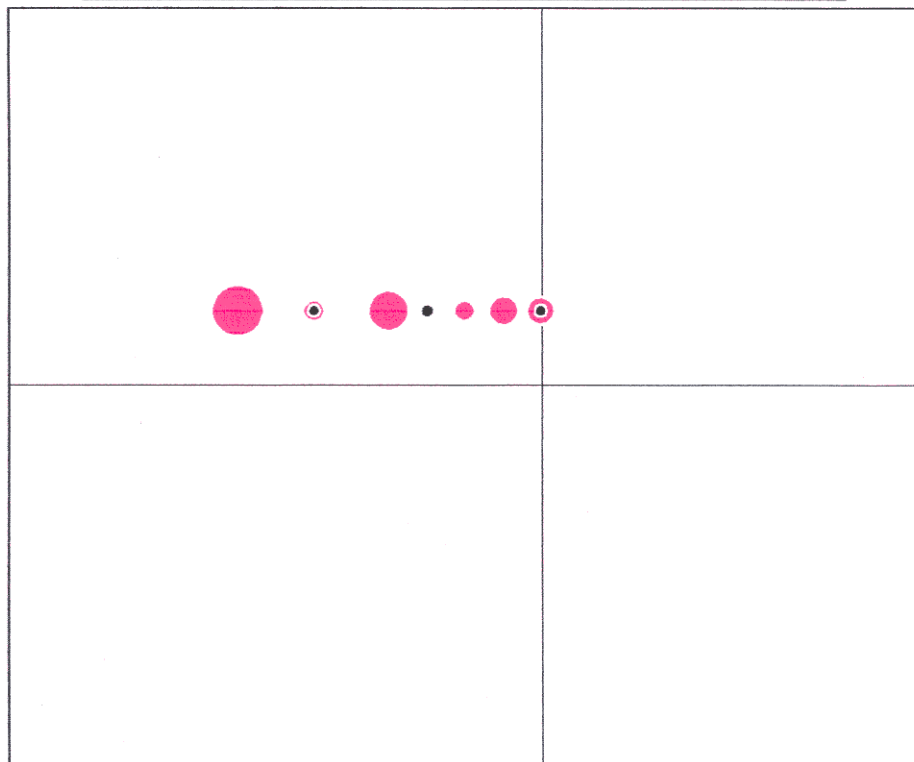
Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 16.02.1995 GTK

100 m

6944900

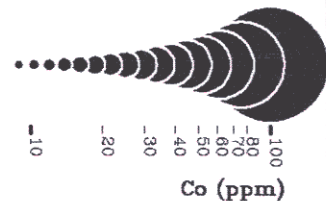


3538400

LEPPÄVIRTA  
Kynsiniemi  
3241 12

Co

Pistelukumäärä: 9



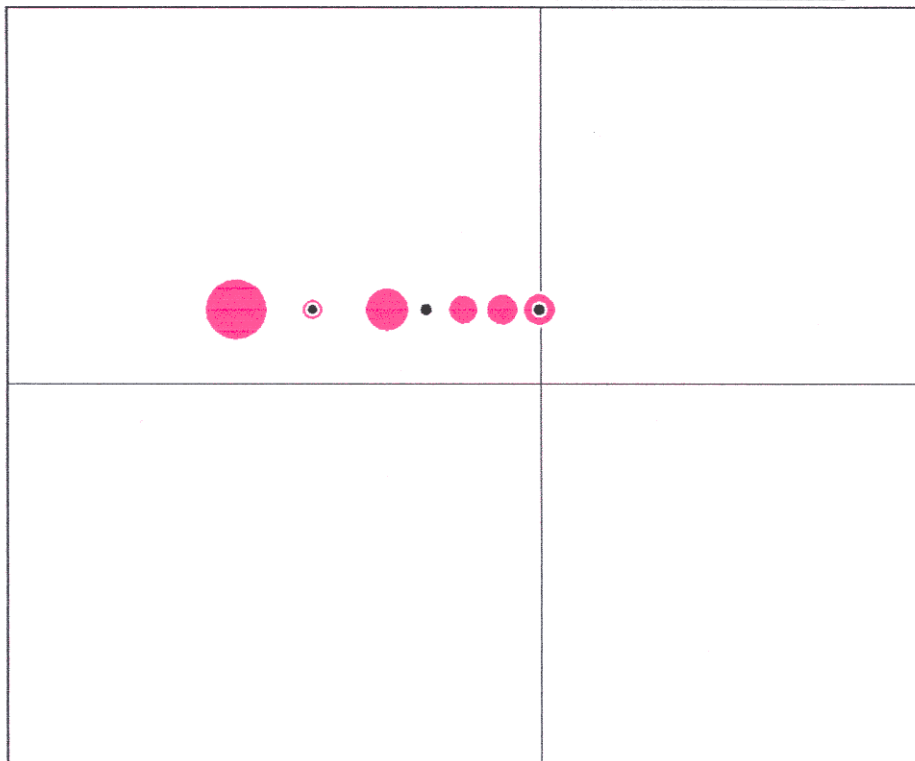
Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 16.02.1995 GTK



