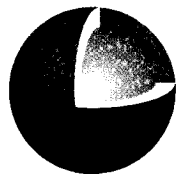


**Erkki J. Luukkonen**

## **Lentiiran kartta-alueen kallioperä**

Summary: Pre-Quaternary rocks of the Lentiira map-sheet area

Geologian tutkimuskeskus  
Espoo 2001



**GTK**

SUOMEN GEOLOGINEN KARTTA - GEOLOGICAL MAP OF FINLAND  
1 : 100 000

Kallioperäkarttojen selitykset, lehti 4414 + 4432  
Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks, sheet 4414 + 4432

Erkki J. Luukkonen

**LENTIIRAN KARTTA-ALUEEN KALLIOPERÄ**

**Summary: Pre-Quaternary rocks of the Lentiira map sheet area**

Geologian tutkimuskeskus - Geological Survey of Finland

Espoo 2001

**Luukkonen, E. J. 2001.** Lentiiran kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Lentiira map-sheet area. *Geological Map of Finland 1: 100 000. Explanation to the Maps of Pre-Quaternary rocks, 4414+4432 Lentiira.* 68 pages, 22 figures and 14 tables.

The Lentiira map-sheet area in Kainuu, eastern Finland forms a tiny part of the polydeformed late Archaean basement in the western part of the Archaean Karelian Province. About 85 % of the bedrock studied consists of various migmatitic granitoids (tonalites-trondhjemites) and granitoids (tonalites-granodiorites-granites). An additional 13 % of the area is occupied by the banded amphibolites, serpentinites, ultramafic-mafic sill, that are older or coeval with the nearby late Archaean Kuhmo greenstone belt, with the remainder of area being composed mainly of Palaeoproterozoic potassium rich granites and diabases. The youngest rocks recognized in the area studied are undeformed ultrapotassic breccia and lamproid dykes, which are interpreted to be Mesoproterozoic (1 300 - 1 000 Ma) in age.

All the late Archaean rocks record a polyphase deformational and metamorphic history. U-Pb isotopic data from zircon, titanite and monazite combined with structural studies indicate first six late Archaean deformational phases. Additional Rb-Sr whole rock and Pb-Pb-, K-Ar mineral studies, as well as structural studies show that the seventh and later deformational phases took place in the Palaeoproterozoic, and the Paleoproterozoic tectonic overprinting in a great deal of the area studied is concentrated in the reactivated late Archaean weakness zones.

Key words (GeoRef Thesaurus, AGI): areal geology, explanatory text, bedrock, plutonic rocks, metamorphic rocks, dikes, geochemistry, absolute age, Proterozoic, Archean, Lentiira, Kuhmo, Finland

*Erkki J. Luukkonen  
Geological Survey of Finland  
Regional Office for Mid-Finland  
P.O. Box 1237  
FIN-70101 Kuopio,  
Finland*

*E-mail: [erkki.luukkonen@gsf.fi](mailto:erkki.luukkonen@gsf.fi)*

ISBN 951-690-808-X

**Luukkonen, E. J. 2001.** Lentiiran kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Lentiira map-sheet area. *Suomen geologinen kartta 1 : 100 000. Kallioperäkarttojen selitykset, 4414 + 4432 Lentiira.* 68 sivua, 22 kuvaa ja 14 taulukkoa.

Lentiiran 1 : 100 000 mittakaavainen kallioperäkartta-alue Kainuussa kuuluu monimutkaisesti muokkautuneen Fennoskandian kilven arkeiseen (yli 2 500 miljoonaa vuotta vanhan) Karjalan provinssin länsiosaan. Tutkitun alueen kivilajeista n. 85 % koostuu erilaisista arkeisista migmatiittisista granitoideista (tonaliiteista-trondhjemiteista) ja syväkivimäisistä granitoideista (tonaliiteista-granodioriiteista-graniiteista). Kuhmon vihreäkivivyöhykettä vanhempia ja/tai samanikäisiä raitaisia amfiboliitteja, serpentiniittejä ja ultraemäksisiä-emäksisiä sillejä on n. 13 % kallioperäkartta-alueen kivilajeista. Kivilajien loppuosa koostuu paleoproterotsooisista (n. 2 500 - 1 960 miljoonaa vuotta vanhoista) kaligraniiteista ja diabaaseista. Lentiiran kallioperäkarttalehtialueen nuorimmat kivilajit, deformatumattomat ultrakalinen breksia ja lamproiitti-juonet, ovat rakenteellisin perustein sekä muualta Itä-Suomesta saadun analogian perusteella iältään mesoproterotsooisia (n. 1 300 - 1 000 miljoonaa vuotta vanhoja).

Alueen kaikki myöhäisarkeiset kivet ovat monimutkaisesti deformatuneita ja metamorfoituneita. Zirkonin, titaniitin ja monatsiitin U-Pb-iat yhdessä rakennehavaintojen kanssa osoittavat kuuden ensimmäisen deformaatiivaiheen olevan iältään myöhäisarkeisia (eli yli 2 500 miljoonaa vuotta vanhoja). Lisäksi Rb-Sr -kokokivi ja Pb-Pb -, K-Ar -mineraali-iat yhdessä rakennetutkimusten kanssa osoittavat seitsemännen ja sitä myöhempien deformaatioiden olevan iältään paleoproterotsooisia (eli n. 2 500 - 1 850 miljoonaa vuotta vanhoja). Lentiiran kallioperäkartta-alueen paleoproterotsooinen tektoninen päällemerkintä keskittyy yleensä vanhoihin myöhäisarkeisiin heikkoussaumoihin.

Asiasanat (Fingeo-sanasto, GTK): aluegeologia, karttaselitykset, kallioperä, syväkivet, metamorfiset kivet, juonet, geokemia, absoluuttinen ikä, proterotsooinen, arkeinen, Lentiira, Kuhmo, Suomi

*Erkki J. Luukkonen  
Geologian tutkimuskeskus  
Väli-Suomen aluetoimisto  
Kallioperä ja raaka-aineet  
PL 1237  
70701 Kuopio*

Sähköposti: [erkki.luukkonen@gsf.fi](mailto:erkki.luukkonen@gsf.fi)

## SISÄLLYSLUETTELO - CONTENTS

Johdanto .....	7
Kallioperän pääpiirteet, paljastumasuhteet ja pinnan muodostus .....	9
Kivilajien luokittelu ja nimet .....	9
Myöhäisarkeiset kivilajit .....	12
Raitainen amfiboliitti .....	12
Raitainen, poimuttunut, migmatiittinen tonaliitti-trondhemiitti .....	12
Tonaliitti-trondhemiitti .....	15
Leukotonaliitti-leukogranodioriitti .....	16
Serpentiniitti .....	17
Uraliittigabro-uraliittiporfyriitti (mafinen juoni) .....	17
Mikrotonaliitti-andesiitti .....	19
Tonaliitti ja granodioriitti .....	20
Graniitti .....	23
Pegmatiittigraniitti .....	23
Paleoproterotsooiset kivilajit .....	24
Postorogeeninen kaligraniitti ja sen graniittiporfyryrijuonet .....	24
Metadiabaasi ja pyrokseenidiabaasi .....	24
Mesoproterotsooiset kivilajit .....	26
Ultrakalinen breksia ja lamproiittijuonet .....	26
Litogeokemia .....	28
Raitaiset amfiboliitit .....	28
Migmatiittiset tonaliitit ja trondhemiitit .....	30
Leukotonaliitti-leukogranodioriitti .....	30
Serpentiniitti .....	32
Uraliittigabro-uraliittiporfyriitti (mafinen juoni) .....	32
Mikrotonaliitti-andesiitti .....	32
Tonaliitti-granodioriitti .....	32
Diabaasit .....	37
Ultrakalinen breksia .....	37
Radiometriset iänmääritykset .....	39
Naavalan amfiboliitti .....	40
Migmatiittiset tonaliitti-trondhemiitit .....	40
Naavalan vaalea tonaliitti-granodioriitti .....	40
Lentiiran mikrotonaliitti .....	41
Pitkäperänkankaan meta-andesiitti .....	41
Diabaasi .....	43
Rakennegeologia, metamorfoosi, stratigrafia ja geologinen kehityshistoria .....	43
Rakennuskivi- ja malmiaiheita .....	48
Geologisia tutustumiskohteita .....	49
Viitteet - References .....	49
Liite:	
Taulukko 2. Raitaisten amfiboliittien kemiallisia koostumuksia.	
Taulukko 3. Raitaisten, migmatiittisten tonaliitti/trondhemiittien kemiallisia koostumuksia.	
Taulukko 4. Leukokraattisten granitoidien kemiallisia koostumuksia.	

- Taulukko 5. Serpentiinien kemiallisia koostumuksia.  
 Taulukko 6. Uraliittigabro-uraliittiporfyriittien kemiallisia koostumuksia.  
 Taulukko 7. Mikrotonaliittien - andesiittien kemiallisia koostumuksia.  
 Taulukko 8. D3-granitoidien kemiallisia koostumuksia.  
 Taulukko 9. Ultrakalisen kiven kemiallisia koostumuksia.  
 Taulukko 10. Naavalan raitaisen amfiboliitin yhden zirkonin U-Pb-tulokset ja radiometriset iät.  
 Taulukko 11. Naavalan tonaliitin zirkonien, yhden titaniitin ja yhden monatsiitin analyyttiset U-Pb-tulokset ja radiometriset iät.  
 Taulukko 12. Lentiiran mikrotonaliitin zirkonien ja yhden titaniitin analyyttiset U-Pb-tulokset ja radiometriset iät.  
 Taulukko 13. Pitkäperänkankaan meta-andesiitin zirkonien analyyttiset U-Pb-tulokset ja radiometriset iät.  
 Taulukko 14. Karttalehden 4414+4432 alueelta tehdyt Sm-Nd-analyysit.

*Appendix:*

- Table 2. Chemical compositions of banded amphibolites.*  
*Table 3. Chemical composition of banded, migmatitic tonalites/trondhjemites.*  
*Table 4. Chemical compositions of leucocratic granitoids.*  
*Table 5. Chemical compositions of serpentinites.*  
*Table 6. Chemical compositions of uralitegabbros-uraltiteporphyrites.*  
*Table 7. Chemical compositions of mikrotonalite - andesites.*  
*Table 8. Chemical compositions of D3 granitoids.*  
*Table 9. Chemical composition of ultrapotassic rock.*  
*Table 10. Analytical data and radiometric ages for one zircon fraction from the Naavala banded amphibolite.*  
*Table 11. Analytical data and radiometric ages for zircons, one titanite and one monatzite from the Naavala tonalite.*  
*Table 12. Analytical data and radiometric ages for zircons and one titanite from the Lentiira microtonalite.*  
*Table 13. Analytical data and radiometric ages for zircons from the Pitkäperänkangas meta-andesite.*  
*Table 14. Analytical Sm-Nd data from the map sheet area 4414+4432.*

## JOHDANTO

Lentiiran (4414 + 4432) 1 : 100 000 mittakaavainen kallioperäkartta-alue sijaitsee Itä-Kainuussa ja käsittää alueita Hyrynsalmen kunnasta ja Kuhmon kaupungista. Kallioperäkartta-alue sisältyy osana 1: 400 000 mittakaavaiseen Nurmeksen vuorilajikartan alueeseen (lehti D4), jonka maastotyöt on tehty jo vuosina 1900-1909. Kartan selitys on painettu 1921 ja kartta 1924. Molemmat on laatinut W. W. Wilkman. Nurmeksen vuorilajikartan ilmestymisen jälkeen Lentiiran kallioperäkartta-alue jäi syrjäisen sijaintinsa vuoksi lähes 50 vuodeksi geologisen kiinnostuksen ulkopuolelle.

1980-1990 -lukuilla Kajaani Oy Malminetsintä ja Geologian tutkimuskeskuksen malmiosasto tekivät karttalehden 4414 alueella malminetsintään liittyviä kohteellisia maastotutkimuksia. Molempien organisaatioiden tutkimusmateriaali on ollut käytettävissäni tätä karttalehtityötä varten. Varsinaisen kallioperäkarttalehtityön päätyttyä useat timantinetsintäorganisaatiot ovat tehneet Itä-Kainuussa kohteellisia tutkimuksiaan. Lentiiran ympäristöstä tällöin paikannettuja lamproiittijuonia ei siis ole Lentiiran kallioperäkartalla, mutta nyt tiedossani oleviin lamproiittijuoniin on viitattu selitystekstin ao. kohdassa.

Maastotyöt 1 : 100 000 mittakaavaista Lentiiran kallioperäkarttaa varten on tehty kenttätöyökausina 1986-1990. Työhön osallistuneet on esitetty taulukossa I. ja heidän kartoittamansa alueet näkyvät kuvassa I. Lisäksi tutkimusmateriaalin kokoamisessa ja käsittelyssä on avustanut tutkimusassistentti Antti Mäkelä. Kemialliset analyysit on tehty Geologian tutkimuskeskuksen kemian laboratoriossa, Rautaruukki Oy:n Raahen rautatehtaan kemian laboratoriossa ja kanadalaisessa XRALL -laboratoriossa. Iänmääritykset on tehty Geologian tutkimuskeskuksen isotooppigeologian laboratoriossa.

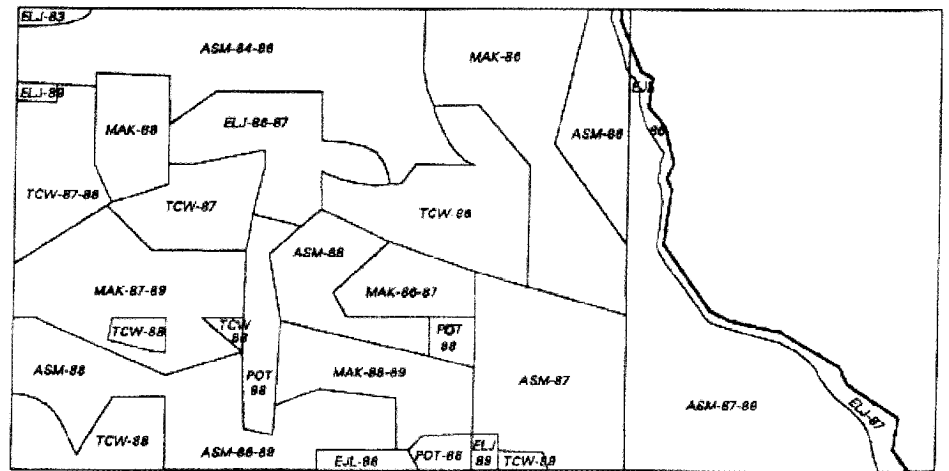
Alueen kallioperäkartoitustyössä ovat olleet suurena apuna Geologian tutkimuskeskuksen geofysiikan osaston laatimat aeromagneettiset ja aerosähköiset korkea- ja matalalentokartat. Lisäksi ruutujen 03, 06 ja 08 alueella muutamia kivilajikontakteja tarkistettiin karttalehtityön yhteydessä magneettisin ja gravimetrisin maanpintamittauksin.

Lentiiran (4414 + 4432) kallioperäkartan on digitoinut Anni Vuori. Käsikirjoituksen on tarkistanut Tapio Koistinen. Suomen kielen tarkistuksen on tehnyt Marja Muittari-Kokkonen ja englannin kielen tarkistuksen Christopher Cunliffe.

Esitän kaikille tässä mainituille ja muille työhön osallistuneille parhaimmat kiitokseni.

Taulukko 1. Maastotutkimuksiin osallistuneet henkilöt.  
Table 1. Persons, who have participated in field work.

Kilpelä Markku	1986-1989
Luukkonen Erkki	1986-1990
Mäkelä Antti	1986-1990
Toikkanen Päivi	1988
Welin Tua	1986-1989



Kuva 1. Eri henkilöiden kartoittamat alueet.

Fig. 1. The areas mapped by different persons.

MAK= Markku Kilpelä, E.J.L= Erkki Luukkonen, ASM= Antti Mäkelä, POT= Päivi Toikkanen, TCW= Tua Welin.



## **KALLIOPERÄN PÄÄPIIRTEET, PALJASTUMASUHTEET JA PINNAN MUODOSTUS**

Valtaosa (n. 97 %) Lentiiran karttalehden alueesta koostuu arkeoisista (yli 2 500 miljoonaa vuotta vanhoista) amfiboliiteista, serpentiniiteistä, uraliittiporfyyriiteistä, kiillegneisseistä, migmatiiteista ja granitoideista. Näitä kiviä leikkaavat terävin kontaktein usein lähes deformatumattomat paleoproterotsooiset graniittiporfyyrijuonet ja diabaasit (n. 3 % alueen kivistä). Kartta-alueen muista kivilajeista poikkeava ultrakalinen breksia sisältää tämän alueen kivilajeja murskaleina, joten sitä on maastohavaintojen perusteella pidettävä alueen nuorimpana kivilajina. Mahdollisesti se on samanikäinen timanttien etsinnän yhteydessä paikannettujen Lentiiran alueen lamproiittijuonien kanssa.

Myöhäisarkeoiset kivilajit ovat deformatuneet myöhäisarkeoisessa deformaatiossa, ja ne ovat paikoin aktivoituneet uudelleen varhaisproterotsooisena aikana. Paleoproterotsooiset kivilajit ovat vain paikoin deformatuneet heikosti proterotsooisena aikana. Ultrakalinen breksia ja lamproiittijuonet eivät ole lainkaan tai ovat hyvin heikosti deformatuneita.

Kalliopaljastumia on karttalehden alueella riittävästi normaalin 1 : 100 000 mittakaavaisen kallioperäkartan tekoa varten (3 871 paljastumahavaintoa), joskin paljastumien tiheys vaihtelee paljon. Paljastumattomat alueet ovat tavallisesti useita metrejä paksun moreenin tai harjun peittämiä. Tutkimusalueen läpi kulkee lukuisia länsi-itä- ja luode-kaakkosuuntaisia siirrostojen ja ruhjeiden kontrolloimia harjujaksoja. Nämä yhdessä pitkien ja kapeiden vesistölinjojen kanssa ilmentävät myös kallioperän suuria heikkousvyöhykkeitä.

Lentiiran karttalehtialue on kokonaisuudessaan melko tasaista, kumpuilevaa itäkainuulaista vaaramaisemaa. Korkeus merenpinnasta on 167-267 m, mutta paikalliset korkeuserot ovat enintään muutamia kymmeniä metrejä.

## **KIVILAJIEN LUOKITTELU JA NIMET**

Kivilajit on kuvattu ikäjärjestyksessä vanhimmasta nuorimpaan, ja niiden nimistö vastaa kallioperäkarttalehden merkkien selityksen nimistöä. Syvä- ja vulkaaniset kivet on luokiteltu Irvine and Baragarin (1971), Jensenin (1976), Le Maitren (1976) ja O'Connorin (1965) jaotuksen perusteella, seoskiviin (= migmatiitteihin) on sovellettu Mehnertin (1971) jaotusta ja kataklastisiin kiviin Higginsin (1971) jaotusta. Vaikka karttalehtialueen kivilajit ovat kiteytymisensä jälkeen metamorfoituneet, on tekstin luettavuuden takia meta -etuliite useimpien jätetty pois.





## MYÖHÄISARKEESET KIVILAJIT

### Raitainen amfiboliitti

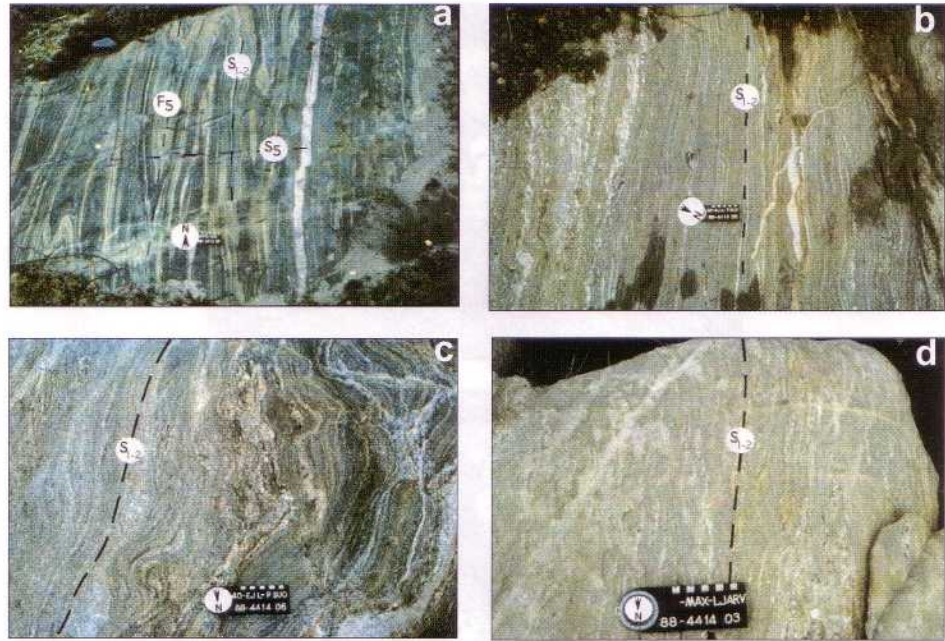
Lentiiran kallioperäkartta-alueen luoteisosassa on raitaisia, usein vahvasti muuttuneita amfiboliitteja yhtenäisenä muutaman neliökilometrin alueena. Alue edustaa Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen itäreunaa. Tämän lisäksi mainittua kivilajia esiintyy harvakseltaan suppea-alaisina vihreäkivivyöhykkeiden jäänteinä (= minivihreäkivivyöhykkeinä) koko karttalehtialueella sekä sulkeumina migmatiittisissa tonaliiteissa ja trondhjemiiteissa.

Toistaiseksi amfiboliiteista ei ole tavattu primaarisia rakenteita, mutta ne lienevät alkuaan ikivanhoja, voimakkaissa maankuoren liikunnoissa kärsineitä emäksisiä tyynylaavoja, uraliittiporfyyriitteja, emäksisiä juonia tai emäksisiä tuffi/tuffiitteja (kuva 3). Nykyisessä eroosiotasossa amfiboliiteissa esiintyvä raitaisuus on tulkittu tiiviin isokliinisen ja juurettoman intrafoliaal F2 -poimutuksen ja siihen liittyvän metamorfoosin aiheuttamaksi sekundaarisiksi rakennepiirteeksi. Mikrorakenteena raitaisuus ilmenee päämineraalien amfibolien, kloriitin ( $\pm$  biotiitin), albiitin/oligoklaasin, epidootin ja kvartsin määrasuhteen vaihteluna vierekkäisten raitojen välillä (kuva 3a). Aksessoreina ovat tremoliitti-aktinoliitti, biotiitti, granaatti ja leukokseeni. Granaatin määrä varsinkin kallioperäkarttalehden eteläisessä keskiosassa Isosuon alueen kalliopaljastumissa on huomattavan suuri, ja paikoin granaattia on jopa päämineraalina yhdessä sarvivälkkeen kanssa. Karttalehden itäosan amfiboliiteissa esiintyy aksessoreina mineraaleina granaatin ohella usein myös klino- ja ortopyrokseenia. Minivihreäkivivyöhykkeiden tektonisissa hiertosaumoissa (D3conj. ja D4) ja niiden välittömässä läheisyydessä ovat amfiboliitit vahvasti kloriittiutuneet, albiittiutuneet, karbonaattiutuneet ja biotiittiutuneet primaarin koostumusvaihtelun rinnalla (kuva 3b, 3c). Tällöin kivessä on myös usein vähän rikkikiisua, lyijyhohdetta, kupariikiisua, sinkkivälkettä ja scheeliittiä. Tällaisia hiertosaumoja tavataan Julmavaaran (4414 03B), Lapinjärven (4414 03 B) ja Pitkäsuon (4414 06A) amfiboliiteista. Paikoin raitaisiin amfiboliitteihin liittyy mahdollisesti sedimenttistä alkuperää olevia kiilleliuskeita ja kiillelegneissejä (esim. Pitkäsuolla 4414 06A). Lisäksi raitaisten amfiboliittien yhteydessä on myös välikerroksina muuttuneita andesiittisiä vulkaniitteja ja mikrotonaliittijuonia, kuten Pitkäperänkankaalla (4414 05A). Kallioperän heikon paljastuneisuuden ja kivilajien läpikotaisen deformaation vuoksi näiden runsasbiotitiittisten tyyppien varma jako omiin ryhmiin on usein lähes mahdoton tehtävä.

Kallioperäkarttaan raitaiset amfiboliitit on merkitty vihreällä värillä tai lieskakuvioinnilla (= migmatiittien sulkeumat).

### Raitainen, poimuttunut, migmatiittinen tonaliitti-trondhjemiitti

Lähes puolet Lentiiran kallioperäkartta-alueen granitoideista on rakenteeltaan raitaisia, poimuttuneita, migmatiittisia tonaliitti-trondhjemiitteja (kuva 4). Rakennegeologisten tutkimusten perusteella kiven raitaisuus on kehittynyt



Kuva 3. Raitainen tholeiittinen amfiboliitti.

- Raitainen amfiboliitti, jossa näkyvät kompositioliuskeisuus S1-2, chevron-tyypin F3-poimutus ja S5 -rakoliuskeisuus. Julmavaara, 4414 03B, x = 7155.100, y = 4462.500.
- Voimakkaasti biotiittiutunut raitainen amfiboliitti, jossa näkyy kompositioliuskeisuus S1-2. Pitkäsuo, 4414 06A, x = 7150.400, y = 4472.800.
- Lähes täysin muuttunut ja boudinoitunut raitainen amfiboliitti, jossa näkyy kompositioliuskeisuus S1-2. Pitkäsuo, 4414 06A, x = 7150.400, y = 4472.760.
- Lähes täysin muuttunut raitainen amfiboliitti. Kuva on läheltä raitaisen amfiboliitin ja D3-granitoidin kontaktia. Lapinkankaat, 4414 03C, x = 7151.260, y = 4468.280.

Fig. 3. Banded tholeiitic amphibolite. Length of scale: 15 cm.

- Banded amphibolite showing a composite foliation S1-2, chevron F3 folds and S5 fracture cleavage.
- Highly altered banded amphibolite showing a composite foliation S1-2.
- Highly altered and boudinaged banded amphibolite showing foliation S1-2.
- Almost thoroughly altered banded amphibolite. Figure location is close to the contact between banded amphibolite and D3 granitoid.

arkeeseen D1:n ja D2:n aikana kompositiorakenteena tiiviin isokliinisen ja intrafolial-tyyppisen F2-poimutuksen, sekä siihen liittyvän metamorfisen segregoitumisen tuloksena. Prosessi on paikoin tapahtunut korkeammassa paineessa ja lämpötilassa kuin nykyiset migmatiittien paleosomien mineraaliseurueet osoittavat (vrt. Luukkonen 1985, 1992).

Migmatiittisten tonaliitti-trondhemiittien raitaiset amfiboliittiksenoliitit ja muuttuneet amfiboliittiksenoliitit ovat koostumukseltaan tholeiittibasalteja, joten tonaliitti/trondhemiitit ovat mahdollisesti syntyneet osittain sulamisen kautta varhaisista tholeiittibasalteista. Kuhmon Kivivaaran alueen amfiboliitti- ja trondhemiittinäytteistä Rennesin yliopiston tutkijat ovat tehneet mittavan litogeokemiallisen työn (vrt. myös sivu 30). Heidän matemaattisten mallilaskujensa perusteella tämän tyyppin kivet ovat syntyneet korkeassa paineessa ja lämpötilassa



Kuva 4. Raitainen, poimuttunut tonaliitti-trondhjemitti.

a) Raitainen, poimuttunut tonaliitti-trondhjemitti, jossa näkyy kompositioliuskeisuus S1-2 sekä leikkaava D6-granodioriittijuoni (x). Lylyvaara, 4414 09A, x = 7151.380, y = 4481.820.

b) Raitainen poimuttunut tonaliitti-trondhjemitti, jossa näkyy kompositioliuskeisuus S1-2 sekä varhainen D3-vaiheen mikrotonaliittijuoni (y). Honkavaara, 4414 04A, x = 7131.240, y = 4473.200.

c) Raitaisen poimuttuneen tonaliitti-trondhjemitiin ja D3-granitoidin kontakti. Joutensuo, 4414 11A, x = 7140.020, y = 4491.200.

Fig. 4. Banded, folded tonalite/trondhjemite.

a) Banded, folded tonalite/trondhjemite showing composite foliation S1-2, as well as an early D6 granodiorite dyke (x).

b) Banded, folded tonalite/trondhjemite showing composite foliation S1-2, as well as early D3 microtonalite dyke (y).

c) Contact zone between banded, folded tonalite/ trondhjemite and D3 granitoid.

(granuliitti-eklogiittifasieksen oloissa), jolloin tholeiittiset basaltit ovat osittain sulaneet ja granaatti, klinopyrokseeni ja sarvivälke ovat jääneet jäännössulaan (Martin et al., 1983, 1984; Martin 1987). Kyseiset olot on mahdollisesti saavutettu myöhäisarkeisen kuoren alaosassa D2:n aikana (n. 2 850 - 2 830 miljoonaa vuotta sitten), kun arkeinen maankuori voimakkaassa puristuksessa painui kasaan, poimuttui ja sai lisää paksuutta.

Migmatiittisen tonaliitti-trondhjemiiin mikrorakenne on allotriomorfisgranulaarinen ja lähes poikkeuksetta jonkin verran kataklastinen. Päämineraaleina ovat plagioklaasi (An<sub>23-31</sub>; usein voimakkaasti saussuriittiutunut), kvartsi ja biotiitti. Kalimaasälpää on jopa päämineraalina voimakkaasti muuttuneiden tektonisten saumojen läheisyydessä sekä D3 -granodioriittien ja -graniittien kontaktin lähellä. Aksessoreina mineraaleina ovat epidootti ( $\pm$  allaniitti), serisiitti, titaniitti, kloriitti, opaakki, zirkoni, apatiitti ja karbonaatti.

Migmatiittisiin tonaliitti-trondhjemiiiteihin on tunkeutunut graniittista neosomimateriaalia useassa myöhäisarkeisessa deformaatiovaiheessa. Vanhin neosomi (F2) on leukotonaliittia, seuraava (F4) aplograniittia ja nuorimpana neosomina (F5, F6) esiintyy granodioriittia ja pegmatiittia (kuva 4a, vrt. myös Luukkonen 1985).

Monin paikoin Vuosanganjärven itäpuolella ja Kuusamonkylän ympäristössä migmatiittiset tonaliitti-trondhjemiiitit vaihtuvat vähitellen schlieren- ja nebuliittisrakenteisten migmatiittien kautta suuntautuneiksi tonaliitti-trondhjemiiiteiksi (kuva 4c) tai leukotonaliitti-leukogranodioriitti-leukograniitiksi.

Kallioperäkartalla migmatiittinen tonaliitti-trondhjemiiitti on esitetty vaaleanruskealla värillä, ja siinä aaltokuvioomainen päällemerkintä ilmentää migmatiittin raitaista tai poimuttunutta rakennetta. Kivessä tavatut amfiboliittisulkeumat on kuvattu vihreällä liekkikuviolla.

### **Tonaliitti-trondhjemiiitti**

Suuntautunutta, usein viiruista ja poimuttunutta tonaliitti-trondhjemiiittia tavataan migmatiittisten tonaliitti-trondhjemiiittien joukosta koko Lentiiran kallioperäkarttalehden alueella. Paljastumahavaintojen perusteella tonaliitti-trondhjemiiitti vaihtuu reunaosistaan vähitellen migmatiittiseksi tyyppiksi. Selvää leikkaussuhdetta sitä nuorempien, D3 -ikäisten tonaliitti-granodioriittien (vrt. sivu 16) välillä ei sopivien paljastumien puuttuessa ole pystytty määrittämään.

Geologisten piirteittensä ja sijaintinsa perusteella tämä kivilajityyppi voidaan mahdollisesti rinnastaa Puukarin (4322) kallioperäkartalta kuvattuun ja iättyyn nk. Haasiavaara-tyypin granitoideihin (ikä n. 2 832  $\pm$  3 Ma; Hyvärinen 1989).

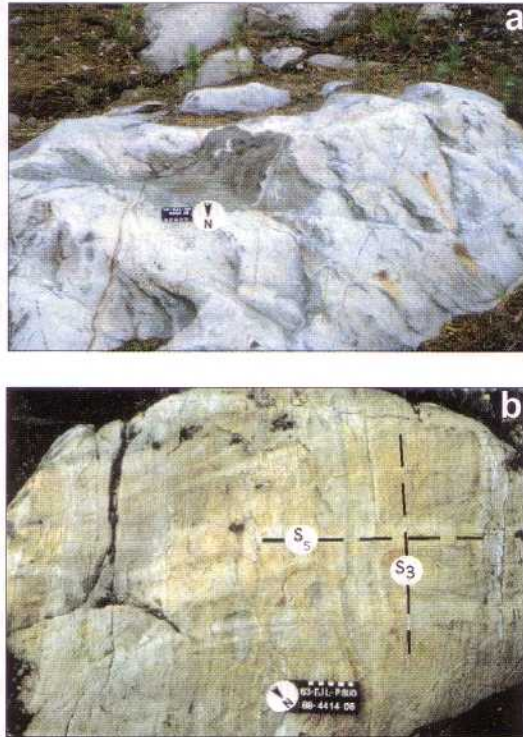
Kiven päämineraalit ovat voimakkaasti saussuriittiutunut plagioklaasi (oligoklaasi), kvartsi ja biotiitti ( $\pm$  sarvivälke). Aksessoreina ovat epidootti, serisiitti, titaniitti, kloriitti, opaakki, zirkoni ja apatiitti.

Kallioperäkartalla tonaliitti-trondhjemiiitti on väritetty vaaleanruskealla värillä ilman päällemerkintöjä. Kivessä tavatut amfiboliittisulkeumat on kuvattu vihreällä liekkikuviolla.

### Leukotonaliitti-leukogranodioriitti

Suuntautunutta, viiruista, poimuttunutta paikoin porfyroblastista leukokraattista tonaliittia - granodioriittia ( $\pm$  graniittia) esiintyy kohtalaisen laajalla alueella karttalehden luoteisosassa Mikitänjärven eteläpuolella (4414 03A), monin paikoin Vuosanganjärven, Iivantiiran ja Lentiiran alueella (4414 02, 4414 05, 4414 08; kuva 5a ja b). Tämän tyyppin kivet vaihettuvat asteittain edellä kuvattuihin raitaisiin ja poimuttuneisiin tonaliitti-trondhjemittiin. Välialueella on usein laajalti nebuliittista migmatiittia, jossa paleosomina on voimakkaasti muuttunutta raitaista amfiboliittia ja raitaista migmatiittista tonaliitti-trondhjemittiä. Vaihettuminen nuoremmaksi porfyyriseksi tai porfyroblastiseksi tonaliitti-granodioriitiksi (= nk. D3-granitoidiksi) on tavallisesti asteittainen.

Kiven päämineraalit ovat oligoklaasi (An 23-27, usein voimakkaasti saussuriittunut), kvartsi ja serisiitti. Paikoin kalimaasälpää on päämineraaliksi asti.



Kuva 5. Suuntautunut leukokraattinen tonaliitti-granodioriitti ( $\pm$  graniitti).

- Amfiboliittisulkeumia sisältävä, suuntautunut leukokraattinen tonaliitti-granodioriitti. Mäntyvaara, 4432 01D, x = 7139.800, y = 4506.700.
- Voimakkaasti kataklastinen leukograattinen tonaliitti-granodioriitti, jossa näkyvät heikko D3:n aiheuttama banding -rakenne ja S5 liuskeisuus. Pitkäsuo, 4414 06A, x = 7150.370, y = 4472.920.

Fig. 5. Foliated leucocratic tonalite - granodiorite ( $\pm$  granite).

a) Leucocratic tonalite-granodiorite containing amphibolite enclaves.

b) Intensely cataclastic leucocratic tonalite-granodiorite showing weak D3 banding and S5 fracture cleavage.



Tällöin kivi on koostumukseltaan jo lähes graniittinen. Aksessoreina ovat epidootti ( $\pm$  allaniitti), serisiitti, biotiitti, titaniitti, zirkoni ja karbonaatti.

Kallioperäkarttaan kivi on merkitty vaaleanruskealla pohjavärillä, jossa on päällemerkintänä lyhytviivainen rasteri.

### **Serpentiniitti**

Serpentiniittejä (kuva 6) esiintyy minivihreäkivivyöhykkeissä raitaisten amfiboliittien sisällä kapeina poimuttuneina, boudinoituneina ja epäjatkovina linsseinä. Eniten serpentiniittilinssejä tavataan Mikitänpään - Änätipään välisellä alueella. Muualla Lentiiran kallioperäkarttalehden alueelta serpentiniittejä on tavattu satunnaisesti kapeina kerroksina raitaisten amfiboliittien yhteydestä. Linssien vahvuus vaihtelee muutamasta metristä muutamaankymmentä metriin sen mukaan, miten paljon ultramafiitin primaarikerrokset ovat kertaantuneet F3-poimutuksen ja ylityöntöjen yhteydessä.

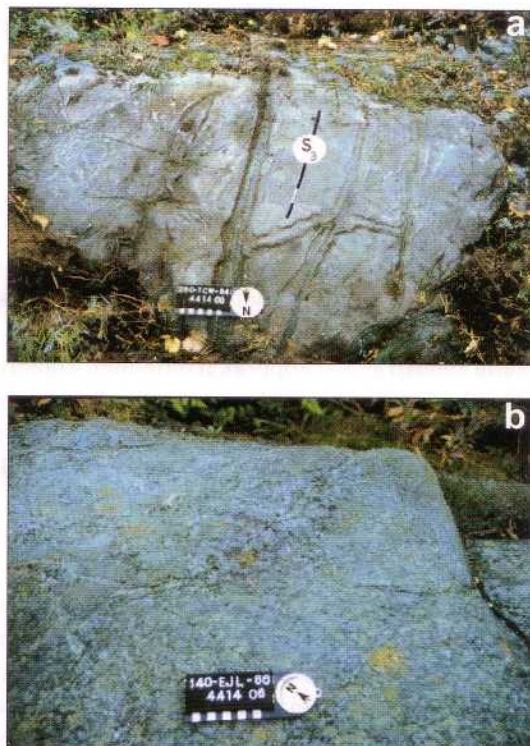
Mineralogialtaan kivi koostuu lähes täysin antigoriitiksi, krysotiiliksi ja lizardiitiksi muuttuneesta oliviinista sekä kloriitista, tremoliitista ja/tai aktinoliitista. Paikoin täysin muuttuneita metamorfisia oliviinipseudomorfooseja (kuva 6b) reunustaa iddingsiittikehä. Aksessorit ovat magnetiitti, kromiitti, magneetti-kiisu ( $\pm$  pentlandiitti) ja talkki. Kohtalaisen magnetiittipitoisuutensa takia serpentiniitit erottuvat selvästi aeromagneettisilla matalentokartoilla vahvoina anomaliajaksoina. Paikoin serpentiniittien muutosprosessit ovat edenneet pidemmälle, aina talkki-karbonaattikiveksi ja vuolukiveksi asti (esim. Naavala, 4414 09D). Silloin kiven magneettisuus vähenee jyrkästi, eikä sitä enää voida erottaa aeromagneettisin perustein esim. raitaisista amfiboliiteista.

Serpentiniittien esiintyminen Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen reunassa ja sen ulkopuolella vanhempien raitaisten amfiboliittien sisällä puoltaa sitä tulkintaa, että serpentiniitit ovat syvälle kuluneita jäänteitä arkeisesta laaja-alaisesta komatiittisesta laavapurkauksesta. Kemiällisen koostumuksen (sivu 32) ja mineralogian perusteella serpentiniitit ovat alkuaan olleet komatiittisia oliviiniorto/mesokumulaatteja, joten sen perusteella ne mahdollisesti edustavat komatiittisen laminaarisen laavavirran/laavajokien pilkkoutuneita ja boudinoituneita jäänteitä (vrt. Hill et al. 1987, Hill 1997, Huppert & Sparks 1985).

Serpentiniitti on merkitty kallioperäkartalle tummanvihreänruskealla värillä, jossa on musta pisterasteri päällemerkintänä.

### **Uraliittigabro-uraliittiporfyriitti (mafinen juoni)**

Eniten uraliittigabro-uraliittiporfyriittia tavataan Lentiiran kallioperäkarttalehden luoteisosassa (4414 03 A, B) poimuttuneina ja boudinoituneina mafisina juonina. Yleensä juonissa on selvä tai heikko suuntaus (kuva 7). Tämä rakennepiirre erottaa ne tavallisesti alueelta tavatuista nuoremmista lähes deformatumattomista paleoproterotsooisista metadiabaasijuonista. Lisäksi nuoremmilla metadiabaaseilla on lähes aina hienorakeinen, afaniittinen juonen reunaosa, jollainen yleensä puuttuu arkeisilta uraliittigabro-uraliittiporfyriiteilta.



Kuva 6. Serpentiini.

a) Breksioitunut, täysin serpentiiniittyynyt komatiittinen oliviiniortokumulaatti. Iso-Nuolilampi, 4414 08B, x = 7147.900, y = 4482.210.

b) Serpentiiniittyynyt komatiittinen oliviiniortokumulaatti, jossa näkyy metamorfisten oliviinien pseudomorfooseja. Niemiaho, 4414 06A, x = 7153.550, y = 4470.480.

Fig. 6. Serpentinite.

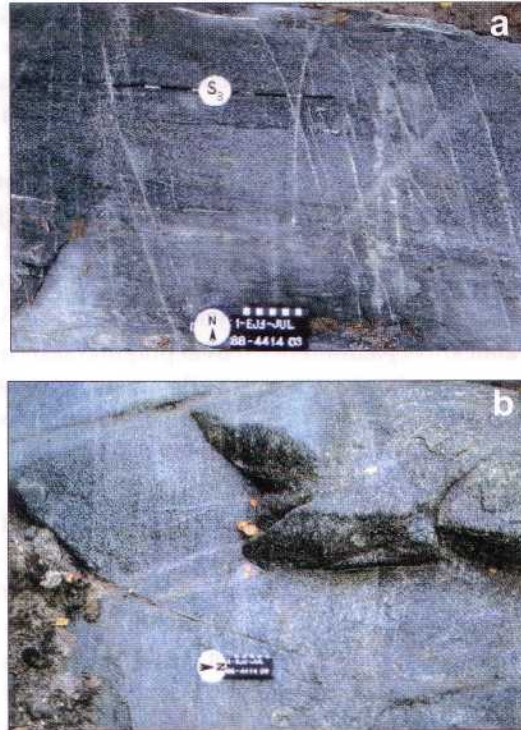
a) Brecciated, thoroughly serpentinised komatiitic olivine orthocumulate.

b) Komatiitic olivine orthocumulate showing metamorphic olivine pseudomorphosis.

Mikitänpään eteläpuoleisella alueella mafinen juoni ei yleensä ole 10 - 40 metriä leveämpi. Etelämpänä karttalehden länsilaidassa Vuosangan järven itäpuolella uraliittigabro-uraliittiporfyyriitti saavuttaa paikoin jo yli 50 metrin paksuuden. Silloin kivilajin rakenne on jo selvemmin blasto-ofiittinen. Uraliittiporfyyriittia tavataan myös paikoin kapeina, muutaman metrin vahvuisina laavakerroksina tai juonina serpentiinittien reunan läheisyydestä kallioperäkarttalehden keskiosassa. Painoteknisistä syistä niitä ei ole voitu erotella kallioperäkarttaan.

Uraliittiporfyyriitti-uraliittigabro on kallioperäkarttalehden alueella täysin uudelleen kiteytynyt ja koostuu tremoliitti-aktinoliitista, kloriitista ja epidootista. Aksessoreina ovat kvartsi, leukokseeni, opaakki (usein magneetti- ja rikkikiisu), zirkoni, karbonaatti ja biotiitti. Paikoin kloriitin ja biotiitin määrä on huomattava.

Yleensä mafisen juonen ja raitaisen amfiboliitin kontaktit ovat peitteiset ja paljastumissakin kontaktit ovat läpeensä muokkautuneet arkeisen F3 -poimutuksen yhteydessä. Kuitenkin kallioperäkarttalehden koillisosassa Julmasuon (4414 03A) alueella muutamissa kalliopaljastumissa on tavattu juonen



Kuva 7. Uraliittigabro-uraliittiporfyriitti

a) Suuntautunut (S3) uraliittigabro-uraliittiporfyriitti. Julmasuo, 4414 03B, x = 7155.650, y = 4461.750.

b) Blasto-ofiittinen, heikosti suuntautunut uraliittigabro. Veneaho, 4414 03B, x = 7156.340, y = 4461.020.

*Fig. 7. Uralitegabbro - uraliteporphyrite*

*a) Foliated (S3) uralitegabbro - uraliteporphyrite.*

*b) Blasto-ophitic, weakly foliated uralitegabbro.*

loivasti leikkaavan (leikkauskulma ainoastaan 10 - 20°) raitaista poimuttunutta amfiboliittia. Tämän ja litogeokemiallisten piirteittensä (sivu 32) perusteella uraliittigabro-uraliittiporfyriitti voidaan rinnastaa Kuhmon vihreäkivivyöhykkeellä Moisiovaaran alueelta tavattuun ja radiometrisesti iättyyn (n. 2 790 miljoonaa vuotta vanhaan) tholeiittibasalttiseen emäksiseen juoni tai kerrosjuonisysteemiin (vrt. Luukkonen 1988).

Uraliittigabro - uraliittiporfyriitti on merkitty karttaan tummanruskealla värillä, jossa on musta pisterasteri päällä.