100 m



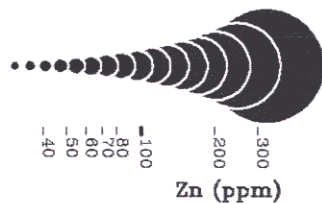
6944900

3538400

LEPPÄVIRTA  
Kynsiniemi  
3241 12

Zn

Pistelukumäärä: 9



Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 16.02.1995 GTK

100 m

6949900

6949800

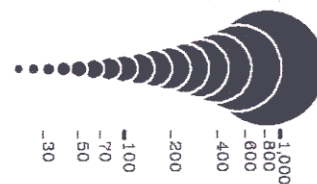
3536600

3536700

LEPPÄVIRTA  
Poikkisuonsaari  
3241 12

Ni

Pistelukumäärä: 29



Ni (ppm)

Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 16.02.1995 GTK

100 m

6949900

6949800

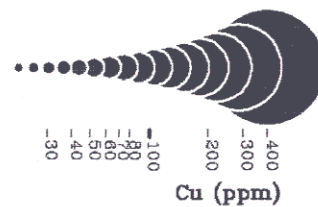
3536600

3536700

LEPPÄVIRTA  
Poikkisuonsaari  
3241 12

Cu

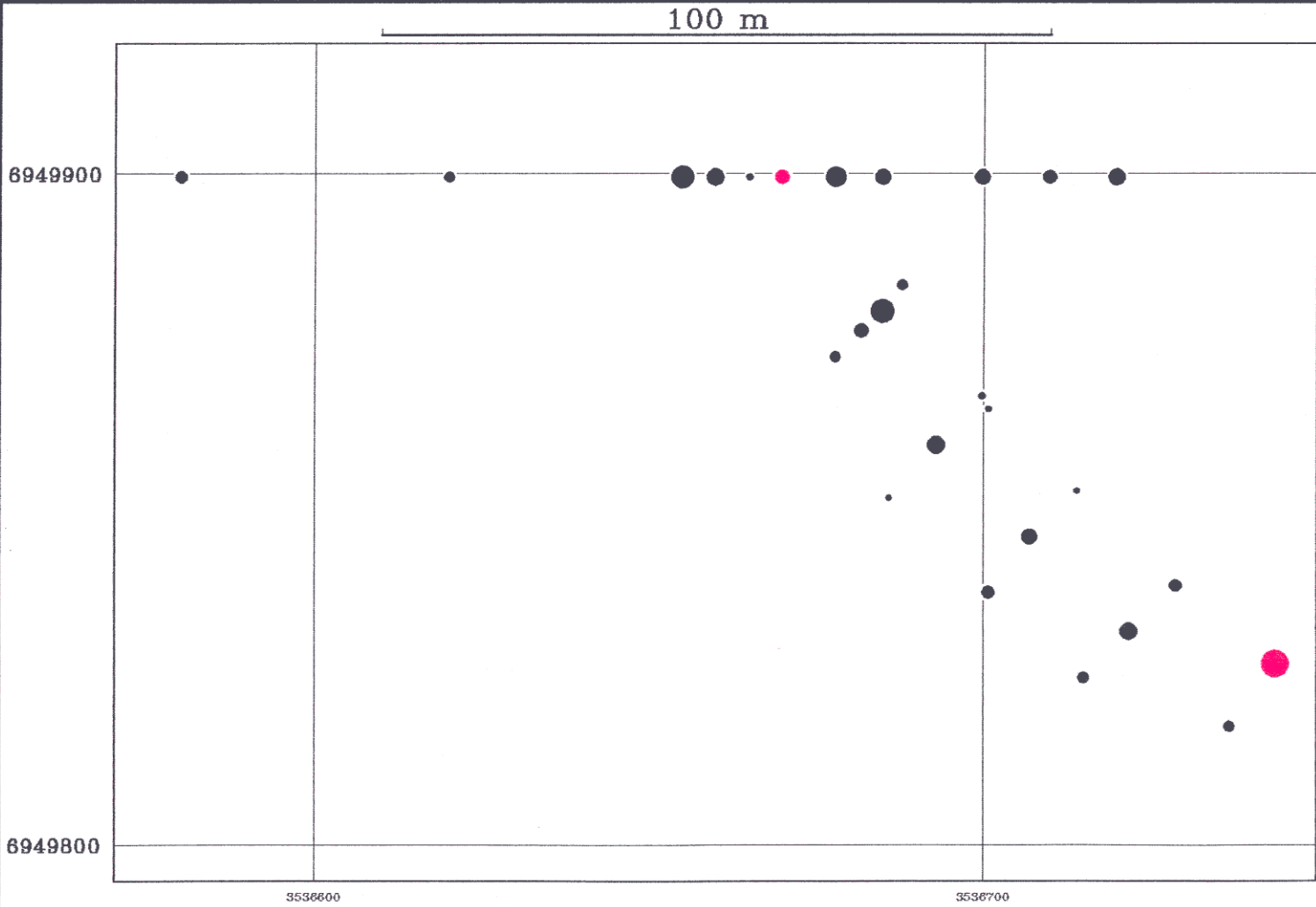
Pistelukumäärä: 29



Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 16.02.1995 GTK



LEPPÄVIRTA  
Poikkisuonsaari  
3241 12

Co

Pistelukumäärä: 29

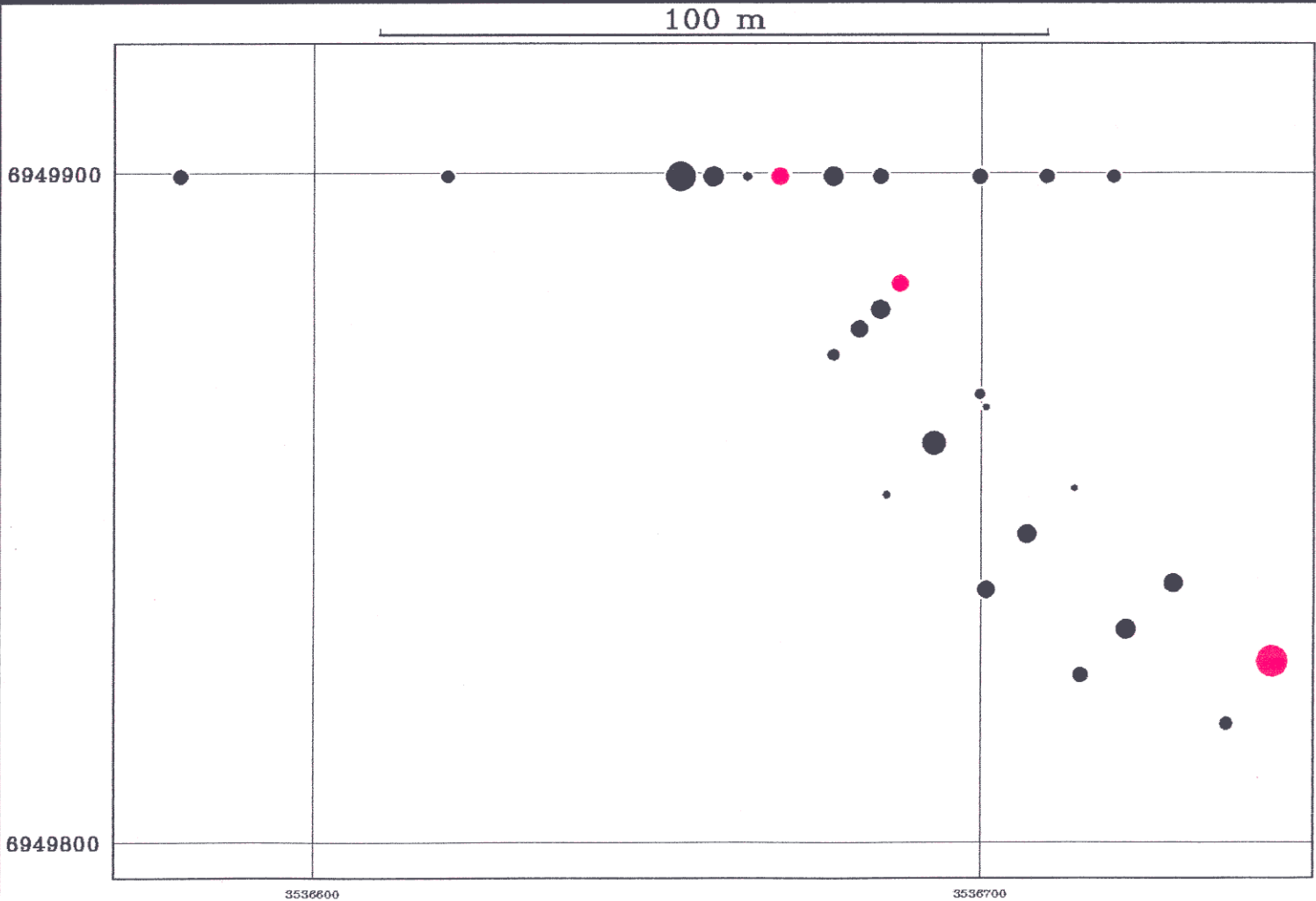


10 20 30 40 50 60 70 80 90 100  
Co (ppm)

Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

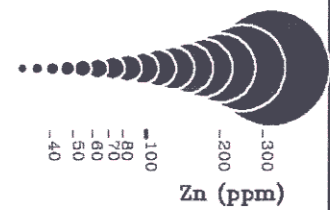
Piirretty: 16.02.1995 GTK



LEPPÄVIRTA  
Poikkisuonsaari  
3241 12

Zn

Pistelukumäärä: 29



Aines

- 1. Moreeni
- 2. Rapakallio

Piirretty: 16.02.1995 GTK