### Mikrotonaliitti-andesiitti

Lentiiran kallioperäkarttalehden alueella kivilajinimen mikrotonaliitti-andesiitti alle on laitettu koostumukseltaan intermediaariset kivet, joilla on paikoin selvät syväkivimäiset, juonille ominaiset ja/tai puolipinnallisille sekä pinnallisille kiville tyypilliset piirteet (kuva 8). Laajimmillaan tämän tyyppin

kivilajia esiintyy kallioperäkarttalehden länsilaidassa Vuosanganjärven itäpuolella (4414 02A, C) ja kallioperäkarttalehden keskisessä eteläosassa Nivan kylän itäpuolella (4414 04C, 4414 07A). Varsinkin ensin mainitussa paikassa Vuosangan Laskiaisvaarassa (4414 02C) kivistä on tavattu paikoin haamumaista laavakiville ominaista mantelirakennetta. Kallioperäkarttalehden itäosassa kivi esiintyy lähes poikkeuksetta kapeina hienorakeisina, leikkaavina mikrotonaliittijuonina raitaisissa poimuttuneessa tonaliitti-trondhjemiitissa (kuva 4b ja 8a). Sellaisissa paikoissa, joissa mikrotonaliitin kontaktit ovat peitteiset, voimakkaasti deformatuneen mikrotonaliitti-andesiitin voi sekoittaa täysin muuttuneeseen raitaiseen amfiboliittiin ja amfiboliitin yhteydessä tavattuihin kiillegneiseihin.

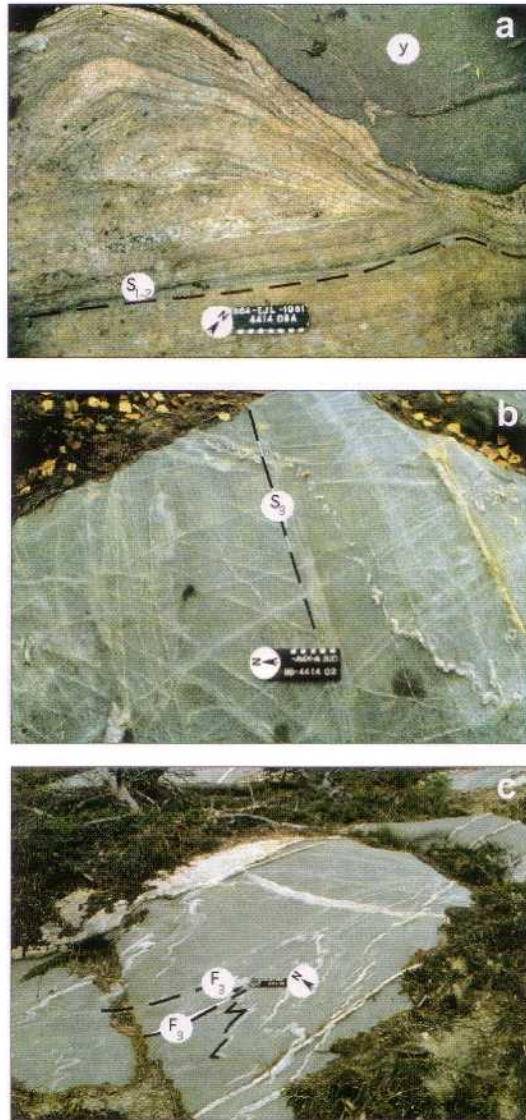
Mikrotonaliitti-andesiitin päämineraalit ovat plagioklaasi (usein täysin muuttunut), kvartsi ja biotiitti. Joskus biotiitin rinnalla tavataan amfibolia ja kloriittia. Aksessoreina on serisiittia, opaakkia, kalimaasälpää, titaniittia, apatiittia ja zirkonia. Mikrorakenne on pieni- tai keskirakeinen allotriomorffisgranulaarinen ja usein jonkin verran kataklastinen.

Esiintymisalueellaan tämän tyyppin kivi aina uudelleen kiteytynyt ja enemmän tai vähemmän deformatunut, joten varmuutta sen alkuperästä on vaikea sanoa. Kuitenkin haamumaiset laavakiville ominaiset mantelirakenteet Vuosangan Laskiaisvaarassa (4414 02C) viittaavat siihen, että ainakin osa mainituista kivistä saattaa edustaa arkeaisen andesiittisen laavapurkauksen jäännettä. Koostumukseltaan vastaavat mikrotonaliittijuonet karttalehtialueen itäosassa saattavat olla tämän laavapurkauksen puolipinnallisia tai syviä vastineita tai mahdollisia tulokanavia. Ruunasuon itäpuolelta (4414 10B) mikrotonaliittijuonesta on tehty myös ikämääritys (ikä n.  $2\,701 \pm 13$  miljoonaa vuotta, vrt. sivu 41). Vastavaan koostumuksisia ja ikäisiä koostumukseltaan andesiittisiä leikkaavia juonia on raportoitu myös Venäjän Karjalan arkeiselta alueelta (Rybakov & Lobach-Zhuchenko 1981).

Mikrotonaliitti-andesiitti on merkitty kivilajikarttaan vaaleanruskealla värillä, jossa on hento pisterasteri päällä.

### **Tonaliitti ja granodioriitti**

Suuntautunutta, paikoin poimuttunutta, usein porfyyristä, porfyroblastista ja porfyroklastista tonaliittia ja granodioriittia (kuva 9) esiintyy erikokoisina deformatuneina intrusioina koko kallioperäkarttalehden alueella. Suurimmat niistä ovat Purnu (02B ja D, 03A ja C), Iso-Palonen (4432 01) ja Kylmänsärkät (4432 04). Granodioriitti voi vaihettua vähitellen graniitiksi tai tonaliitiksi yksittäisen intrusioon sisällä. Kontaktit vanhemman migmatiittisen tonaliitti-trondhjemiitin kanssa ovat joko selvästi leikkaavat tai suurempien intrusoiden reunoilla vaihettuminen vanhempaan migmatiittiin käy vähitellen schollen-nebuliittisen migmatiitin kautta (kuva 9a). Selvissä tapauksissa nuoremman tonaliitin erottaa vanhemmasta migmatiitteihin liittyvästä (sivu 15) tonaliitista heikomman deformatumisen ja leikkaussuhteiden perusteella. Granodioriitti-tonaliitissa tavataan usein vanhempaa raitaista tonaliitti-trondhjemiittia ja amfiboliittia sulkeumina. Sulkeumien määrä kasvaa yleensä intrusioon reunan



Kuva 8. Mikrotonaliitti-andesiitti.

a) Raitainen tonaliitti/trondhjemitti, jota mikrotonaliittijuoni (y) leikkaa. Lylyvaara 4414 09A,

x = 7151.120, y = 4481.600.

b) Raitainen (D3) mikrotonaliitti. Pikäperänkangas, 4414 02C, x = 7143.060, y = 4465.400.

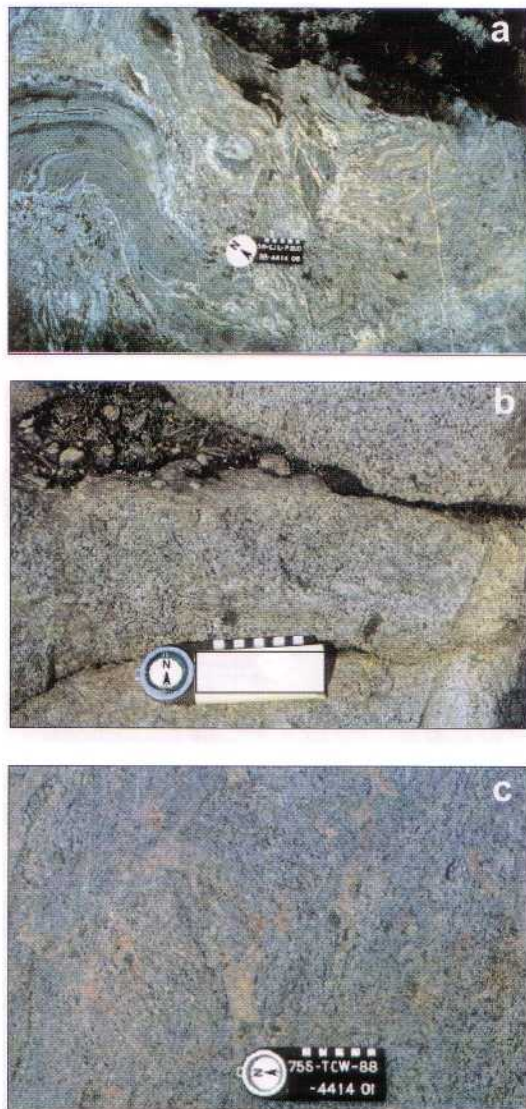
c) Poimuttunut (F3) mikrotonaliittijuoni. Ruunasuo, 4414 10B, x = 7139.040, y = 4492.940.

Fig. 8. Microtonalite-andesite.

a) Banded tonalite/trondhjemite and microtonalite. In the upper right corner microtonalite (y) cuts the banded gneiss.

b) Banded (D3) microtonalite.

c) Folded (F3) microtonalite dyke.



Kuva 9. Tonalitti-granodioriitti (D3).

a) D3-granodioriitin ja raitaisen amfiboliitin kontaktivyöhyke. Pitkäsuo, 4414 06A, x = 7150.375, y = 4472.870.

b) Porfyriinen-porfyroblastinen D3-tonaliitti. Purnu, 4414 03A, x = 7151.060, y = 4462.500.

c) Kataklastinen, porfyroblastinen D3-granodioriitti. Tuomikorvensuo, 4414 01C, x = 7134.600, y = 4465.920.

Fig. 9. Tonalite-granodiorite.

a) Contact zone between D3 granodiorite and banded amphibolite.

b) Porphyritic-porphyroblastic tonalite

c) Cataclastic, porphyroblastic D3 granodiorite.

läheisyydessä. Kivi voidaan rinnastaa lännempänä Hiisijärven (4412) kallioperäkarta-alueen Koivulehdon, Tuomaanjärven ja Härmäjoen granodioriittikvartsidioriittiin sekä pohjoisempaan Moisiovaaran (4421) kallioperäkarta-alueelta paikannettuun nk. Konivaara-tyypin granodioriitti-tonaliittiin (Hyppönen 1983, Luukkonen 1988).

Kiven päämineraalit ovat oligoklaasi (usein voimakkaasti muuttunut), kvartsi ja biotiitti. Aksessorit ovat kalimaasälpä (paikoin jopa päämineraalina), muskoviitti, kloriitti, opaakki, epidootti, titaniitti ja zirkoni.

Tonaliitti ja granodioriitti on merkitty kallioperäkartaan tummanruskealla värillä.

### **Graniitti**

Ison Hiirenjärven länsipuolella (4414 05D), Heinisuolla (4414 12B) ja Kylmä-särkillä (4432 04A) esiintyy rapautumispinnaltaan vaaleanpunaista, kataklas-tista, keskirakeista graniittia. Selviä kontakteja ympäröivien kivien kanssa pal-jastumista ei ole tavattu, mutta deformatumisensa ja rakenteensa perusteella graniitti voidaan korreloida saman ikäiseksi edellä kuvatun tonaliitti-granodioriitin kanssa. Lisäksi graniitteja on tavattu pieninä osueina aiemmin kuvatun granodio-riitti-tonaliitti-intruusioiden keskiosista. Niitä ei ole erikseen merkitty kallioperäkartaalle.

Graniitin päämineraalit ovat kalimaasälpä, plagioklaasi (An02-12), kvartsi ja epidootti. Aksessoreina ovat muskoviitti, biotiitti, kloriitti, opaakki, titaniitti ja apatiitti.

Kallioperäkartaalle graniitti on merkitty punaisella värillä.

### **Pegmatiittigraniitti**

Luode-kaakkosuuntaisissa (D4) ja itä-länsisuuntaisissa (D5) heikkous-vyöhykkeissä (joissa myös graniittituminen on yleistä) esiintyy usein pegma-tiittigraniittijuonia. Ne ovat karkearakaisia ja rapautumispinnaltaan punertavia tai vaaleanharmaita ja heikosti suuntautuneita. Lisäksi ne leikkaavat kaikkia edellä kuvattuja arkeisia kivilajeja. Niiden leveys on yleensä muutamasta metristä kahteenkymmeneen metriin. Huomattavimmat juonet on merkitty myös kallioperäkartaan.

Pegmatiittigraniittijuonien päämineraalit ovat kvartsi, mikrokliini, plagioklaasi ja biotiitti (paikoin myös turmaliini). Muutamat juonet sisältävät melkoisesti magnetiittia, ja siksi ne voivat proterotsooisten metadiabaasijuonien tapaan tai yhdessä niiden kanssa aiheuttaa luode-kaakkosuuntaisia lineaarisia aeromagneet-tisiä anomaliaita.

Kallioperäkartaalla pegmatiittijuonet on merkitty punaisella värillä, jossa on tähtikuvio päällemerkintänä.

## PALEOPROTEROTSOOSET KIVILAJIT

### Postorogeeninen kaligraniitti ja sen graniittiporfyyrijuonet

Arkeoiselle orogeenialle postorogeenista, lähes deformatumaton kaligraniittia ulottuu aeromagneettisen matalalentomittausten perusteella Ala-Vuokin kallioperäkarttalehdeltä Lentiiran kallioperäkarttalehden pohjoisreunaan ruudulle 06B. Hiukan etelämpää Siikajärven itäpuolelta (4414 01D) tavattiin yhdessä paljastumasta siniharmaan kvartsin omaava graniittiporfyyrijuoni. Mineralogiensa perusteella se sopii suuremman Tuliniemet-tyyppin porfyyriseen graniittintruusion juoneksi (vrt. Luukkonen 1988). Juonen kontakteja ei ole paljastuneena, mutta sen leveys tuskin ylittää 30:tä metriä.

Graniittiporfyyrijuonen päämineraalit ovat kalimaasälpä, plagioklaasi, kvartsi ja serisiitti. Aksessoreina on fluoriittia, titaniittia, zirkonia ja apatiittia.

Kallioperäkartalla kaligraniitti ja graniittiporfyyrijuoni on merkitty heleän violetinpunaisella värillä.

### Metadiabaasi ja pyrokseenidiabaasi

Lentiiran kallioperäkarttalehden alueella diabaasit (kuva 10) esiintyvät itä-länsi-, luode-kaakko- ja koillis-lounaisuuntaisina 0,1-50 metrin levyisinä juonina ja/tai juoniparvina. Juonien leikkaussuhteiden perusteella itä-länsisuuntaiset ovat usein vanhempia, mutta radiometristen ikämääritysten perusteella paikoin itä-länsisuuntaisiin heikkoussaumoihin on tunkeutunut myös nuorempia diabaasijuonia. Kuten Ala-Vuokin kallioperäkarttalehdellä myös Lentiiran kallioperäkarttalehden alueella itä-länsisuuntaiset diabaasijuonet esiintyvät n. 10 km:n välein toistuvina juoniparvina. Kuusamonkylän (4414 02B) ja Hietajärvien (4414 12C) välisellä alueella itä-länsisuuntaisia metadiabaaseja esiintyy poikkeuksellisen runsaasti, ja osaltaan se ilmentää vanhaa arkeista itä-länsisuuntaista suurta heikkoussaamaa. Luode-kaakkoisuuntaiset juonet ovat tasaisemmin jakautuneet koko kallioperäkarttalehden alueelle.

Kooltaan itä-länsisuuntaiset diabaasijuonet ovat yleensä luode-kaakkoisuuntaisia leveämpiä, ja niiden jatkuvuus näyttää olevan suurempi. Lisäksi itä-länsisuuntaisiin diabaasijuoniin liittyy erilaisia reunamuunnoksia, magmaattisia virtausrakenteita, autobrekksioita ja sivukivisulkeumia. Lisäksi erilaiset koostejuonet ovat niissä tavallisia (Kilpelä 1991). Satunnaisesti myös luode-kaakkoisuuntaisiin diabaasijuoniin liittyy haamumaista magmaattista juoksurakennetta.

Muutamat itä-länsisuuntaiset juonet ovat pulssimaisen emäksisen injektoitumisen tulosta. Mahdollinen diabaasien intrudoitumisen aikainen tauko on saanut aikaan vyöhykkeellisen magmasäiliön maankuoren syvempiin osiin. Tällöin sen katto-osiin kehittyi plagioklaasirikas differentiaatti sekä sen ja tholeiittisen primaarimagman välille rautarikas differentiaatti. Osoituksena tästä Hiirenjärven itäpuolella (4414 05D) Tasangon itä-länsisuuntaisesta n. 50 m leveästä juonesta tavattiin paikoin kolme koostumukseltaan erilaista sisäkkäistä juonta (kuva 10c).





Kuva 10. Metadiabaasi-pyrokseenidiabaasi.

- a) Metadiabaasin ja raitaisen amfiboliitin kontakti. Julmavaara, 4414 03A,  $x = 7154.820$ ,  $y = 4463.180$ .  
b) Raitaista amfiboliittia leikkaava kapea metadiabaasijuoni. Lehtisuo, 4414 03B,  $x = 7156.980$ ,  $y = 4460.860$ .  
c) Kolme sisäkkäistä diabaasijuonta sisältävä kompositiojuoni. z) Varsinainen diabaasijuoni, x) toisen generaation juoni ja v) III generaation juoni (= viimeisin purkaus). Tasanko, 4414 05D,  $x = 7147.950$ ,  $y = 4478.340$ .

*Fig. 10. Metamorphic diabase-pyroxene bearing diabase.*

*a) Contact between metadiabase and banded amphibolite.*

*b) Narrow metadiabase cutting the banded amphibolite.*

*c) Composite diabase dyke containing three different composition of dyke material. z) ordinary diabase dyke, x) second generation dyke and v) third generation dyke (most felsic).*

Mineralogian ja rakenteen perusteella Lentiiran kallioperäkartta-alueen juonet jakautuvat metadiabaaseihin ja hyvin säilyneisiin pyrokseenidiabaaseihin. Metadiabaasit ovat yleensä tyypillisiä sarvivälkediabaaseja. Niiden päämineraaleina ovat sarvivälke, plagioklaasi ja kvartsi, ja aksessoreina ovat titaniitti, opaakki, kloriitti, biotiitti ja zirkoni. Vähemmän muuttuneita, pyrokseenipitoisia harmaanruskeita diabaaseja tavataan satunnaisesti ainoastaan kallioperäkarttalehden itäosasta. Niiden päämineraaleina ovat plagioklaasi ja pigeoniittinen klinopyrokseeni sekä amfibolit. Aksessoreina esiintyy opaakkia (usein titanomagnetiitti), epidoottia ja kiilteitä.

Kilpelän (1991) mukaan yhteistä useimmille Lentiiran kallioperäkarttalehden alueen pyrokseenidiabaasijuonille on vyöhykkeellinen tai metamorfinen rakenne. Juonien reunaosa on usein selvästi retrograadisesti muuttunutta hienorakeista metadiabaasia. Tämä vyöhyke on leveydeltään muutamasta senttimetristä (kapeat juonet) muutamaan metriin (leveät juonet). Laitaosan sisäpuolella on muuttumaton pyrokseenidiabaasi, jossa paikoin sekundaaristen mineraalien määrä saattaa olla alle 10 %. Monesti kuitenkin juonten keskiosat ovat eriasteisesti hydratuneet.

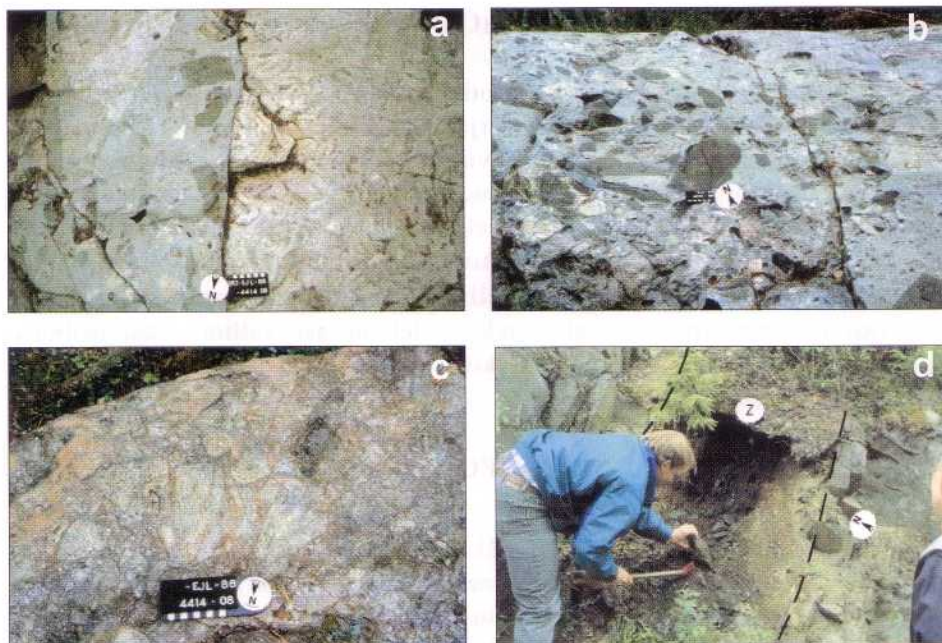
Metadiabaasijuonet on merkitty kallioperäkartaan mustina paksuina lineaarisina viivoina. PY-päällemerkintä osoittaa ne juonen hyvin säilyneeksi pyrokseenidiabaasiksi.

## MESOPROTEROTSOOISET KIVILAJIT

### Ultrakalinen breksia ja lamproiittijuonet

Aiemmin kuvatuista kivilajeista poikkeava, deformatumaton ja lähes metamorfoitumaton ultrakalinen breksia tavattiin Lumiahosta n. 6 kilometriä Lentiiran kylän luoteispuolelta (4414 08D; x= 7146.040, y= 4485.820). Huonon paljastumaolojen takia breksiaa ei voitu maastossa tarkasti rajata. Gravimetristen mittaustulosten perusteella se muodostaa todennäköisesti halkaisijaltaan n. 200 metriä leveän piippumaisen rakenteen. Breksian murtokappaleet koostuvat kaikista alueelta tavatuista arkeeisista ja proterotsooisista kivilajeista, ja niiden koko vaihtelee muutamasta kuutiomillimetristä useaan kuutiometriin (kuva 11a, b, c). Perusmassa on erittäin kalirikas, siniharmaa, afaniittinen ja koostukseltaan maksimummikroklina, jossa on aina mukana arkeeista granitoidia pieninä mineraaliaggregaatteina.

Kallioperäkartoitustyön jälkeen Lentiiran kallioperäkarta-alueen itäosasta on etsitty aktiivisesti timanttipitoisia kimberliitteja ja lamproiittijuonia. Eri yhtiöiden suorittamien etsintöjen yhteydessä on paikannettu useita lamproiittijuonia, mutta herkästi rapautuvina ne ovat tavallisesti jääneet paksujen irtomaiden alle. GTK:n suorittamien raskasmineraalitutkimusten yhteydessä paikannettiin yksi n. metrin levyinen lamproiittijuoni Kuhmo-Suomussalmen tien kallioleikkauksesta n. 0.5 kilometriä Naavalan pohjoispuolelta (kuva 11d), ja toinen



Kuva 11. Ultrakalinen breksia ja lamproiittijuoni.

- a) Raitaista tonaliitti-trondhjemiiä leikkaava ultrakalinen breksiajuoni. Lumivaara, 4414 08D,  $x = 7146.040$ ,  $y = 4485.820$ .  
 b) Ultrakalinen breksia. Kulmikkaat murtokappaleina ovat arkeisia granitoideja ja paleoproterotsooisia diabaaseja. Lumivaara, 4414 08D,  $x = 7146.040$ ,  $y = 4485.820$ .  
 c) Ultrakalinen breksia. Kulmikkaat murtokappaleet ovat arkeisia granitoideja. Lumivaara, 4414 08D,  $x = 7146.040$ ,  $y = 4485.820$ .  
 d) Täysin rapautunut, raitaista tonaliitti-trondhjemiiä leikkaava lamproiittijuoni (z). Nivankoski, 4414 09D,  $x = 7156.920$ ,  $y = 4486.700$ .

*Fig. 11. Ultrapotassic breccia and lamproite dyke.*

*a) Ultrapotassic breccia dyke cutting the banded tonalite/trondhjemite.*

*b) Ultrapotassic breccia. Angular fragments come from late Archaean granitoids and paleoproterozoic diabase dykes.*

*c) Ultrapotassic breccia. Angular fragments come from late Archaean granitoids.*

*d) Thoroughly eroded lamproite dyke (z) cutting the banded tonalite/trondhjemite.*

vastaavan levyinen kaivettiin esiin noin kilometrin päästä sen itäpuolelta (4414 09D). Molempien juonten suunta on lähes luode-kaakkoinen (O'Brien & Marmo 1999).

Naavalan lamproiittijuoni on väriltään tummanruskea ja hienorakeinen. Se koostuu pääosin mikrokiteisestä flogopiitista, apatiitista, titanomagnetitista, Mn-ilmeniitistä, monatsiitista ja baddeleyiitistä. Perusmassa on tavallisesti serpentiiniä ja karbonaattia. Hienorakeisessa kivessä on melko runsaasti täysin serpentiiniytyneitä oliviinihajarakeita. Lisäksi Naavalan lamproiittijuonen keskiosasta on tavattu pieniä lähes täysin serpentiiniytyneitä vaipan kappaleita (H. O'Brien 1999, suullinen tiedonanto).

Flogopiitin koostumuksen perusteella kimberliitit ja lamproiittijuonet jaetaan yleisesti oliviinilamproiitteihin, ryhmän I ja II kimberliitteihin sekä lamprofyrien luokkaan (Michell 1995). Naavalan lamproiitti sijoittuu koostumuksensa

perusteella ryhmän II kimberliitteihin (O'Brien & Marmo 1999, O'Brien suullinen tiedonanto 2000).

Ultrakalisesta breksiasta ja lamproiittijuonista ei ole vielä ikämäärytyksiä, mutta muualta Suomesta ja Venäjän Karjalasta saatujen analogioiden perusteella ne lienevät iältään n. 1 230 miljoonaa vuotta vanhoja (O'Brien 2000, suullinen tiedonanto; Nikitina 1995), eli ne ovat mesoproterotsooisia. Mikäli tämä tulkinta on oikea, niin Lentiiran lamproiittijuonet saattavat kuulua Kuhmon ja Kostamuksen alueen nk. ryhmän II kimberliitteihin (Marmo, suullinen tiedonanto 1999).

Ultrakalinen breksia on merkitty kallioperäkarttaan tummansinisellä värillä. Sitä vastoin lamproiittijuonet tulivat tekijän tietoon vasta kallioperäkartan ilmes-  
tymisen jälkeen, joten niitä ei ole merkitty kallioperäkarttaan.

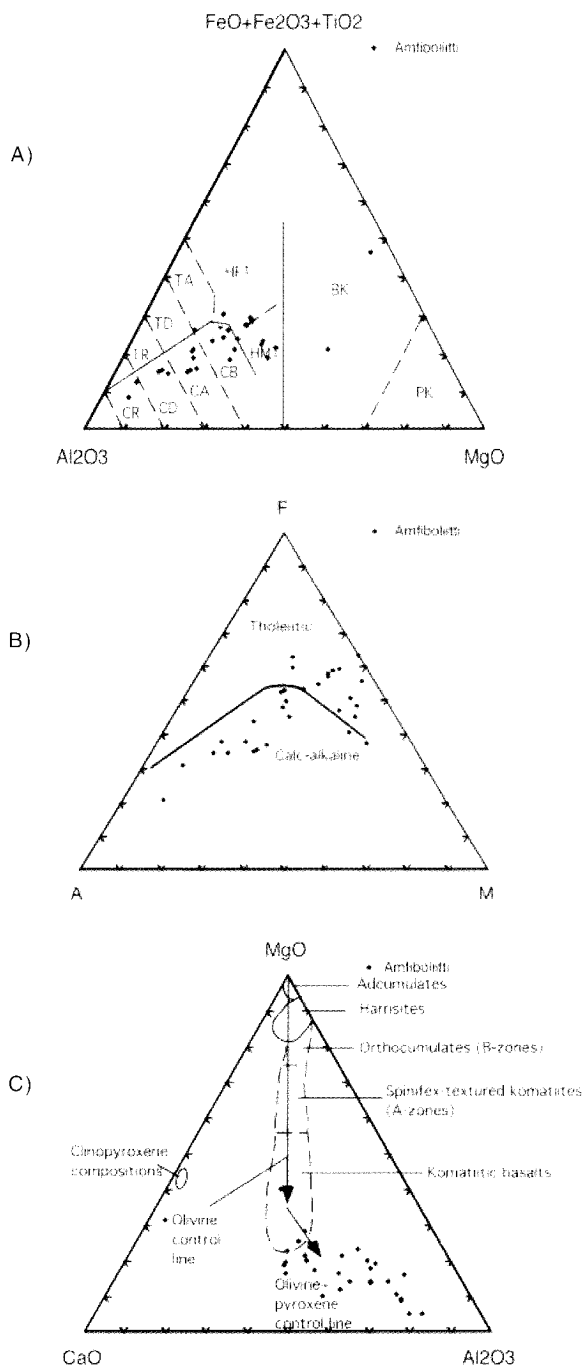
## LITOGEOKEMIA

1980-luvulla Lentiiran kallioperäkarttalehden alueen granitoidien litogeochemiaa ovat tutkineet Ranskan Rennesin yliopiston tutkijat useampaan otteeseen, ja analyysien tuloksia on julkaistu kansainvälisissä geologisissa julkaisusarjoissa (Martin et al., 1983a, 1983b, 1984 ja Martin 1987). Muutamaa ikätulosta ja -tulkintaa lukuun ottamatta ranskalaisten tutkijoiden tulkinta vastaa pääpiirteissään kallioperäkartoituksen yhteydessä syntyntä kuvaa. Ranskalaisten tutkimukset kattoivat granitoidien päätyypit kohtalaisen hyvin, joten karttalehtityön yhteydessä päätettiin hyödyntää Rennesin yliopiston julkaisemia kokokivianalyysijä sekä soveltaa kivilajien luokitteluun myös läheisiltä karttalehti-  
alueilta aiemmin saatuja tuloksia (vrt. Luukkonen 1988, Halliday et al. 1988).

### *Raitaiset amfiboliitit*

Eri puolilta Lentiiran kallioperäkarttalehden aluetta kerättiin 36 näytettä eriasteisesti muuttuneista raitaisista amfiboliiteista (taulukko 2, liite). Analyysien perusteella Jensenin erotteludiagrammilla parhaiten säilyneet raitaiset amfiboliitit ovat enimmäkseen kalkkialkalisia magnesiumrikkaita basaltteja tai rautarikkaita tholeiitti-basaltteja (kuva 12a). Amfiboliittien vahva, paikoin läpikotainen muuttuminen näkyy analyysien jakautumisena tholeiiteista aina ryoliitteihin ja dasiitteihin asti. AFM-erotteludiagrammilla (kuva 12b) analyysit hajoavat tholeiittisen ja kalkkialkalisen kentän kesken. Useimmat kalkkialkaliseen kenttään sijoittuvista analyyseistä ovat vahvasti muuttuneita raitaisia amfiboliitteja. CaO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-erotteludiagrammilla (kuva 12c) analyysit hajoavat laajalle alueelle kolmion alaosan keskialueesta kohti Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-kulmaa. Mainittu analyysien suuri hajonta on amfiboliittien myöhemmistä muutosprosesseista aiheutuva piirre. Tulos vastaa pohjoisemmilta Moisisovaaran ja Ala-Vuokin kallioperäkarttalehdiltä saatua raitaisten amfiboliittien analyysitulosta.

Koostumuksensa perusteella Lentiiran kallioperäkarttalehden raitaiset amfiboliitit ovat analogisia Kuhmon ja Suomussalmen vihreäkivivyöhykkeiden reunaan sijoittuvia muuttuneiden ja monimutkaisesti poimuttuneiden raitaisten amfiboliit-



Kuva 12. Lentiiran kallioperäkartta-alueen raitaisten amfiboliittien koostumus. A) Jensenin kationi-diagrammi, B) AFM-diagrammi, C) CaO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-diagrammi.  
 Fig. 12. Chemical composition of the banded amphibolites in Lentiira map sheet area. A) Jensen cation plots for the banded amphibolites, B) AFM diagram for the banded amphibolites, C) CaO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diagram for the banded amphibolites.

tien kanssa. Stratigrafisesti ne ovat vihreäkivivyöhykkeen tholeiittibasaltteja, komatiitteja ja magnesiumrikkaita basaltteja vanhempia, ja siten ne mahdollisesti korreloituvat Itä-Suomen vanhimpiin nk. Luoma-ryhmän vulkaniitteihin.

### ***Migmatiittiset tonaliitit ja trondhemiitit***

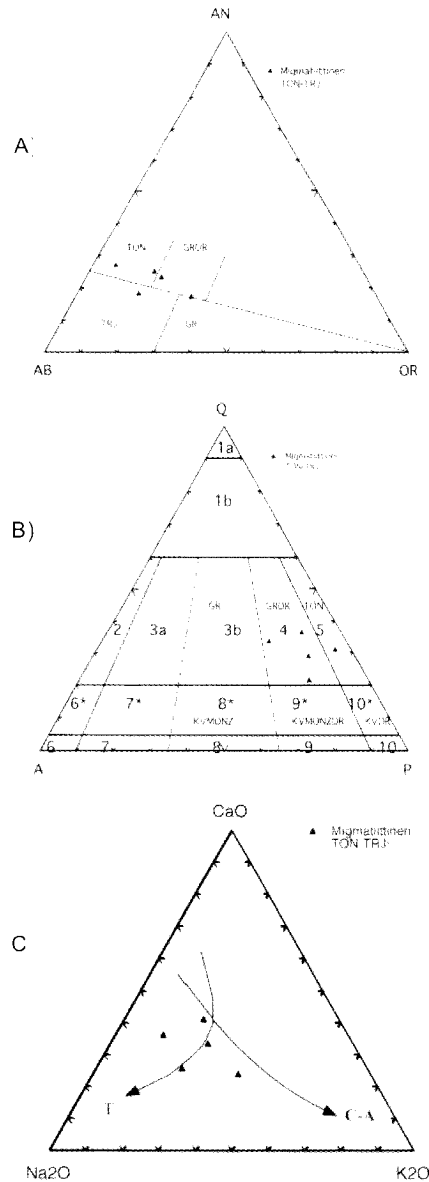
Maastohavaintojen perusteella karttalehtialueen valtakivilajeja ovat migmatiittiset tonaliitti-trondhemiitit, joiden paleosomista on Rennesin yliopisto analysoinut Kuhmon Kivijärven alueelta (4414 01D; x= 7137.720, y= 4468.625) neljä näytettä. Vertailun vuoksi GTK analysoi ainoastaan Kuhmon Lylyvaaran migmatiitin paleosomin (4414 09A; x= 7151.380, y= 4481.820; taulukko 3, liite)(kuva 13). Molempien alueiden analyysit muistuttavat toisiaan (kuva 13, taulukko 3, liite). Niiden perusteella paleosomimateriaali on koostumukseltaan peralumiininen ja sillä on kalkkialkalinen (trondhemiittinen) differentiaatiotrendi, pieni  $K_2O$ -pitoisuus. Tulosten perusteella Lentiiran kallioperäkarttalehtialueen arkeiset tonaliitit ja trondhemiitit muistuttavat muiden arkeisten kratonien vastaavia kiviä (Brown 1981). Rennesin yliopistossa tehtyjen REE-analyysien perusteella niillä on lisäksi alhainen initial Sr -suhde, vähäinen Yb, joskus negatiivinen Eu-anomalia sekä REE-jakauma on erittäin fraktioitunut (ominaista raskaiden REE:n köyhtyminen). Matemaattisten mallilaskujen perusteella alueen tonaliitti-trondhemiitit ovat syntyneet osittaisen sulamisen tuloksena syvällä maankuoressa tholeiittisesta basaltista granuliittifasieksen ja amfiboliittifasieksen oloissa. Sulamistapahtumassa jäännökseen (residualiin) jääneet granaatti, klinopyrokseeni ja sarvivälke selittävät kiville ominaisen REE-jakauman (Martin et al. 1983, 1984; Martin 1987 a,b). Rennesin yliopiston tutkijoiden luoma, arkeisten tonaliitti-trondhemiittien syntymalli on saanut laajan hyväksynnän myös muualla arkeisen kallioperän tutkijoiden piirissä. Tämän lisäksi muualla muina mahdollisina vastaavien arkeisten tonaliitti-trondhemiittien (= nk. harmaiden gneissien) syntymalleina on esitetty seuraavaa:

- basalttisen magman fraktioiva kiteytyminen (esim. Arth et al., 1978)
- epäpuhtaiden grauvakkojen osittainen sulaminen (Arth & Hanson 1975)
- eklogiittien tai emäksisten granuliittien osittainen sulaminen (esim. Arth & Hanson 1972)
- suora maan vaipan sulamisen tulos (esim. Moorbath 1975).

### ***Leukotonaliitti-leukogranodioriitti***

Eri puolelta karttalehteä kerättiin kahdeksan edustavaa leukotonaliitti-leukogranodioriittinäytettä, jotka analysoitiin GTK:ssa (taulukko 4, liite) (kuva 14). Analyysien perusteella näytteet ovat peralumiinisia trondhemiitteja, tonaliitteja ja graniitteja (kuva 14a, 14b). Niillä on kalkkialkalinen trendi, joka on tonaliitti-granodioriitteja enemmän siirtynyt kohti Na -nurkkaa  $Na_2O-K_2O$ -CaO-komidiagrammilla (kuva 14c).

Analyysien perusteella kallioperäkartta-alueen leukokraattiset granitoidit muistuttavat Rennesin yliopiston tutkijoiden analysoimia Kuusamonkylän ja Naavalan alueen granitoideja (Martin 1987).



Kuva 13. Lentiiran kallioperäkartta-alueen raitaisten migmatiittisten tonaliitti-trondhjemittien kemiallinen koostumus.

A) Normatiivisten maasälpien jakautumiseen perustuva Ab-An-Or-diagrammi (O'Connor 1965). Lyhenteet: TON = tonaliitti, TRJ = trondhjemitti, GRDR = granodioriitti, GR = graniitti.

B) Normatiivisten maasälpien ja kvartsin jakautumiseen perustuva QAP -erotteludiagrammi (Le Maitre 1976). C)  $\text{Na}_2\text{O}$ -CaO- $\text{K}_2\text{O}$ -diagrammi. C-A-trendi Nockolds ja Allenin (1953) mukaan; T-trondhjemittinen trendi Barker ja Arth (1976) mukaan.

Fig. 13. Chemical composition of the banded, migmatitic tonalites/trondhjemites in Lentiira map sheet area.

A) Rock classification based on normative feldspar variation (O'Connor 1965). Abbreviations: TON =tonalite, TRJ =trondhjemite, GRDR =granodiorite, GR =granite, B) Rock classification based on normative quartz and feldspars (Le Maitre 1976). C) Banded, migmatitic tonalite/trondhjemite composition plotted on a ternary  $\text{Na}_2\text{O}$ -CaO- $\text{K}_2\text{O}$ . C-A -calc-alkaline trend (Nockolds and Allen 1953); T-trondhjemite trend (Barker and Arth 1976).

### ***Serpentiniitti***

Lentiiran kallioperäkarttalehden alueelta kerättiin neljä edustavaa serpentiniittinäytettä analysoitavaksi (taulukko 5, liite). Jensenin erotteludiagrammin (kuva 15a) perusteella serpentiniittinäytteet ovat peridotiittisia tai basalttisia komatiitteja. AFM-erotteludiagrammilla (kuva 15b) analyysit sijoittuvat kolmion FM-kyljelle, kuten myös Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen komatiittiset oliviinikumulaatit. CaO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-erotteludiagrammilla serpentiniitit sijoittuvat komatiittisten harrisiittien, ortokumulaattien ja spinifex-rakenteisten laavojen alueelle (kuva 15c). Niiden perusteella kallioperäkarttalehtialueen serpentiniitit voivat olla komatiittisen laavakompleksin distaalisia syvälle kuluneita jäänteitä, joiden proksimaaliset vastineet löytyvät Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen sisäosan komatiittisista laavoista.

### ***Uraliittigabro-uraliittiporfyyriitti (mafinen juoni)***

Eri puolilta kallioperäkarttalehden aluetta tavatuista arkeeisista emäksisistä kerrosjuonista tai juonista kerättiin yhteensä yhdeksän näytettä analysoitavaksi (taulukko 6, liite). Jensenin erotteludiagrammilla (kuva 16a) analyysitulokset jakautuvat kolmeen selvästi erottuvaan ryhmään: rautarikkaaseen ja magnesiumrikkaaseen tholeiitteihin sekä kalkkialkalisiin andesiitti-basalteihin (kuva 16a). Jälkimmäiset analyysit on otettu voimakkaasti muuttuneista kivistä. AFM-erotteludiagrammilla (kuva 16b) ne jakautuvat tholeiittiseen ja kalkkialkaliseen kenttään. Jälkimmäiset edustavat voimakkaasti muuttuneita kivityyppejä.

Analyysien perusteella Lentiiran kallioperäkarta-alueen arkeiset emäksiset juonet ovat analogisia Moisiovaaran ja Ala-Vuokin kallioperäkarta-alueen emäksisen kerrosjuonen analyysitulosten kanssa. Tulosten perusteella tutkitun alueen kerrosjuonet voidaan rinnastaa samaan arkeiseen n. 2 790 miljoonaa vuotta vanhaan emäksiseen juonisysteemiin.

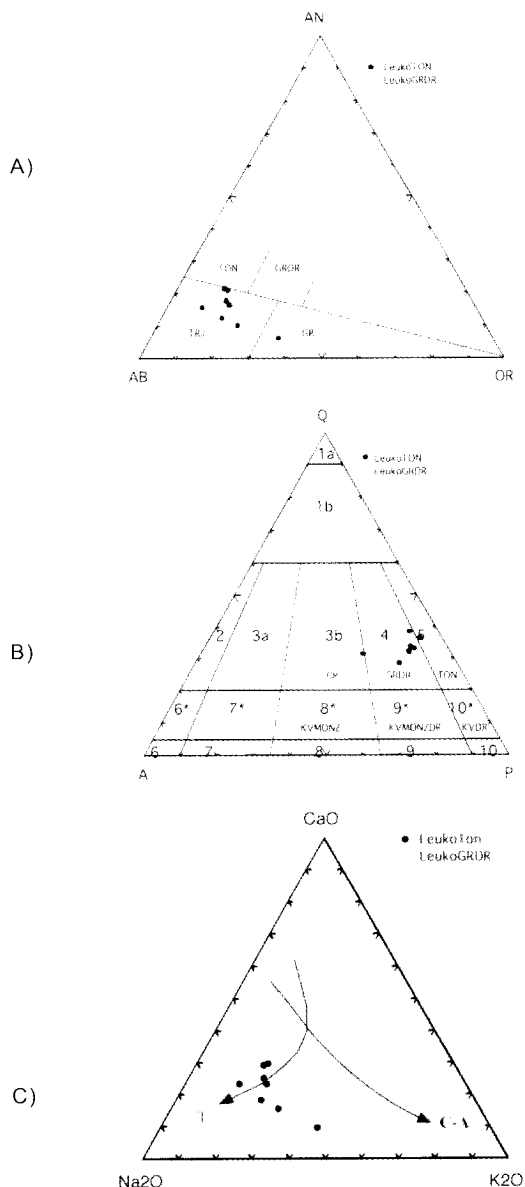
### ***Mikrotonaliitti-andesiitti***

Lentiiran kallioperäkarttalehden alueelta kerättiin 17 tyyppinäytettä mikrotonaliittijuonista ja niitä vastaavista mahdollisista andesiittisistä pinnallisista tai puolipinnallisista kivistä. Näytteet analysoitiin GTK:ssa (taulukko 7, liite) (kuva 17). Niiden perusteella näytteet ovat peraluminisia. Ab-An-Or-erotteludiagrammilla (kuva 17a) analyysit jakautuvat tonaliitti-trondhjemiiitti-granodioriitti-graniittikenttiin. Niistä graniittiset ja granodioriittiset tyypit edustavat pääosin vahvasti metasomaattisesti muuttuneita kiviä. Edellisen kanssa lähes yhteneväinen tulos saadaan QAP-erotteludiagrammilla (kuva 17b). AFM-erotteludiagrammin perusteella niillä on mahdollisesti kalkkialkalinen differentiaatiotrendi (kuva 17c).

### ***Tonaliitti-granodioriitti***

Eri puolilta karttalehden aluetta kerättiin analysoitaviksi 12 edustavaa tonaliitti-





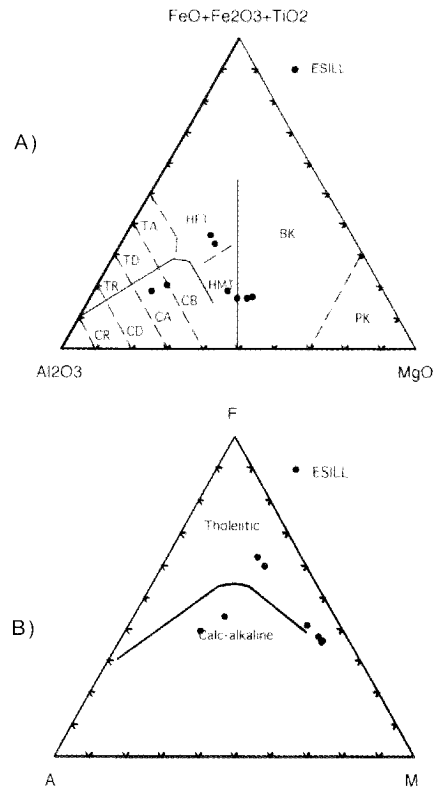
Kuva 14. Lentiiran kallioperäkartta-alueen leukokraattisten granitoidien (leukotonaaliitti-granodioriittien) kemiallinen koostumus.

A) Normatiivisten maasälpien jakautumiseen perustuva Ab-An-Or-diagrammi (O'Connor 1965). B) Normatiivisten maasälpien ja kvartsin jakautumiseen perustuva QAP-erotteludiagrammi (Le Maitre 1976). C) Na<sub>2</sub>O-CaO-K<sub>2</sub>O-diagrammi. C - A-trendi Nockolds ja Allenin (1953) mukaan; T-trondhjemittinen trendi Barker ja Arth (1976) mukaan.

*Fig. 14. Chemical composition of the leucocratic granitoids (tonalite-granodiorites) in Lentiira map sheet area.*

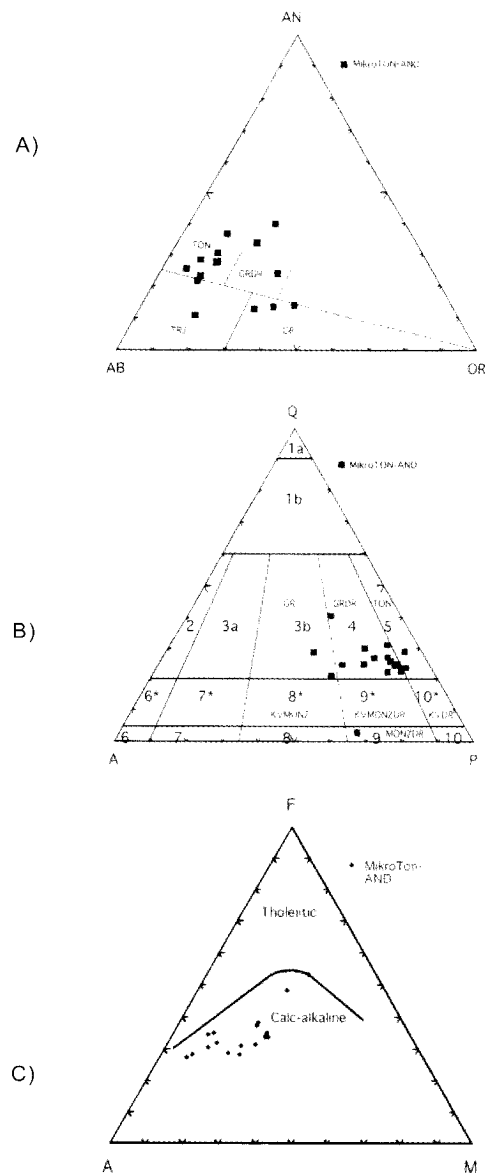
*A) Rock classification based on normative feldspar variation (O'Connor 1965). B) Rock classification based on normative quartz and feldspars (Le Maitre 1976). C) Leucocratic granitoid composition plotted on a ternary Na<sub>2</sub>O-CaO-K<sub>2</sub>O. C - A -calc-alkaline trend (Nockolds and Allen 1953); T-trondhjemite trend (Barker and Arth 1976).*





Kuva 16. Lentiiran kallioperäkartta-alueen uraliittigabro-uraliittiporfyriittien koostumus.  
A) Jensenin kationi-diagrammi. B) AFM -diagrammi.

*Fig. 16. Chemical composition of the uraliitegabbros-uraliteporphyrites in Lentiira map sheet area. A) Jensen cation plots for the uraliitegabbros-uraliteporphyrites. B) AFM diagram for the uraliitegabbros-uraliteporphyrites.*



Kuva 17. Lentiiran kallioperäkarta-alueen mikrotonaliitti-andesiittien kemiallinen koostumus. A) Normatiivisten maasälpjen jakautumiseen perustuva Ab-An-Or-diagrammi (O'Connor 1965). B) Normatiivisten maasälpjen ja kvartsin jakautumiseen perustuva QAP-erotteludiagrammi (Le Maitre 1976). C) AFM-diagrammi.

Fig. 17. Chemical composition of the microtonalite-andesites in Lentiira map sheet area. A) Rock classification based on normative feldspar variation (O'Connor 1965). B) Rock classification based on normative quartz and feldspars (Le Maitre 1976). C) AFM-diagram for the microtonalite-andesites.

granodioriittinäytettä (= D3-granitoidi). Ne analysoitiin GTK:ssa (taulukko 8, liite). Analyysien perusteella näytteet jakautuvat Ab-An-Or- ja QAP-erottelu-diagrammeilla (kuva 18a, 18b) laajalle trondhemiittien, tonaliittien, granodioriittien ja graniittien koostumusalueelle. Lisäksi ne ovat peralumiinisia ja niillä on laaja mahdollinen kalkkialkalinen trendi, joka on siirtynyt kohti Na nurkkaa  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$ -kolmiodiagrammilla (kuva 18c).

Kokokivianalyysien perusteella tonaliitti-trondhemiitit ovat lähes analogisia pohjoisemman Moisiavaaran ja Ala-Vuokin kallioperäkartta-alueen nk. Koni-vaara-typin tonaliitti-granodioriittien kanssa (Luukkonen 1988). Rakennehavaintojen perusteella molemmat ovat intrudoituneet ennen F3-poimutusta tai -poimutuksen aikana.

### ***Diabaasit***

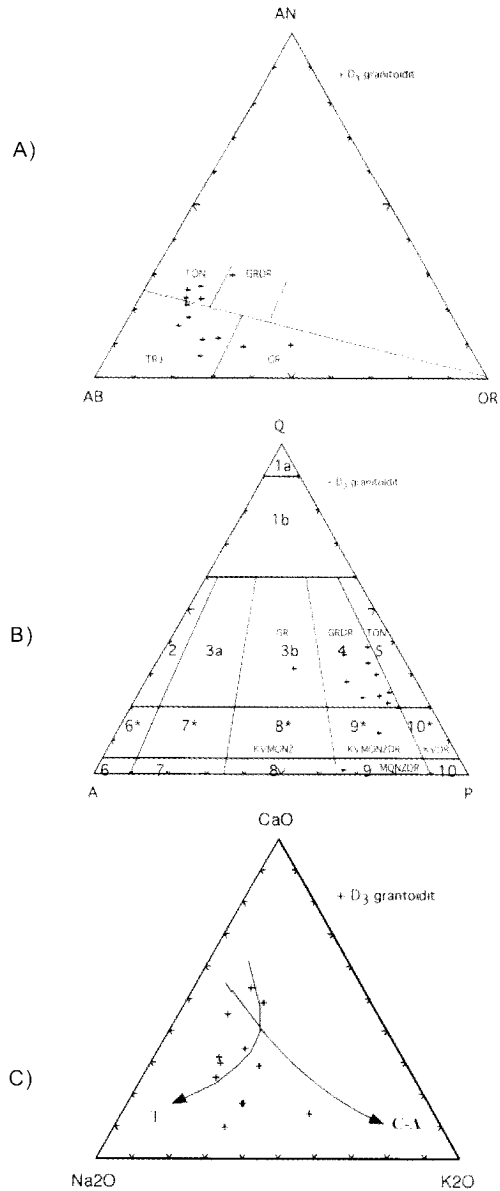
Itä-Kainuun ja samalla myös Lentiiran kallioperäkarttalehtialueen diabaasien ja metadiabaasien litogeokemiaa on Markku Kilpelä käsitellyt laajasti pro gradu -työssään (Kilpelä 1991). Hänen tulkintansa mukaan Lentiiran alueen diabaasit ovat valtaosin koostumukseltaan subalkalisia basaltteja, ja niille ovat tyypillisiä suuret FeO-,  $\text{TiO}_2$ - ja pienet MgO-pitoisuudet sekä rikastuneet LREE- ja LIL-elementit. Edellisestä poiketen itä-länsi-suuntaisiin diabaaseihin liittyy usein laitamunnoksia ja magnesiumrikkaita juonia. Lisäksi juonien reunamunnoksille on tyypillistä voimakas LREE-rikastuminen (Kilpelä 1991).

Geokemian perusteella osa itä-länsi- ja koillis-lounais-suuntaisista diabaaseista saattaa kuulua vanhempaan boniniittiseen juoniryhmään. Niille ovat ominaisia suhteellisen suuret  $\text{SiO}_2$ -, MgO-, Cr- ja Ni-pitoisuudet sekä pienet CaO- ja  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -pitoisuudet. MgO:iin verrattuna HFS-pitoisuudet ovat pienet LILE- ja LREE-pitoisuudet ovat suuret (Vuollo 1994).

Vuollon (1994) mukaan Itä-Suomen diabaasit voidaan jakaa koostumuksen mukaan neljään ryhmään. Näistä vanhin tyyppi on Koillismaan kerrosintrusoidien kanssa samanikäinen (ikä n. 2 450 Ma) ja koostumukseltaan boniniitti-noriittinen. Lentiiran alueella muutamat MgO-riikkaat diabaasijuonet saattavat edustaa tätä tyyppiä. Vähäalumiinisia tholeiittijuonia (ikä n. 2 200 Ma) ei varmuudella ole tavattu Lentiiran kallioperäkarttalehden alueelta. Sitä vastoin yleisin juonityyppi kallioperäkarttalehden alueella on rautarikas tholeiittityyppi (ikä n. 2 100 Ma). Nuorimpia tholeiittijuonia (ikä n. 1 970 Ma) ei ole vielä tunnistettu kartoitetulta alueelta.

### ***Ultrakalinen breksia***

Ultrakalisen breksian hieno- tai tiivisrakeisesta välimassasta otettiin kaksi mahdollisimman edustavaa näytettä (taulukko 9, liite). Toinen niistä analysoitiin kanadalaisessa XRALL-laboratoriossa (näyte 91) ja toinen Rautaruokin rautatehtaan kemian laboratoriossa. Analyysitulosten perusteella kivi sisältää arkeeiselle alueelle poikkeuksellisen runsaasti  $\text{K}_2\text{O}$ :ta (molemmissa analyyseissä  $\text{K}_2\text{O}$  yli 10 %). Tämän vuoksi sillä on myös poikkeuksellisen suuri  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ -suhde. Lisäksi kivi on rikastunut Rb:stä, Ba:sta ja LREE:stä.



Kuva 18. Lentiiran kallioperäkarta-alueen tonaliitti-granodioriittien (D3-granitoidien) kemiallinen koostumus. A) Normatiivisten maasälpjen jakautumiseen perustuva Ab-An-Or-diagrammi (O'Connor 1965). B) Normatiivisten maasälpjen ja kvartsin jakautumiseen perustuva QAPF-erotteludiagrammi (Le Maitre 1976). C) Na<sub>2</sub>O-CaO-K<sub>2</sub>O-diagrammi. C-A-trendi Nockolds ja Allenin (1953) mukaan; T-trondhjemiiittinen trendi Barkerin ja Arthin (1976) mukaan.

Fig. 18. Chemical composition of the tonalites-granodiorites (D3 granitoids) in Lentiira map sheet area. A) Rock classification based on normative feldspar variation (O'Connor 1965). B) Rock classification based on normative quartz and feldspars (Le Maitre 1976). C) D3 granitoid composition plotted on a ternary Na<sub>2</sub>O-CaO-K<sub>2</sub>O. C-A-trend (Nockolds and Allen 1953); T-trondhjemite trend (Barker and Arth 1976).

## RADIOMETRISET IÄNMÄÄRITYKSET

Osana Itä-Suomen arkeisen alueen laajempaa maankuoren tutkimusta Lentiiran kallioperäkartan alueelta on tehty lukuisia kivien radiometrisia ikämäärytyksiä. Geologian tutkimuskeskuksen isotooppigeologian laboratorissa on analysoitu U-Pb-menetelmällä 14 zirkonifraktiota, kaksi titaniittifraktiota ja yksi monatsiittifraktio viidestä kivilajinäytteestä. Lisäksi Nd-Sm-kokokivianalyysit on tehty 15 näytteestä. Näiden lisäksi ranskalaisen Rennesin yliopiston tutkijat ovat tehneet useita Rb-Sr- ja K-Ar-ikämäärytyksiä kokokivinäytteistä ja mineraaleista sekä Nd-Sm ikämäärytyksiä kokokivinäytteistä. Muutamista näytteistä on määritetty K-Ar-menetelmällä sarvivälkkeen ja biotiitin iät Leedsin yliopiston isotooppigeologian laboratoriossa (Kallio et al. 1986, 1987).

Lentiiran kallioperäkarttalehden alueella käytetyt radiometriset iänmäärytysmenetelmät voidaan jakaa käyttökelpoisuuden mukaan seuraavasti:

a) Arkeisella peruskallioalueella zirkonien U-Pb-ikämäärytysmenetelmä on todettu luotettavaksi, ja sen antamia tuloksia pääsevät harvoin nuoremmat geologiset prosessit muuttamaan. Mikäli kivessä on zirkoneja ja ne ovat vain yhdestä lähteestä, niin menetelmän antamin ikätuloksin päästään normaalisti kiinni kiven alkuperäiseen kiteytymisen ikään. Sitä vastoin vastaavalla menetelmällä titaniitista ja monatsiitista tehdyt iät rekisteröivät tavallisesti kiteytymisen jälkeisiä geologisia tapahtumia.

b) Sm-Nd-analyysit edustavista kokokivinäytteistä antavat tietoa maan kuoren primaarista muodostumisen ajankohdasta (= crustal residence age). Kun Sm-Nd-tulokset yhdistetään zirkonien U-Pb-ikämäärytyksiin, niiden avulla voidaan arvioida juveliinisen ja uudelleen muokatun vanhemman (arkeisen) kuoren aineksen osuutta geologisissa prosesseissa. Tätä kautta saamme tietoa, paljonko esim. nuoremmassa intrusiivisessa syväkivessä on vanhempaa maankuoren ainesta. Menetelmän heikkoutena on, että se häiriytyy joskus nuoremmissa geologisissa prosesseissa, mutta tämän hetkisen kokemuksen perusteella monet häiritsevät ja epävarmat tulokset voidaan poistaa.

c) Rb-Sr-ikämäärytysmenetelmä on Nd-Sm-menetelmääkin herkempi sekoitumaan nuoremmissa geologisissa prosesseissa. Muiden menetelmien rinnalla Rb-Sr-menetelmä puoltaa paikkaansa. Varsinkin Sr-isotooppien initiaalisuhde (ISr) antaa selviä viitteitä kiven alkuperästä. Mikäli Rb-Sr isotooppisuhteet ovat taas pahasti häiriintyneet myöhemmissä prosesseissa, niin arkeisen initiaalisuhteen määrittäminen on hyvin epävarmaa.

d) Itä-Suomen alueella käytetyistä ikämäärytysmenetelmistä K-Ar-menetelmä on herkin häiriytymään nuoremmissa geologisissa prosesseissa. Lisäksi K-Ar-systeemin sulkeutumislämpötila tulkitsee usein monimutkaista prosessia eikä vain yhtä jäähtymistapahtumaa. Tämän takia menetelmän antamat radiometriset iät ovat usein tulkinnanvaraisia. Kuitenkin Itä-Suomen arkeisella alueella tällä menetelmällä muiden mainittujen radiometristen ikämäärytysmenetelmien kanssa on mahdollista arvioida nuorempien paleoproterotsooisten geologisten prosessien laajuutta ja mahdollista ajankohtaa.

### ***Naavalan amfiboliitti***

Naavalan rautatieleikkauksen länsiosa (4414 09D;  $x = 7156.380$ ,  $y = 4486.240$ ) koostuu raitaisesta boudinoituneesta amfiboliitista, jossa on homogeenisempia selvästi myöhemmin uudelleen kiteytyneitä raitoja. Mainitusta homogeenisesta osueesta GTK otti minikairalla näytteen Nd-Sm-isotooppityötä varten. Näytteen separointi tuotti pienen määrän epämääräisen muotoisia, ruskehtavia ja pääosin kulmistaan pyöristyneitä zirkoneja. Tulos oli siten outo, koska Itä-Suomen arkeisista amfiboliiteista ei aiemmin ole tavattu zirkoneja. Zirkonit analysoitiin mikrokemian avulla ja tulokseksi saatiin lähes konkordantti 2 700 Ma:n ikä (taulukko 10, liite). Määritetty ikä on sama kuin viereisen Naavalan tonaliitti-granodioriitin monatsiitin ikä ja n. 50 Ma:ta kiven zirkonien ikää nuorempi. Todennäköisesti raitaisen amfiboliitin zirkonit ovat n. 2 700 miljoonan vuoden ikäisten metamorfisten fluidien synnyttämiä nk. hydrotermisiä zirkoneja.

### ***Migmatiittiset tonaliitti-trondhemiitit***

Lentiiran kallioperäkartan alueen vanhimmat zirkoni-iat on määritetty migmatiittisista tonaliitti-trondhemiiteista, jotka sisältävät usein sulkeumina raitaista amfiboliittia. Tämän tyyppin migmatiitin tonaliittisesta paleosomista Lylyvaaralta on saatu U-Pb-menetelmällä zirkonista  $2\,843 \pm 18$  Ma:n ikä (Luukkonen 1985; ks. myös kuva 4a). Vastaavasti Sm-Nd-tulokset paleosominäytteestä (A404b) antaa yli 3 000 miljoonaa vuotta vanhan malli-ian (vrt. taulukko 14, liite).

Edellisen kanssa lähes identtisen tuloksen ovat Rennesin yliopiston tutkijat saaneet Kivijärven gneissistä (= migmatiittisen tonaliitin paleosomista) Rb-Sr-kokokivimenetelmällä ( $2\,860 \pm 90$  Ma). Tämä tulos myöhemmin on varmistettu Nd-Sm -tutkimuksella (= malli-ikä on 2 850 Ma; Martin et al. 1983a, b; Martin 1985, 1989). Kivijärvi-tyypin migmatiitin pieni ISr -arvo ( $0.7023 \pm 8$ ) ja Nd:n initiaalisuhde yhdessä voimakkaasti fraktioituneen REE-jakauman kanssa osoittavat, että gneissin lähtömateriaali ei voi olla peräisin paljon vanhemmasta maankuoren materiaalista. Lisäksi Sr-isotooppitulokset kuvastavat monivaiheista gneissien syntyhistoriaa (Martin et al. 1983 a, b).

### ***Naavalan vaalea tonaliitti-granodioriitti***

Lentiiran kallioperäkarttalehden alueella ikämääritysten perusteella ongelmalliseksi kiveksi osoittautui rapautumispinnaltaan vaalea, paikoin vain haamumaisesti migmatiittinen tonaliitti-granodioriitti. Kostamus-Kontiomäki-rautatien Naavalan rautatieleikkauksesta (4414 09D,  $x = 7156.380$ ,  $y = 4486.290$ ) Rb-Sr-menetelmällä kokokivestä saadaan vaalean granodioriitin iäksi  $2\,620 \pm 70$  Ma ja ISr -arvo on  $0,7024 \pm 6$  (Martin et al. 1983b).

Ranskalaisten määrittämä Rb-Sr -ikä oli ristiriidassa kallioperäkartoituksen yhteydessä saatujen rakennehavaintojen ja geologisen tulkinnan kanssa. Tämän takia GTK otti samasta paikasta uudet näytteet U-Pb- ja Nd-Sm-radiometriasta ikämääritystä varten. Näytteiden lähempi tarkastelu paljasti Naavalan näytteet perin harvinaisiksi, koska niissä esiintyi arkeisen zirkonin ohella myös titaniittia



ja monatsiittia. U-Pb-menetelmällä zirkonista (A1183) kivelle tulee iäksi  $2\,752 \pm 8$  Ma ja monatsiitista  $2\,700 \pm 2$  Ma (taulukko 11, liite) (kuva 29). Tulosten tulkinnan kannalta konkordantti  $2\,700$  Ma:n ikäinen monatsiitti asettaa selvän minimin kiven kiteytymisen iälle. Näytteiden titaniitti on vaaleaa, mutta analyysitulokset on diskordantti ja sivussa zirkonien määräämältä suoralta (kuva 19). On mahdollista, että titaniitti on alkuaan kiven zirkonien tai monatsiitin ikäistä, mutta se on menettänyt lyijyä jonkin myöhäisemmän geologisen prosessin yhteydessä. Samoista GTK:n näytteistä Nd-Sm-menetelmä antaa tulokseksi maksimissaan melkoisen vanhan malli-ikä:  $3\,300 - 3\,200$  Ma. Kaikki tehdyt Nd-Sm-määritykset hajoavat  $2\,740 - 3\,300$  Ma:een (taulukko 14, liite). Lähempi REE-tutkimus yhdessä Nd-Sm-malli-ikäien kanssa osoittavat Naavalan haamumaisien vaaleiden tonaliittien-granodioriittien koostuvan primaarisesti hyvin monen ikäisestä arkeeseen maan kuoren aineksesta. Analyysitulosten perusteella näyttääkin siltä, että Martin et al:n 1983 raportoimat Naavalan Rb-Sr-ikätulokset edustavat yksipuolisesti rautatieleikkauksessa tavattua nuorempaa leikkaavaa leukokraattista graniittia.

### ***Lentiiran mikrotonaliitti***

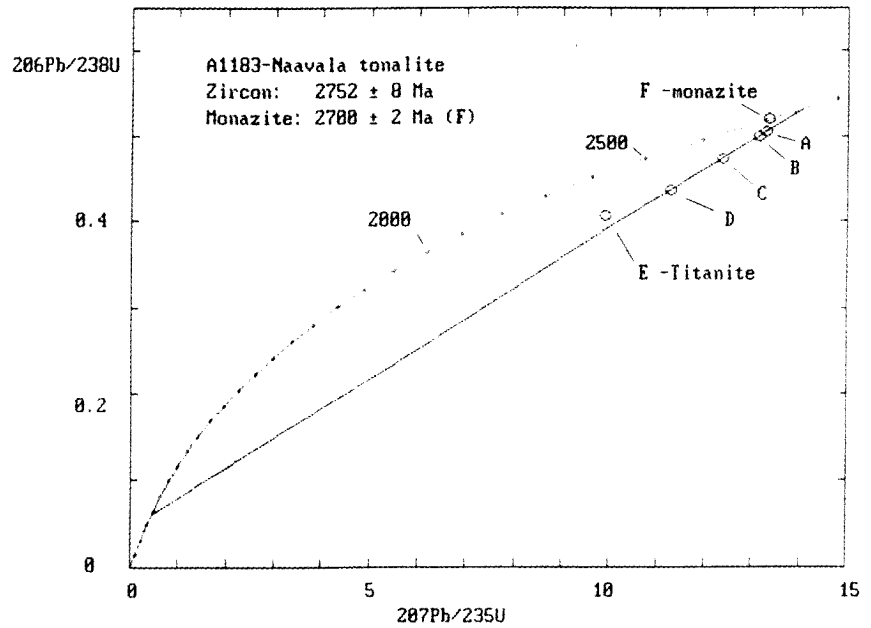
Rakenteen perusteella arkeeseen D3-vaiheeseen kuuluvia mikrotonaliittijuonia ja niihin liittyviä andesiitteja esiintyy yleisesti Vuosanganjärven (4414 02) ja Lentiiran (4414 11) välisellä alueella. Kiven radiometrisellä ikämäärityksellä haluttiin sitoa kivi ja tutkimusalueen rakenne-evoluutio tarkemmin geologiseen aikaan. Tämän takia ikämääritystä varten otettiin näyte Lentiiran eteläpuolelta Ruunasuon itälaidan mikrotonaliittijuonesta (näyte A1147; Ktl 4414 10B, x = 7139.060, y = 4492.960; ks. kuva 8c).

Näyteen zirkonit ovat pieniä (yleensä alle 200 mesh), hyvin vaaleita ja läpikuultavia neulasia, joiden pituus-leveysuhde on poikkeuksellisen suuri (L/B usein yli 10). Vain +4,5/+100 fraktiossa on muutama vierasmuotoinen lyhyt isompi kide. Zirkonien morfologia osoittaa, että kyseessä on todellinen magmakivi eikä paragneissi. Näytteistä separoitu titaniitti on tummaa.

Analyysitulosten perusteella neljän zirkonifraktion antama U-Pb-ikä kivelle on  $2\,701 \pm 13$  Ma (taulukko 12, liite) (kuva 20). Isot pääpopulaatiosta morfologisesti poikkeavat kiteet eivät näytä merkittävästi olevan eri-ikäisiä (fraktio A1147D). Virherajojen puitteissa analysoitu titaniitti on samanikäinen zirkonin kanssa. Sm-Nd-menetelmällä kiven malli-ikäksi saadaan  $2\,871$  Ma (taulukko 14, liite).

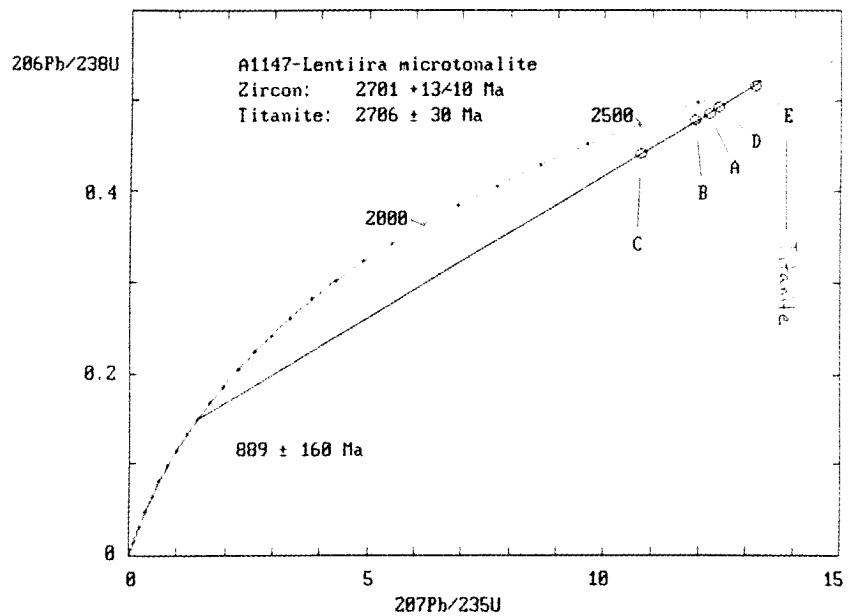
### ***Pitkäperänkankaan meta-andesiitti***

Monin paikoin Vuosanganjärven (4414 02) - Lentiiran (4414 11) välisellä alueella tonaliittisten migmatiittien paleosomina esiintyy intermediaarista meta-andesiitiksi luokiteltavaa kiveä. Kiven iätystä varten valittiin Kuhmon Pitkäperänkankaalta (KTL 4414 02C; x = 7143.100, y = 4465.400; kuva 8b) mahdollisimman hyvin säilynyt kalliopaljastuma, ja siitä otettiin kaksi näytettä. Separoinnissa näytteistä saatiin vain vähän pientä, lyhyttä, vaaleaa ja melko kirkasta



Kuva 19. Viiden zirkonifraktion, yhden titaniitin ja yhden monasiitin tulos- ja lähtöytimen suhteet Naavalan tonaliitista (A1183).

Fig. 19. U-Pb concordia plot for zircons, titanite and monazite for tonalite from Naavala (A1183).



Kuva 20. Viiden zirkonifraktion ja yhden titaniitin tulos- ja lähtöytimen suhteet Lentiiran mikrotonaliitista (A1147).

Fig. 20. U-Pb concordia plot for zircons and titanite for microtonalite from Lentiira.

zirkonia (A1213, A1254), joten sen pitäisi olla varsin hyvää vulkanismin ajoittamiseksi. Zirkonin vähäisyyden vuoksi näytteestä pystyttiin tekemään vain yksi zirkonianalyysi. Sen tulokset ovat melko diskordantit, eikä luotettavaa ikäarviota voida niiden perusteella esittää. Analyysien Pb-Pb-ikä 2 780 Ma ja 2 793 Ma voidaan pitää zirkonien minimi-ikä (taulukko 13, liite).

Samasta muodostumasta noin puoli kilometriä pohjoiseen edellisestä näytteenotto paikasta (KTL= 4414 02C; x = 7143.680; y = 4465.360) otettiin kolmas näyte, ja myös se separoitiin. Näytteen zirkonipopulaatio oli melko heterogeeninen. Analyysi tehtiin melko sameahkosta, suurehkoista, usein särmiltään pyörityneistä ja omamuotoisista kiteistä. Analyysituloksen perusteella näytteen Pb-Pb-ikä on n. 2 692 Ma. Vaikkakaan yhden pisteen avulla ei ikää voida määrätä, niin tulos on selvästi poikkeava kahden edellisen näytteen antamista tuloksista ja on yhdenmukainen Lentiiran Ruunasuon mikrotonaliittijuonesta määritetyn zirkoni-ian kanssa.

### *Diabaasi*

Lentiiran kallioperäkarttalehden alueelta diabaaseja ei ole iätetty, mutta pohjoisemmalla Ala-Vuokin karttalehden alueelta muutamista diabaaseista on tehty radiometrinen ikämääritys U-Pb-menetelmällä zirkonista ja Sm-Nd-menetelmällä pyrokseenista. Iät ovat 2 100 - 2 440 miljoonaa vuotta menetelmän ja juonen mukaan (Vuollo 1994; H. Huhma 1998, suullinen tiedonanto). Yleensä vanhemmat (n. 2 440 miljoonaa vuotta vanhat) diabaasit ovat valtaosin itä-länsi- tai koillis-lounaissuuntaisia.

## **RAKENNEGEOLOGIA, METAMORFOOSI, STRATIGRAFIA JA GEOLOGINEN KEHITYSHISTORIA**

Kohtalaisen hyvän ja tasaisen kalliopaljastuneisuutensa vuoksi Lentiiran kallioperäkarttalehti tarjoaa hyvän lähtökohdan myöhäisjarkeisen monivaiheisen deformaation tutkimukselle. Saatu rakenteiden tutkimustulos yhdessä matalalentogeofysiikan kanssa tekee karttalehden kallioperän kolmiulotteisen hahmottamisen mahdolliseksi.

Vanhin, usein heikko ensimmäisen deformaatiovaiheen (D1) liuskeisuus on tavattu ainoastaan raitaisista amfiboliiteista ja migmatiittisista tonaliittitrondhjemiiteista. Tavallisesti S1 on saman suuntainen S2:n kanssa F2 poimujen kyljillä ja muodostaa siten komposiitti-liuskeisuuden (S<sub>1,2</sub>) S2:n kanssa (kuvat 3a, 3b, 3c, 3d, 4a, 4b). F2-poimujen lukko-osassa S1 eroaa F2:n akselitasoliuskeisuudesta (S2) ja näkyy vanhimman sarvivälkkeen ja tremoliitin suutautumisenä sekä vanhimman oligoklaasin ja biotiitin (± sarvivälkkeen) suutautumisenä raitaisissa tonaliitti-trondhjemiiteissa. Vastaava rakenneseuranto on tavattu Lentiiran kallioperäkarttalehden pohjoispuolelta Moisiovaaran ja Ala-Vuokin kallioperäkarttalehtien alueelta (Luukkonen 1988).

Lentiiran kallioperäkarttalehden alueella selvimpiä vanhimpien kivien raken-

teita ovat toisen deformaatiovaiheen (D2) tiiviit, isokliiniset ja juurettomat F2-poimut. F2:n poimuakselit ovat usein loivakaateisia, sekä akselitasot loivia tai jyrkkiä. S2-liuskeisuus erottuu F2:n akselitasoliuskeisuutena ja näkyy plagio-klaasin, amfibolien ja biotiitin suuntauksena. Vanhimpien kivien silmiinpistävä rakenne, migmatiittisten tonaliitti-trondhjemiiittien ja amfiboliittien raitaisuus, on alkanut kehittyä jo D1:n aikana ja kehittynyt loppuun D2:n aikana metamorfisen segregoitumisen tuloksena. Metamorfisten painelämpömittarien perusteella tämä prosessi on tapahtunut amfiboliitti ( $\pm$  granuliittifasieksen) -oloissa (M. Pajunen 1998, suullinen tiedonanto). U-Pb-ikämääritysten perusteella D2 deformaatioon liittyvä metamorfoosi (M2) ajoittuu 2 850 ja 2 837 miljoonan vuoden välille (Luukkonen 1985, 1992). Isotooppi- ja REE-tutkimusten perusteella migmatiittisten tonaliitti-trondhjemiiittien materiaali on syntynyt suurelta osalta lyhytikäisestä basalttisesta maankuoresta (mahdollisesti granaattipitoisista tholeiittisista amfiboliiteista) osittain sulamisen kautta. Sm-Nd- ja Rb-Sr-isotooppi-tutkimustulosten perusteella varhainen basalttinen materiaali on erkaantunut maan vaipasta alle 150 miljoonaa vuotta ennen osittaista sulamistaan (Martin et al. 1983 b).

Rakennegeologisten tutkimusten perusteella toisen (D2) deformaatiovaiheen jälkeen ajoittuu varsinaisen Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen laavojen kerrostuminen mantereeseen sisään syntyneeseen rift-ympäristöön. Arkeeseen maankuoren repeämisen ja mainittujen laavojen aiheuttajaksi on tulkittu laaja-alainen vaipan pluumi, joka tuolloin on sijainnut Karjalan arkeeseen provinssin alla (Luukkonen 1992). Lentiiran kallioperäkarttalehden alueelta varsinaisen Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen pintasyntyisiin kivilajeihin korreloituvat litogeokemian perusteella komatiittiset serpentiniitit (alkuaan komatiittista laminaarista laavavirtaa) ja muut ultraemäksiset kivet sekä tholeiittiset uraliittiporfyyriitit, sarvivälkegabrot ja meta-andesiitit. U-Pb-ikämääritysten perusteella vihreäkivivyöhykkeen tholeiittibasaltit alkoivat purkautua n. 2 790 miljoonaa vuotta sitten (Luukkonen 1988), komatiittinen vulkanismi päättyi n. 2 767 miljoonaa vuotta sitten (Huhma 1995, A1418, kirjallinen tiedonanto) ja vulkanismi Kuhmon alueella jatkui tauon jälkeen vielä andesiittisena purkauksena n. 2 700 miljoonaa vuotta sitten.

Kolmannen deformaation (D3) poimut ovat tyypiltään chevron- ja tight similar -tyyppisiä, assymmetrisiä, oikeakätisiä tai ylityöntöpoimuja (kuva 3a, 4b ja 8c). Niiden akselikaateet ja akselitasot ovat tavallisesti melko jyrkkäkaateisia. Suunnaltaan D3-poimut ovat pohjois-pohjoiskoillisia, mutta poikkeuksellisesti Kotajärven (4414 02B) ja Hietajärvien (4432 03A) välisellä, n. 2 km leveällä alueella D3-poimut ovat usein lähes itä-länsisuuntaisia ja vasenkätisiä. Tämä alue edustaa todennäköisesti kahden Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen itäpuolella olevan arkeeseen lohkon törmäyskohtaa, ja sille ovat tyypillisiä myös länsi-itäsuuntaiset D3-ikäiset myloniitit (kuva 21, 22). Lentiiran kallioperäkarttalehden alueella ellipsin muotoiset F3-F2 interferenssikuviot ovat yleisiä, kuten myös Moisiovaaran (4421) ja Ala-Vuokin (4423+4441) kallioperäkarttalehtien alueella (Luukkonen 1988). Samankaltaiseen kolmiulotteiseen lopputulokseen ovat päätyneet myös Rennesin yliopiston tutkijat (Je'gouzo & Blais 1995).

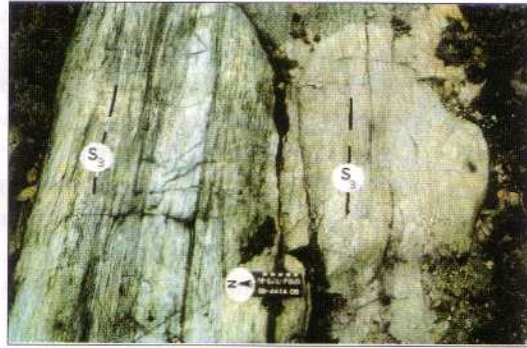
Rakennegeologisten havaintojen perusteella kolmas deformaatiovaihe alkoi

idästä länteen suuntautuvalla ylityönöllä, joka melko pian muuttui läntisen ja itäisen granitoidialueen asennon kiertymiseksi ja strike slip -tyypin siirrostumiseksi Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen kohdalla ja sen molemmiin puolin (kuva 22, vrt. myös Je'gouso & Blais 1995). Rakennetulkintaa puoltavat myös alueelle tehty syväseisminen refraktioluotaus sekä sen tuloksiin pohjautuva tulkintamalli (Yliniemi et al. 1992). Tähän suureen arkeeseen maankuoren läpi ulottuvaan liikuntoon liittyvät myös alueella runsaana esiintyvien tonaliittien ja granodioriittien intrudoituminen nykyiselle eroosiotasolle. Osa nk. D3-intruusioista on aloittanut "taipaleensa" arkeeseen maankuoren alaosaan nykyiselle eroosiotasolle jo D2:n ja D3:n välillä, osa vasta D3-deformaation alussa ja osa ilmeisesti varsin myöhään D3-deformaatiovaiheen lopussa. Granitoidien koostumus vaihtuu tonaliittisesta kohti graniittisempaa granitoidien nuoremmien myötä. Yhdessä D3:n ylityönön ja poimutuksen kanssa granitoidit lisäsivät nopeasti arkeeseen maankuoren paksuutta. Lisäksi granitoidien mukana maankuoren alaosaan nousivat lämpöä tuottavat alkuaineet, kuten kalium, uraani ja thorium, maankuoren ylempiin osiin. Tämä osaltaan jäähdytti arkeesta maankuorta ja muutti sitä entistä jäykemmäksi. D3-heikkoussaumoissa liikuntoihin ja granitoidien nousuun liittyvät yleisesti vahvat metasomaattiset prosessit, jotka nykyisellä eroosiotasolla ilmenevät mm. liikuntasauvojen vahvana kvartsiutumisenä, epidoottiutumisenä ja kloriittiutumisenä sekä niiden välittömässä läheisyydessä vahvana graniittiutumisenä.

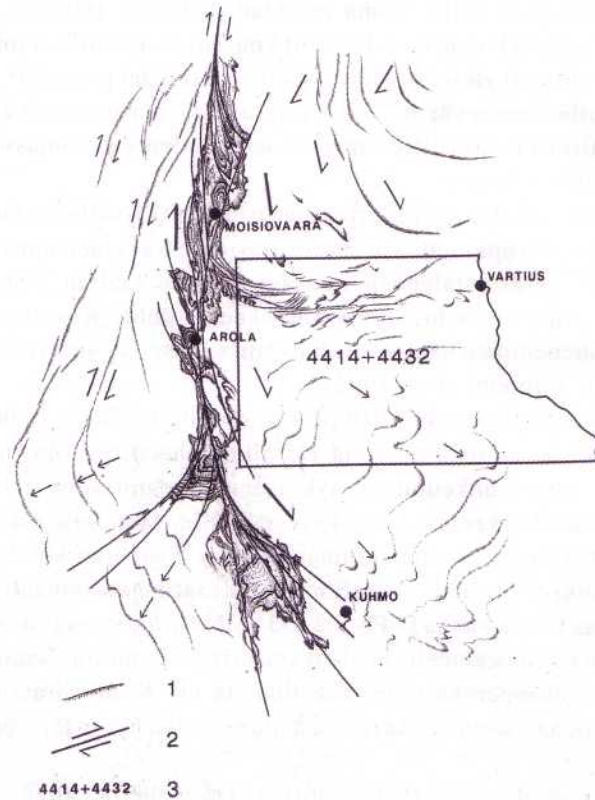
Geologisten painelämpömittarien perusteella D3-vaiheen metamorfoosi on ollut laajalla alueella epidootti-amfiboliittifasieksessa ja metamorfoosiaste näyttää kohoavan kallioperäkarttalehden itäosassa. Piirre saattaa johtua maankuoren ohenemisesta Kuhmon vihreäkivivyöhykkeeltä kohti Kostamusta mentäessä. Maankuoren oheneminen näkyy selvästi mm. syväseismisten refraktioluotausten tuloksissa (vrt. Yliniemi et al. 1992).

Lentiiran Ruunasuon (4414 10B) mikrotonaliitin  $2\,701 \pm 13$  miljoonaa vuotta vanha U-Pb-ikä zirkonista osoittaa D3-alkuvaiheen, jolloin mikrotonaliittien ensimmäiset juonet tunkeutuivat nykyiseen eroosiotasoon ja niitä vastaavat andesiittiset laavat arkeeseen maankuoren päälle. Mahdollisesti saman vaiheen vahvaan metasomaattiseen tapahtumaan liittyy Naavalan kohdalta (4414 09D) rautatieleikkauksen raitaisesta amfiboliittista saatu metasomaattisen zirkonin n. 2 700 miljoonaa vuotta vanha U-Pb-ikä. D3 huippuvaiheen granitoideista Lentiiran kallioperäkarttalehden alueelta ei ole ikämäärityksiä, mutta aiemmin kartoitetulta Moisiovaaran kallioperäkarttalehden alueelta nk. Konivaaran granodioriitin  $2\,697 \pm 10$  miljoonaa vuotta vanha ikä vastanee melko hyvin tätä tektonismetamorfista tapahtumaa.

Neljäs deformaatiovaihe (D4) on toinen, D3:n ohella, lähes jokaisella kalliopaljastumalla havaittava arkeinen deformaatiovaihe. Sille ovat tyypillisiä pystyakseliset, luode-kaakko- tai pohjoisluode-eteläkaakkoisuuntaisten akselitason omaavat oikeakätiset, kink- tai asymmetriset poimut. Yleisestä D4 esiintymistyylistä poiketen Ahvenjärven (4414 01A) ja Kiimavaaran (4414 12D) välisellä muutaman kilometrin leveällä alueella D4:n kohtisuora conjugate-suunta on selvästi erottuva. Sille ovat tyypillisiä vasenkätiset asymmetriset tai



Kuva 21. D3-ultramyloniitti. Pitkäsuo, 4414 06A, x= 7150.395, y= 4472.755.  
Fig. 21. D3 ultramylonite.



Kuva 22. Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen ja sen lähiympäristön D3-suurrakenteet.  
1. Ylityöntö- tai siirrosvyöhyke. 2. D3-strike-slip-tyypin siirros. 3. Lentiiran kallioperäkarta-  
lehden (4414+4432) alue.  
Fig. 22. Regional structural geometry of the Kuhmo greenstone belt and surrounding granitoids  
following D3 deformation.  
1. Overthrust or fault zone. 2. D3 strike-slip fault zone. 3. Lentiira map sheet (4414+4432) area.

kink-tyypin poimut. F4-poimut deformaivat vanhempia poimuja ja liuskeisuuksia, sekä muodostavat niiden kanssa elliptisiä tai haaroittuvia intereferenssikuvioita. F4:n akselitasoliuskeisuus (S4) esiintyy usein shear cleavage-, slip cleavage- tai fracture cleavage-tyyppisenä. Näistä viimeinen liuskeisuustyyppi on selvä osoitus deformaation asteittaisesta muuttumisesta plastisesta hauraammaksi.

Monin paikoin tavataan vanhoissa migmatiittisissa tonaliitti-trondhjemiteissa D4 deformaatiovaiheeseen liittyviä luode-kaakkosuuntaisia tai koillis-lounais-suuntaisia, keskirakeisia aplograniittijuonia. Niiden leveys maksimissaan on korkeintaan muutama metri. Lylyvaaran maantieleikkauksen (4414 09A) aplograniittijuoni antoi U-Pb-ikä määritysmenetelmällä zirkonin ja titaniitin iäksi  $2\,657 \pm 32$  miljoonaa vuotta (Luukkonen 1985). Tätä ikää voidaan pitää D4:n huippuvaiheen ja siihen liittyvän metamorfoosin ikänä.

Lentiiran kallioperäkarttalehden alueella nuoremmat arkeiset deformaatiovaiheet ovat yleensä hauraita liikuntoja, ja niihin liittyy graniioriitti-, graniitti- ja pegmatiittijuonitusta. Niiden yhteisvaikutus vanhempiin rakenteisiin on minimaalinen. Lylyvaaran tieleikkauksesta (4414 09A) D5:n ikäisestä pegmatiittijuonesta ja D6:n ikäisestä graniioriittijuonesta (kuva 4a) määritetty zirkonin U-Pb-ikä määritys antoi tulokseksi  $2\,665 \pm 32$  miljoonaa vuotta (Luukkonen 1985). Tämä tulos on virherajojen puitteissa lähes sama kuin D4:n aplograniittijuonien ikä.

Arkeisten deformaatiovaiheiden jälkeen arkeisen maailmankauden lopussa maankuori jäykistyi (kratonisoitui) lisää. Kunnes paleoproterotsooisen kauden alussa mahdollisesti vaippaperäisen underplating-tapahtuman seurauksena arkeinen maankuori sulii alaosastaan. Tästä tapahtumasta ovat osoituksena Siikajärven (4414 03 D) graniittiporfyyrijuoni ja kallioperäkarttalehden pohjois-laitaan ulottuva porfyyrinen Tuliniemet-tyypin kaligraniitti (4414 06B). Ala-Vuokin kallioperäkarttalehden alueelta em. kiviä vastaavalle graniittiporfyyrijuonelle on määritetty  $2\,435 \pm 12$  miljoonaa vuotta vanha zirkonin ikä (Luukkonen 1988). Lisäksi muutamat itä-länsisuuntaiset diabaasijuonet ovat todennäköisiä tätä ikäluokkaa. Juonien tunkeutuminen liittyy todennäköisesti arkeisten D3- ja D5-rakenteiden paleoproterotsooiseen uudelleen aktivoitumiseen.

Seuraava huomattava, ikämäärityksin varmistettu paleoproterotsooinen uudelleen aktivoituminen tapahtui n. 2 200 - 2 100 miljoonaa vuotta sitten. Siitä ovat osoituksena itä-länsisuuntaiset, luode-kaakkosuuntaiset ja koillis-lounais-suuntaiset diabaasijuonet. Muutamia tämän deformaatiovaiheen diabaaseista ovat hiertyneet, ja se osoittaa paleoproterotsooisen reaktivaation voimakkuutta muutamissa D4- ja D4 conjugate -heikkoussaumoissa.

Kolmas paleoproterotsooinen Itä-Suomen arkeisen alueen reaktivaatio ajoittuu 1 850 ja 1 800 miljoonan vuoden välille. Se näkyy ainoastaan nuorimman biotiitin ja serisiitin K-Ar-ikänä (Kallio et al. 1986, 1987). Tähän vaiheeseen ei ole todettu liittyvän enää diabaasijuonien tai graniittien intrudoitumista.

Kallioperäkarttalehti-alueen viimeistä ja todennäköisesti mesoproterotsooisena tapahtumaa rekisteröivät Lumiahon (4414 08D) ultrakalinen breksia ja timanttietsintöjen yhteydessä paikannetut Naavalan lamproiittijuonet (4414 09D). Niistä toistaiseksi ei ole ikämäärityksiä, mutta muualta Väli-Suomen alueelta vastaavis-

ta lamproiittijuonista saadun analogian perusteella ne lienevät 1 350 - 1 000 miljoonaa vuotta vanhoja.

## **RAKENNUSKIVI- JA MALMIAIHEITA**

Lentiiran kallioperäkarttalehden alueen itäosan pyrokseeni-(± oliviini)-diabaasit saattavat olla paikoin tarpeeksi ehjiä mustan rakennuskiven raaka-aineeksi. Tämän tyyppin juonia on verrattain runsaasti Änättijärven itäpuolella mm. Haapavaaran alueella (4414 11D).

Toistaiseksi tutkitut granitoidit ja migmatiitit ovat olleet liian rikkonaisia rakennuskiviksi, mutta niiden suurten heikkousvyöhykkeiden väleissä olevat ehjemmät osat saattaisivat olla sopivia hyödynnettäviksi.

Vuosisadan alussa serpentiniittejä ja niiden enemmän vuolukiviäntyneitä osia on louhittu uunien raaka-aineeksi. Tällainen hylätty vuolukivilouhos on ollut mm. Naavalassa (4414 09D, x = 7156.380, y = 4487.290) Kostamusradan eteläpuolella. Sieltä ja muualta tähän mennessä paikannetut vuolukiviäntyneet ultramafiitit ovat olleet kooltaan liian pieniä, jotta niillä olisi taloudellista merkitystä.

Toistaiseksi Lentiiran kallioperäkarttalehden alueelta on löytenyt niukasti metallisia sulfidi- tai oksidimineralisaatioita. Kajaani Oy Malminetsintä ja Outokumpu Oy Malminetsintä etsivät 1970- ja 1980-luvuilla Iivantiiran ympäristöstä antimoniam, sheeliittiä, sinkkiä, lyijyä ja nikkeliä. Kolmen ensin mainitun metallin paikannetut, pienet mineralisaatiot ovat sidoksissa yleensä itä-länsisuuntaisiin, vahvasi metasomaattisesti muuttuneisiin heikkoussaumoihin. Kajaani Oy:n Malminetsinnän paikantama Riihilammen nikkelimineralisaatio (4414 06A) liitettiin serpentiniittiäntyneeseen komatiittiseen oliviiniortokumulaattiin. Hyödynnettäväksi sekin on liian pieni ja pitoisuudeltaan alhainen.

1980- ja 1990-luvuilla suoritettu timanttietsintä on tuottanut Lentiiran ympäristöön muutaman mielenkiintoisen kohteen. Niiden jatkotutkimukset ovat pariaikaa menossa.



## GEOLOGISIA TUTUSTUMISKOhteITA

**Julmavaara** (4414 03 B, x = 7155.100, y = 4462.500). Tienvarsipaljastuma, voimakkaasti muuttunut raitainen amfiboliitti.

**Lylyvaara** (4414 09A, x = 7151.380, y = 4481.820). Tienvarsipaljastuma, monivaiheisesti poimuttunut vanha tonaliitti-trondhjemiiitti.

**Purnu** (4414 03A, x = 7151.060, y = 4462.500). Tienvarsipaljastuma, D3-vaiheen granodioriitti-kvartsidioriitti.

**Lipukkavaara** (4414 06C, x = 7151.580, y = 4479.130). Serpentiiniitti (= serpentiiniittiytyneitä oliviinipseudomorfooseja sisältävä komatiittinen oliviini-ortokumulaatti).

**Ruunasuo** (4414 10B, x = 4414.040, y = 4492.940). Mikrotonaliittijuoni, joka sisältää sulkeumina vanhaa raitaista tonaliitti-trondhjemiiittia.

**Tasanko** (4414 05D, x = 7147.950, y = 4478.340). Kolmesta eri koostumuksen omaavasta sisäkkäisestä juonesta koostuva kompleksinen diabaasijuoni.

**Lumivaara** (4414 08D, x = 7146.040, y = 4485.820). Ultrakalinen breksia.

**Nivankoski** (4414 09D, x = 7156.920, y = 4486.700). Lamproiittijuoni.

## VIITTEET-REFERENCES

- Arth, J.G. & Hanson, G.N. 1972.** Quartz diorites derived by partial melting of eclogite or amphibolite at mantle depths. *Contribution Miner. Petrol.* 37, 161-174.
- Arth, J.G. & Hanson, G.N. 1975.** Geochemistry and origin of the early Precambrian crust of northeastern Minnesota. *Cochim. Cosmochim. Acta*, 39, 325-362.
- Arth, J.G., Barker, F., Peterman, Z.E. & Frideman, I. 1978.** Geochemistry of the gabbro-diorite-tonalite-trondhjemite suite of south-west Finland and its implications for the origin of tonalitic and trondhjemitic magmas. *J. Petrology* 19, 289-316.
- Brown, G.C. 1981.** Space and time in granite plutonism. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* A301, 321-336.
- Halliday, A.N., Luukkonen, E.J. & Bowes, D.R. 1988.** Rb-Sr whole-rock isotopic study of late Archaean and early Proterozoic granitoid intrusions, Kainuu, Eastern Finland. *Bull. Geol. Soc. Finland* 60, Part 2, 107-113.
- Higgins, M.W. 1971.** Cataclastic rocks. *U.S. Geol. Surv. Spec. Paper* 687, 97 s.
- Horneman, R., Hyvärinen, T. & Niskanen, P. 1988.** The granitoids surrounding and intruding the Kuhmo greenstone belt, eastern Finland. *Julkaisussa: E. Marttila (toim.) Archaean geology of the Fennoscandian Shield, Geol. Surv. Finland, Spec. Paper* 4, Sivut 97-121.
- Hill, R.E.T., Gole, M.J. & Barnes, S.J. 1987.** Physical volcanology of komatiites - a field guide to the komatiites between Kalgoorlie and Wiluna, Eastern Goldfields Province, Yilgarn Block, Western Australia. *Geol. Soc. Aust. (W.A. Division), Exc. Guide Book* 1, 74 s.
- Hill, R. 1997.** Komatiite volcanology and associated nickel sulphide deposits. *Julkaisussa: Papunen, H. (toim.) Mineral Deposits: Research and Exploration Where do They Meet?* Balkema, Rotterdam: 3-6.
- Huppert, H.E. & Sparks, R.S.J. 1985.** Komatiites I: Eruption and Flow. *J. Petrol.* 26, 694-725.
- Hyppönen, V. 1983.** Kallioperäkarttojen selitykset, 4411 Ontojoki, 4412 Hiisijärvi ja 4413 Kuhmo. English summary: Pre-Quaternary rocks of the Ontojoki, Hiisijärvi and Kuhmo map sheet areas. *Geological map of Finland 1 : 100 000, Espoo: Geological Survey of Finland.* 60 s.

- Hyvärinen, T. 1989.** Granitoids in the Puukari Map sheet. Julkaisussa: G. Gaál (toim.) Archean granitoids and associated Mo, W and Au mineralization in eastern Finland. Geologian tutkimuskeskus, Opas-Quide 25, 29-33.
- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A. 1971.** A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Science. Vol. 8, 317-324.
- Jégouzo, P. & Blais, S. 1995.** Structural evidence for collision tectonics in the Archean of eastern Finland. *Geodynamica Acta* (Paris) 1995, 8, 1-12.
- Jensen, L.S. 1976.** A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. Ontario Division of Mines, Miscellaneous Paper No. 66.
- Kallio, P., Kontinen, A., Lukkarinen, H., Luukkonen, E. & Paavola, J. 1986.** Biotiitin K - Ar iäkiä Itä-Suomen granitoidialueelta. English summary: K - Ar age determinations on biotite from Archean granitoids, eastern Finland. *Geologi* 38, 83-85.
- Kallio, P., Kontinen, A., Lukkarinen, H., Luukkonen, E. & Paavola, J. 1987.** Sarvivälkkeen K - Ar iäkiä Itä-Suomen arkeaiselta granitoidialueelta. English summary: K - Ar determinations on hornblende from Archean granitoids, eastern Finland. *Geologi* 39, 63-65.
- Kilpelä, M. 1991.** Itä-Kainuun varhaisproterotsooiset diabaasit. Pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto Geologian laitos. 113 s.
- Le Maitre, R.W. 1976.** Some problems of the projection of chemical data into mineralogical classifications. *Contrib. Miner. Petrol.* 56, 181-189.
- Luukkonen, E.J. 1988.** Moisiovaaran ja Ala-Vuokin kartta-alueen kallioperä. English summary: Pre-Quaternary rocks of the Moisiovaara and Ala-Vuokki map-sheet areas. Geological map 1 : 100 000. Espoo: Geological Survey of Finland. 90 s.
- Luukkonen, E.J. 1992.** Late Archean and early Proterozoic structural evolution in the Kuhmo - Suomussalmi terrain, eastern Finland. *Tutun yliopiston julkaisuja - Annales Universitatis Turkuensis. Sarja - Ser. A II. Biologica - Geographica - Geologica.* 1-37.
- Luukkonen, E.J. 1993.** Lentiira. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000, lehti 4414+4432.
- Martin, H. 1985.** Nature, origine et évolution d'un segment de croûte continentale archéenne: contraintes chimiques et isotopiques. Exemple de la Finlande orientale. *Mém. Doc. Centre Arm. et Struct. Socles I.* 392 s.
- Martin, H. 1987a.** Evolution in composition of granitic rocks controlled by time-dependent changes in petrogenetic processes: examples from the Archean of Eastern Finland. *Precambrian Res.* 35, 257-276.
- Martin, H. 1987b.** Petrogenesis of Archean trondhjemites, tonalites and granodiorites from eastern Finland: major and trace element geochemistry. *J. Petrol.* 28, 921-958.
- Martin, H. 1989.** Archean chronology in the eastern part of the Baltic Shield: a synthesis. *Precambrian Res.*, 43, 67-77.
- Martin, H., Chauvel, C. & Jahn, B.M. 1983a.** Major and trace element geochemistry and crustal evolution of Archean granodioritic rocks from eastern Finland. *Precambrian Res.*, 21, 159-180.
- Martin, H., Chauvel, C., Jahn, B.M. & Vidal Ph. 1983b.** Rb-Sr and Sm-Nd ages and isotopic geochemistry of Archean granodioritic gneisses from Eastern Finland. *Precambrian Res.*, 20, 79-91.
- Martin, H. & Querré, G. 1984.** A 2.5 Ga reworked sialic crust: Rb-Sr ages and isotopic geochemistry of late Archean volcanic and plutonic rocks from E. Finland. *Contrib. Mineral. Petrol.* 85, 292-299.
- Martin, H., Auvray, B., Blais, S., Capdevila, R., Hameurt, J., Jahn, B.M., Piquet, D., Querré, G. & Vidal, Ph. 1984.** Origin and geodynamic evolution of the Archean crust of eastern Finland. *Bull. Geol. Soc. Finland* 56, Part 1-2, 135-160.
- Mehnert, K.R. 1971.** Migmatites and the origin of granitic rocks. Elsevier, Amsterdam. 405 s.
- Mitchell, R.H. 1995.** Kimberlites, orangeites, and related rocks. Plenum, New York, 410 s.
- Moorbath, S. 1975.** Evolution of Precambrian crust from strontium isotopic evidence. *Nature* 254, 395-398.
- O'Brien, H.E. & Tyni, M. 1998.** Mineralogy and Geochemistry of Kimberlites and Related Rocks from Finland. In: Seventh International Kimberlite Conference, Cape Town, April 1998. Extended abstracts. Cape Town: Organising Committee of the 7th IKC, 643-645.

- O'Brien, H & Marmo, J. 1999.** Diamond potential of Finland: thick lithospheric mantle, kimberlite/lamproite probes, and diamond indicator minerals. In: An introduction to diamonds: IAEG weekend course 1999, Bundoran, 8th and 9th May 1999. Bundoran: Irish Association for Economic Geology. 8 s.
- O'Connor, J. T. 1965.** A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper. 525-B, B79-B84.
- Nikitina, L.P. 1995.** Mineralogy and isotope geochemistry of the Kostamuksha lamproites: Abstract. Conf. "Precious metals and diamond in the Northern European Russia", Petrozavodsk, 20-21.
- Rybakov, S.I. & Lobach-Zhuchenko, S.B. 1981.** Greenstone belts of the Fenno-Karelian craton. K. Puustinen (toim.) Geological, geochemical and geophysical investigations in the eastern part of the Baltic Shield, 19-41. The Committee for Scientific and Technical Co-operation between Finland and the Soviet Union, Helsinki.
- Stacey, J.S. & Kramers, J.D. 1975.** Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. Earth Planet Sci Letter 26. 207-221.
- Vuollo, J. 1994.** Palaeoproterozoic basic igneous events in Eastern Fennoscandian Shield between 2.45 and 1.97 Ga studied by means of mafic dyke swarms and ophiolites in Finland. Acta Universitatis Ouluensis, Series A 250. Oulun Yliopisto. 112 s.
- Yliniemi, J. 1992.** Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen seisminen luotaus. Global Geoscience Transect. Raportti Suomen GGT -hankkeen työkokouksesta. Geologian ja mineralogian osaston julkaisuja No 31, s. 35.
- Wilkman, W.W. 1921.** Nurmes. Suomen geologinen yleiskartta 1 : 400 000, lehti D4. Vuorilajikartan selitys. Suomen Geologinen Komissioni. 126 s.



Liite - Appendix

1. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Särkisuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.290, y = 4474.420. Anal. K8910165.
2. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pääkönvaara, Kuhmo. 4414 03C; x = 7152.740, y = 4467.335. Anal. K8910151.
3. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pääkönvaara, Kuhmo. 4414 03C; x = 7152.750, y = 4467.260. Anal. K8910152.
4. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pääkönvaara, Kuhmo. 4414 03C; x = 7152.750, y = 4467.260. Anal. K8910153.
5. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Lapinjärvi, Kuhmo. 4414 03C; x = 7150.800, y = 4467.900. Anal. K8910118.
6. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Lapinjärvi, Kuhmo. 4414 03C; x = 7150.800, y = 4467.900. Anal. K8910119.
7. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Lapinjärvi, Kuhmo. 4414 03C; x = 7150.800, y = 4467.900. Anal. K8910120.
8. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Lapinjärvi, Kuhmo. 4414 03C; x = 7150.800, y = 4467.900. Anal. K8910121.
9. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Lapinjärvi, Kuhmo. 4414 03C; x = 7150.700, y = 4468.200. Anal. K8910122.
10. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.320, y = 4472.760. Anal. K8910101.
11. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.320, y = 4472.760. Anal. K8910102.
12. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäperänkangas, Kuhmo. 4414 02C; x = 7143.060, y = 4465.400. Anal. K8910103.
13. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäperänkangas, Kuhmo. 4414 02C; x = 7143.060, y = 4465.400. Anal. K8910104.
14. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäperänkangas, Kuhmo. 4414 02C; x = 7143.060, y = 4465.400. Anal. K8910105.
15. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.360, y = 4472.890. Anal. K8910090.
16. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.360, y = 4472.890. Anal. K8910091.
17. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.360, y = 4472.890. Anal. K8910092.
18. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.360, y = 4472.890. Anal. K8910093.

%	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
SiO <sub>2</sub>	66,77	72,83	59,67	56,87	72,04	56,33	60,88	49,44	47,87	48,67	47,68	47,41	50,51	67,19	63,09	68,22	64,32	63,24
TiO <sub>2</sub>	0,44	0,2	0,61	0,68	0,32	0,74	0,57	0,95	0,91	0,67	0,61	0,64	0,46	0,53	0,59	0,58	0,54	0,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,14	14,61	14,3	15,03	13,73	14,15	14,5	14,88	13,78	15,12	14,82	14,05	14,79	16,22	15,11	15,38	15,19	16,26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	6,73	2,1	9,83	11,57	4,21	12,78	8,84	13,25	13,48	11,45	11,52	11,34	9,37	3,55	5,42	4,63	5,23	5,28
MnO	0,11	0,05	0,21	0,5	0,2	0,28	0,18	0,23	0,28	0,16	0,2	0,22	0,17	0,05	0,09	0,06	0,1	0,09
MgO	4,52	0,91	4,75	4,56	1,59	4,27	4,12	6,74	6,72	8,73	10,4	8,28	9,41	1,01	3,66	1,88	3,37	3,43
CaO	5,5	2,62	4,94	4,53	3,32	7,65	4,88	11,77	14,05	11,21	11,67	14,03	12,86	3,75	7,14	3,69	5,41	5,78
Na <sub>2</sub> O	0,17	5,21	2,26	1,65	3,35	2,38	2,75	2,31	1,11	2,28	1,95	1,43	2,24	4,66	3,45	4,11	2,99	3,24
K <sub>2</sub> O	0,21	0,98	2,71	3,27	1,29	1,18	1,28	0,89	0,73	0,63	0,42	0,35	0,7	1,44	1,32	1,91	2,37	1,93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	0,02	0,06	0,1	0,04	0,06	0,1	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,04	0,13	0,18	0,21	0,15	0,19
H <sub>2</sub> O	3,09	0,59	1,38	1,74	0,82	1,23	2,24	1,55	1,77	1,95	1,85	2,48	1,68	0,49	0,76	0,71	1,08	0,97
ppm:																		
C	0	800	0	100	0	100	0	0	1200	300	100	700	500	100	0	0	1900	0
S	0	700	2700	5200	1600	8700	2200	100	1900	200	0	0	0	500	300	1400	0	800
V	91	0	164	199	78	208	155	269	259	188	174	174	148	93	97	88	91	98
Cr	349	0	403	305	158	306	377	230	218	272	403	378	319	66	164	48	113	97
Cu	4	14	85	160	42	133	73	23	176	134	37	21	22	29	21	78	5	38
Zn	94	57	70	121	55	34	75	24	126	11	13	21	10	55	41	64	78	74
Mb	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Pb	36	33	52	69	28	38	46	17	22	13	15	18	14	24	20	32	35	30
Ni	124	11	268	186	72	157	226	38	58	22	44	42	24	20	54	21	68	46
Rb	0	40	103	176	64	51	54	35	29	31	0	0	0	66	35	96	98	80
Sr	434	426	311	249	272	183	410	178	236	122	142	170	185	313	283	397	248	317
Y	0	0	0	36	21	23	0	27	25	21	0	0	0	0	0	0	0	0
Zr	97	122	73	61	62	58	69	54	52	44	37	38	27	143	123	151	123	119
Nb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	183	369	744	843	392	294	710	135	153	119	125	97	152	485	537	533	362	546
Th	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Taulukko 2 jatkuu  
Table 2. continues

Liite - Appendix

19. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.400, y = 4472.900. Anal. K8910094.
20. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.510, y = 4472.910. Anal. K8910095.
21. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.380, y = 4472.810. Anal. K8910096.
22. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.380, y = 4472.810. Anal. K8910097.
23. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.380, y = 4472.810. Anal. K8910098.
24. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.400, y = 4472.760. Anal. K8910099.
25. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.370, y = 4472.820. Anal. K8910100.
26. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.320, y = 4472.760. Anal. K8910101.
27. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.320, y = 4472.760. Anal. K8910102.
28. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pääkönvaara, Kuhmo. 4414 03C; x = 7152.750, y = 4467.260. Anal. K8910151.
29. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pääkönvaara, Kuhmo. 4414 03C; x = 7152.750, y = 4467.260. Anal. K8910152.
30. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Pääkönvaara, Kuhmo. 4414 03C; x = 7152.750, y = 4467.260. Anal. K8910153.
31. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.170, y = 4461.530. Anal. K8910133.
32. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.170, y = 4461.530. Anal. K8910134.
33. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.170, y = 4461.530. Anal. K8910135.
34. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.170, y = 4461.530. Anal. K8910137.
35. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.170, y = 4461.530. Anal. K8910138.
36. Raitainen amfiboliitti - *Banded amphibolite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.170, y = 4461.530. Anal. K8910139.

Taulukko 3. Raitaisten, migmatiittisten tonaliitti/trondhjemittien kemiallisia koostumuksia. XRF -analyysit ja NAA-analyysi (1344) on tehty XRALL-laboratoriossa (1344) ja Geologian tutkimuskeskuksessa.

Table 3. Chemical composition of banded, migmatitic tonalites/trondhjemites. XRF -analyses and NAA -analysis (1344) determined in XRALL -laboratory and in Geological Survey of Finland.

%:	37	38	39	40	41
SiO <sub>2</sub>	64,93	61,81	68,42	71,95	67,89
TiO <sub>2</sub>	0,668	0,83	0,25	0,29	0,71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,07	16,44	15,95	14,53	14,66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> t	5,73	5,44	2,79	2,05	4,19
MnO	0,094	0,06	0,05	0,03	0,07
MgO	2,71	1,39	1,47	0,91	1,45
CaO	4,3	3,72	3,49	2,28	2,27
Na <sub>2</sub> O	3,85	4,38	4,88	4,46	3,45
K <sub>2</sub> O	2,2	2,94	1,26	2,05	3,73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,171	0,45	0,09	0,09	0,19
H <sub>2</sub> O	1,15	0,85	0,58	0,8	0,65
ppm:					
C	0	-	-	-	-
S	250	-	-	-	-
Cl	90	-	-	-	-
V	118	-	-	-	-
Cr	82	-	-	-	-
Ni	35	-	-	-	-
Cu	6	-	-	-	-
Zn	83	-	-	-	-
Ga	30	-	-	-	-
As	0	-	-	-	-
Rb	101	71	57	86	266
Sr	243	1285	596	287	258
Y	17	-	-	-	-
Zr	165	-	-	-	-
Nb	7	-	-	-	-
Mo	3	-	-	-	-
Sn	0	-	-	-	-
Sb	0	-	-	-	-
Ba	368	-	-	-	-
La	39	-	-	-	-
Ce	74	-	-	-	-
Pb	25	-	-	-	-
Bi	1	-	-	-	-
Th	8	-	-	-	-
U	1	-	-	-	-

37. Raitaisen tonaliitin paleosomi - *Paleosome of the stromatic migmatite*. Lylyvaara, Kuhmo. 4414 09A: x = 7151.380, y = 4481.820. Anal. K9111344.

38. Raitaisen tonaliitin paleosomi - *Paleosome of the stromatic migmatite*. Kivijärvi, Kuhmo. 4414 01D: x = 7137.720, y = 4468.625. H32/ Rennes University, Ranska. Vrt. Martin et al., 1983.

39. Raitaisen tonaliitin paleosomi - *Paleosome of the stromatic migmatite*. Kivijärvi, Kuhmo. 4414 01D: x = 7137.720, y = 4468.625. Anal. H70/ Rennes University, Ranska. Vrt. Martin et al. 1983.

40. Raitaisen tonaliitin paleosomi - *Paleosome of the stromatic migmatite*. Kivijärvi, Kuhmo. 4414 01D: x = 7137.720, y = 4468.625. Anal. H74/ Rennes University, Ranska. Vrt. Martin et al. 1983.

41. Raitaisen tonaliitin paleosomi — *Paleosome of the stromatic migmatite*. Kivijärvi, Kuhmo. 4414 01D: x = 7137.720, y = 4468.625. Anal. H77/ Rennes University, Ranska. Vrt. Martin et al. 1983.



Taulukko 4. Leukokraattisten granitoidien kemiallisia koostumuksia. XRF-analyysit on tehty Geologian tutkimuskeskuksessa.

Table 4. Chemical compositions of leucocratic granitoids. XRF -analyses determined in Geological Survey of Finland.

%	42	43	44	45	46	47	48	49
SiO <sub>2</sub>	74,48	72,47	72,38	72,97	72,66	71,74	73,78	71,36
TiO <sub>2</sub>	0,2	0,19	0,15	0,2	0,21	0,36	0,23	0,24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,4	14,91	15,18	15,18	14,47	15,02	15,14	15,39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> t	1,47	1,35	0,83	1,53	1,07	2,18	1,58	1,51
MnO	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03
MgO	0,62	0,53	0,51	0,73	0,37	1,02	0,59	0,72
CaO	2,03	2,23	2,77	1,71	0,95	2,56	2,39	1,54
Na <sub>2</sub> O	5,34	5,1	4,9	5,35	4,48	4,35	5,05	5,34
K <sub>2</sub> O	1,26	2,05	1,74	2,11	4,01	1,66	1,9	2,8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	0,06	0,05	0,07	0,09	0,11	0,08	0,11
H <sub>2</sub> O	0,64	0,45	0,57	0,55	0,59	0,7	0,21	0,57
ppm:								
C	0	700	1500	0	300	300	100	200
S	100	300	0	100	0	100	500	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0
Cu	9	12	5	8	4	18	9	5
Zn	46	35	13	27	11	44	47	24
Mo	0	0	0	0	0	0	0	0
Pb	36	19	20	15	22	18	17	27
Ni	8	4	3	5	2	8	4	2
Rb	41	51	41	73	70	67	58	89
Sr	863	441	332	365	183	318	302	415
Y	0	0	0	0	0	0	0	0
Zr	120	104	176	109	160	143	117	90
Nb	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	536	638	892	626	1429	540	446	976
Th	0	0	21	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0

42. Leukokraattinen tonaliitti-granodioriitti - *Leucocratic tonalite - granodiorite*. Naavala, Kuhmo. 4414 09D; x = 7156.380, y = 4486.240. Anal. K8910087.

43. Leukokraattinen tonaliitti-granodioriitti - *Leucocratic tonalite - granodiorite*. Pitkäsuo, Kuhmo. 4414 06A; x = 7150.360, y = 4472.890. Anal. K8910089.

44. Leukokraattinen tonaliitti-granodioriitti - *Leucocratic tonalite - granodiorite*. Mustikkalampi, Kuhmo. 4414 02C; x = 7144.550, y = 4466.250. Anal. K8910109.

45. Leukokraattinen tonaliitti-granodioriitti - *Leucocratic tonalite - granodiorite*. Lapinjärvi, Kuhmo. 4414 03C; x = 7150.800, y = 4467.900. Anal. K8910115.

46. Leukokraattinen tonaliitti-granodioriitti - *Leucocratic tonalite - granodiorite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.140, y = 4461.520. Anal. K8910140.

47. Leukokraattinen tonaliitti-granodioriitti - *Leucocratic tonalite - granodiorite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.140, y = 4461.520. Anal. K8910145.

48. Leukokraattinen tonaliitti-granodioriitti - *Leucocratic tonalite - granodiorite*. Naavala, Kuhmo. 4414 09D; x = 7156.380, y = 4486.240. Anal. K8910164.

49. Leukokraattinen tonaliitti-granodioriitti - *Leucocratic tonalite - granodiorite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.140, y = 4461.520. Anal. K8910154.

Taulukko 5. Serpentiiniittien kemiallisia koostumuksia. XRF-analysit on tehty Geologian tutkimuskeskuksessa.

Table 5. Chemical compositions of serpentinites. XRF -analyses determined in Geological Survey of Finland.

%:	50	51	52	53
SiO <sub>2</sub>	39,28	39,98	44	37,29
TiO <sub>2</sub>	0,3	0,3	0,31	0,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,45	6,8	6,45	2,28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,73	9,26	10,97	9,85
MnO	0,2	0,19	0,13	0,15
MgO	30,18	21,51	22,92	32,39
CaO	3,37	10,46	6,45	1,31
Na <sub>2</sub> O	0,21	0,25	0,51	0,01
K <sub>2</sub> O	0,05	0,03	0,15	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,02	0,03	0,02
H <sub>2</sub> O	8,15	6,1	5,08	10,4
ppm:				
C	500	10000	0	6200
S	140	440	1300	0
Cl	709	96		
V	115	142	119	71
Cr	2350	2270	2098	4392
Cu	0	0	21	9
Zn	108	87	20	11
As	79	3	0	0
Mo	1	0	0	0
Pb	14	14	34	30
Ni	1655	962	672	675
Rb	0	0	0	0
Sr	21	29	41	14
Y	8	5	0	0
Zr	19	15	0	0
Nb	2	2	0	0
Sn	0	0	0	0
Sb	0	0	0	0
Ba	32	18	0	0
Ga	5	10	0	0
La	13	5	0	0
Ce	13	14	0	0
Th	2	0	0	0
U	0	1	0	0

50. Serpentiiniitti - *Serpentinite*. Leväsuo, Kuhmo. 4414 07A; x = 7131.860, y = 4484.390. Anal. K9010339.

51. Kloriittiliuske - *Chlorite schist*. Leväsuo, Kuhmo. 4414 07A; x = 7131.800, y = 4484.420. Anal. K9010340.

52. Serpentiiniitti - *Serpentinite*. Särkisuo, Kuhmo. 4414 06C; x = 7151.590, y = 4479.120. Anal. K8910166.

53. Serpentiiniitti - *Serpentinite*. Särkisuo, Kuhmo. 4414 06C; x = 7150.680, y = 4478.550. Anal. K8910167.

Taulukko 6. Uraliittigabro-uraliittiporfyriittien kemiallisia koostumuksia. XRF-analysit on tehty Geologian tutkimuskeskuksessa.

Table 6. Chemical compositions of uralitegabbros-uraliteporphyrites. XRF-analyses determined in Geological Survey of Finland.

%:	54	55	56	57	58	59	60	61	62
SiO <sub>2</sub>	44,01	44,62	44,87	49,74	48,36	43,64	50,16	58,82	62,11
TiO <sub>2</sub>	0,31	0,34	0,34	1,31	0,49	0,36	1,5	0,77	0,67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,68	15,42	17,1	13,24	15	15,21	12,92	16,02	16,01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	9,82	10,26	10,02	16,1	9,32	9,57	16,88	7,8	6,43
MnO	0,16	0,15	0,16	0,24	0,16	0,2	0,26	0,14	0,12
MgO	13,56	14,35	12,92	6,74	9,97	13,17	6,03	4,02	3,06
CaO	9,3	9,47	10,66	9,03	14,15	9,53	9,12	6,96	5,26
Na <sub>2</sub> O	1,37	1,37	1,59	2,61	1,64	1,23	2,35	3,41	4,42
K <sub>2</sub> O	0,45	0,61	0,25	0,22	0,2	0,57	0,64	1,52	1,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,04	0,04	0,1	0,04	0,04	0,12	0,25	0,23
H <sub>2</sub> O	4,49	3,97	3,77	1,59	1,95	4,53	1,24	1,05	0,9
ppm:									
C	400	0	100	0	500	400	100	100	100
S	0	0	0	100	0	100	1200	1400	600
V	95	99	98	356	158	110	385	156	125
Cr	333	329	309	80	533	432	56	82	51
Cu	5	6	18	33	25	62	83	44	56
Zn	27	20	19	77	7	38	22	53	36
Mo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pb	35	27	32	74	11	30	20	35	30
Ni	128	100	95	9	9	125	15	41	25
Rb	26	42	0	0	0	35	0	59	47
Sr	104	81	88	108	152	155	112	452	440
Y	0	0	0	30	0	0	35	21	20
Zr	23	22	24	69	30	26	81	118	126
Nb	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	115	90	39	52	34	193	66	600	577
Th	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0

54. Emäksinen kerrosjuoni - *Mafic sill*. Honkasuo, Hyrynsalmi. 4414 03B; x = 7157.250, y = 4460.920. Anal. K8910148.

55. Emäksinen kerrosjuoni - *Mafic sill*. Julmavaara, Hyrynsalmi. 4414 03B; x = 7155.100, y = 4462.900. Anal. K8910149.

56. Emäksinen kerrosjuoni - *Mafic sill*. Julmavaara, Hyrynsalmi. 4414 03B; x = 4414.100, y = 4462.900. Anal. K8910150.

57. Emäksinen kerrosjuoni - *Mafic sill*. Julmavaara, Hyrynsalmi. 4414 03B; x = 7155.900, y = 4461.500. Anal. K8910155.

58. Emäksinen kerrosjuoni - *Mafic sill*. Julmavaara, Hyrynsalmi. 4414 03B; x = 7155.900, y = 4461.500. Anal. K8910156.

59. Emäksinen kerrosjuoni - *Mafic sill*. Julmavaara, Hyrynsalmi. 4414 03B; x = 7155.900, y = 4461.500. Anal. K8910157.

60. Emäksinen kerrosjuoni - *Mafic sill*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.140, y = 4461.520. Anal. K8910142.

61. Emäksinen kerrosjuoni - *Mafic sill*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.140, y = 4461.520. Anal. K8910143.

62. Emäksinen kerrosjuoni - *Mafic sill*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.140, y = 4461.520. Anal. K8910144.

%:	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
SiO <sub>2</sub>	66,11	68,81	64,18	52,77	62,3	59,84	60,75	49,66	62,11	63,91	64,04	62,19	60,9	61,65	63,05	67,16
TiO <sub>2</sub>	0,85	0,84	0,8	1,95	1,28	0,79	0,77	1,02	0,56	0,58	0,56	0,57	0,55	0,6	0,62	0,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,3	14,75	16,78	15,35	14,8	16,83	16,49	15,8	15,74	15,68	14,8	17,68	15,19	15,82	17,88	15,71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	4,12	3,95	5,38	11,2	6,01	7,07	7	11,7	5,5	5,3	5,99	3,15	6,13	5,99	4,31	4,28
MnO	0,04	0,05	0,06	0,14	0,08	0,11	0,1	0,3	0,1	0,09	0,11	0,08	0,12	0,1	0,06	0,08
MgO	1,41	0,99	2,05	5,17	1,71	3,66	3,68	5,61	3,87	3,61	4,24	1,79	4,41	3,97	2,96	2,56
CaO	3,71	2,09	1,71	7,04	3,25	3,89	3,49	11,37	3,68	5,29	2,33	6,69	3,89	4,14	3,82	4,28
Na <sub>2</sub> O	5,11	3,33	5,55	3,47	3,78	3,89	3,97	2,99	4,69	3,85	2,28	2,68	2,77	3,22	4,68	4,8
K <sub>2</sub> O	1,86	5,11	2,7	2,15	4,48	2,81	2,89	0,74	2,3	1,75	4,19	2,56	3,72	2,75	2,23	1,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,29	0,21	0,22	0,29	0,68	0,25	0,25	0,06	0,17	0,17	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16
H <sub>2</sub> O	0,51	0,75	0,92	1,19	0	1,16	1,28	1,23	1,03	0,82	1,55	1,42	1,18	1,18	0,88	0,68
ppm:																
C	0	200	0	300	300	0	100	0	600	100	1700	3000	2500	400	0	200
S	400	100	0	500	320	2300	1800	700	100	100	0	700	0	300	500	0
V	105	93	98	228	0	156	150	276	101	100	99	86	92	106	104	78
Cr	0	0	0	82	40	0	0	147	88	110	134	83	105	129	93	75
Cu	50	8	4	36	10	24	21	32	11	5	11	42	6	12	22	3
Zn	84	76	40	72	110	86	89	23	70	63	161	47	144	96	65	41
Mo	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	2	1	3	1	0	0
Pb	37	30	43	43	0	46	52	19	35	31	117	29	60	44	37	22
Ni	7	5	8	56	30	12	9	60	58	55	85	43	63	65	47	28
Rb	106	184	132	60	0	161	160	0	87	61	237	100	156	96	80	42
Sr	662	227	264	646	470	489	485	125	262	342	164	376	228	443	408	431
Y	15	39	39	23	0	26	24	27	0	0	0	0	0	0	0	0
Zr	245	698	666	154	710	113	121	57	122	125	127	132	125	127	142	135
Nb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	739	1653	446	931	1580	656	706	99	678	502	844	765	1107	648	595	286
Th	0	35	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Taulukko 7. Mikronalijien - andesittien kemiallisia koostumuksia. XRF-analyysit on tehty Geologian tutkimuskeskuksessa.  
 Table 7. Chemical compositions of mikronalite - andesites. XRF -analyses determined in Geological Survey of Finland.

Liite - Appendix

63. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Kaihlavaara, Kuhmo. 4414 05A;  
x = 7143.800, y = 4474.680. Anal. K8910088.
64. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Ruunasuo, Kuhmo. 4414 10B;  
x = 7139.060, y = 4492.960. Anal. K8910106.
65. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Lahtiaho, Kuhmo. 4414 07D;  
x = 7137.140, y = 4488.200. Anal. K8910114.
66. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Katiskalampi, Kuhmo. 4414 11A;  
x = 7142.300, y = 4492.060. Anal. K8910124.
67. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Koivuvaara, Kuhmo. 4414 10B;  
x = 7137.100, y = 4490.700. Anal. L001.
68. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Pääkönvaara, Kuhmo. 4414 03C;  
x = 7152.740, y = 4467.335. Anal. K8910127.
69. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Pääkönvaara, Kuhmo. 4414 03C;  
x = 7152.740, y = 4467.335. Anal. K8910128.
70. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Pitkäperänpangas, Kuhmo. 4414 02C;  
x = 7143.060, y = 4465.400. Anal. K8910105.
71. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Pitkäperänpangas, Kuhmo. 4414 02C;  
x = 7143.060, y = 4465.400. Anal. K8910146.
72. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Pitkäperänpangas, Kuhmo. 4414 02C;  
x = 7143.060, y = 4465.400. Anal. K8910147.
73. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Mustikkalampi, Kuhmo. 4414 02C;  
x = 7144.550, y = 4466.250. Anal. K8910107.
74. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Mustikkalampi, Kuhmo. 4414 02C;  
x = 7144.550, y = 4466.250. Anal. K8910108.
75. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Mustikkalampi, Kuhmo. 4414 02C;  
x = 7144.550, y = 4466.250. Anal. K8910110.
76. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Mustikkalampi, Kuhmo. 4414 02C;  
x = 7144.550, y = 4466.250. Anal. K8910111.
77. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Mustikkalampi, Kuhmo. 4414 02C;  
x = 7144.550, y = 4466.250. Anal. K8910112.
78. Mikrotonaliitti-andesiitti - *Microtonalite-andesite*. Mustikkalampi, Kuhmo. 4414 02C;  
x = 7144.550, y = 4466.250. Anal. K8910113.

Taulukko 8. D3-granitoidien kemiallisia koostumuksia. XRF-analyysit on tehty Geologian tutkimuskeskuksessa.

Table 8. Chemical compositions of D3 granitoids. XRF-analyses determined in Geological Survey of Finland.

%	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
SiO <sub>2</sub>	65,64	74,79	60,08	71,79	71,85	65,43	66,93	73,78	55,7	55,7	60,78	71,74
TiO <sub>2</sub>	0,61	0,08	0,76	0,33	0,13	0,47	0,41	0,23	0,97	0,96	0,76	0,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,34	13,41	16,32	13,95	15,2	15,79	16,08	15,14	16,04	17,45	17,28	15,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> t	4,53	0,46	6,82	1,95	0,99	4,07	3,18	1,58	8,64	9,1	6,52	2,18
MnO	0,06	0,01	0,12	0,03	0,01	0,07	0,06	0,02	0,16	0,15	0,11	0,04
MgO	2,28	0,27	3	0,48	0,43	2,58	1,9	0,59	4,54	4,01	3,91	1,02
CaO	3,42	0,85	5,08	1,4	1,73	3,47	1,82	2,39	7,02	6,08	3,03	2,56
Na <sub>2</sub> O	4,19	5	4,56	3,42	5,08	5,43	5,31	5,05	4,02	3,65	4,25	4,35
K <sub>2</sub> O	2,35	2,56	1,5	5,1	3,19	1,94	3,29	1,9	2,1	2,67	3,19	1,66
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18	0,03	0,24	0,1	0,07	0,21	0,2	0,08	0,22	0,28	0,24	0,11
H <sub>2</sub> O	1,03	0,4	0,83	0,54	0,32	1,01	0,86	0,21	1,43	1,52	1,18	0,7
ppm:												
C	300	400	300	1300	100	300	200	100	1200	300	100	300
S	300	0	1300	0	0	200	400	500	3500	4200	1100	100
V	88	0	138	0	0	82	67	0	200	181	144	0
Cr	31	0	42	0	0	85	49	0	36	30	0	0
Cu	18	8	59	2	3	11	6	9	16	21	29	18
Zn	55	9	38	37	57	84	66	47	73	112	116	44
Mo	0	0	4	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Pb	34	16	34	24	15	30	30	17	41	52	53	18
Ni	27	2	23	2	4	35	24	4	21	16	13	8
Rb	130	40	51	213	53	53	95	58	113	138	202	67
Sr	344	197	456	158	1197	690	513	302	592	614	380	318
Y	0	0	21	21	0	0	0	0	28	25	0	0
Zr	224	0	160	252	99	147	142	117	113	126	106	143
Nb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	407	1426	508	950	2212	846	1832	446	500	843	807	540
Th	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

79. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Purnu, Kuhmo. 4414 03A; x = 7151.100, y = 4462.500. Anal. K8910132.

80. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.140, y = 4461.520. Anal. K8910158.

81. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414.02B; x = 7146.140, y = 4461.520. Anal. K8910159.

82. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Haapavaara, Kuhmo. 4414 11D; x = 7148.700, y = 4497.990. Anal. K8910160.

83. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Heinilaminsuo, Kuhmo. 4414 12D; x = 7153.760, y = 4494.800. Anal. K8910161.

84. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Petukanräme, Kuhmo. 4414 09B; x = 7156.800, y = 4482.160. Anal. K8910162.

85. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Purnu, Kuhmo. 4414 03A; x = 7151.100, y = 4462.450. Anal. K8910163.

Liite - Appendix

86. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Naavala, Kuhmo 4414 09D; x = 7156.350, y = 4486.100. Anal. K8910164.  
 87. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Pääkönsaara, Kuhmo. 4414 03C; x = 7152.740, y = 4467.335. Anal. K8910129.  
 88. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Pääkönsaara, Kuhmo. 4414 03C; x = 7152.740, y = 4467.335. Anal. K8910130.  
 89. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Pääkönsaara, Kuhmo. 4414 03C; x = 7152.740, y = 4467.335. Anal. K8910131.  
 90. Tonaliiitti-granodioriitti - *Tonalite-granodiorite*. Ukonmurto, Kuhmo. 4414 02B; x = 7146.140, y = 4461.520. Anal. K8910145.

Taulukko 9. Ultrakalisen kiven kemiallisia koostumuksia. XRF-analyysit ja NAA-analyysi (91) on tehty XRALL-laboratoriossa (91) ja Rautaruukki Oy:n Raahen rautatehtaan laboratoriossa (92).

Table 9. Chemical composition of ultrapotassic rock. XRF-analyses and NAA -analysis (1344) determined in XRALL laboratory and in the Chemical laboratory of Rautaruukki Ltd.

Sample	91	92	Sample	91	92
SiO <sub>2</sub>	58,1	58,5	Bi	0,1	-
TiO <sub>2</sub>	0,6	0,61	Th	8,1	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,2	13,5	U	1,7	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,68	0,62	Tb	0,3	-
FeO	4,54	4,13	Dy	2,2	-
MnO	0,08	0,08	Ho	0,41	-
MgO	3,67	3,61	Er	1,1	-
CaO	3,02	3,27	Tm	0,2	-
Na <sub>2</sub> O	2,35	1,65	Yb	0,7	-
K <sub>2</sub> O	10,2	11,3	Lu	0	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,17	0,18	Hf	5	-
LOI	1,62	-	Cs	0	-
V	100	200	La	38,9	-
Cr	220	230	Ce	69,8	-
Co	21	-	Pr	8,2	-
Ni	96	100	Nd	27,9	-
Cu	14	20	Sm	4,3	-
Rb	123	-	Eu	1,4	-
Sr	114	90	Gd	2,6	-
Zr	106	180	Nb	8	-
Ba	782	620	Mo	6	-
Ta	1	-	Sn	3	-
Tl	0,2	-	Sb	0	-
Pb	0	-	Sc	11	-

91. Ultrakalinen kivi - *Ultrapotassic rock*. Lumivaara, Kuhmo. 4414 08D; x = 7146.040, y = 4485.820. Anal. M88 11325.  
 92. Ultrakalinen kivi - *Ultrapotassic rock*. Lumivaara, Kuhmo. 4414 08D; x = 7146.040, y = 4485.820. Anal. 403 283-86.

Taulukko 10. Naavalan raitaisen amfiboliitin yhden zirkonin U-Pb-tulokset ja radiometriset iät.  
*Table 10. Analytical data and radiometric ages for one zircon fraction from the Naavala banded amphibolite.*

Näyte <i>Sample</i>	Tiheys (a2h= abraasiassa 2 tuntia) <i>(a2h= abraded 2h)</i>	Määrä(mg)	U (ppm)	Pb (ppm)	206Pb/204Pb Mittattu <i>Measured</i>	208Pb/206Pb 1)	206Pb/238U 2)	207Pb/235U 2)	206Pb/238U ikä (Ma) <i>Age (Ma)</i>	207Pb/235U	207Pb/206Pb
Naa7	+ 3.6 a2h	0.32	145	84	22 781	0.11	0.51621	13.174	2683	2692	2699

1. Radiometrinen lyijy

*1. Radiogenic lead.*

2. Korjattu jakaumalla (0,1 %/amu), tyhjänäytteellä (25 pg Pb) ja Common lead-näytteellä (Stacey & Kramers 1975).

Keskimääräinen 2-sigma virhearvio on 0,7 % Pb/U-suhteeseen ja 0,1 % 206Pb/207Pb-suhteeseen.

*2. Corrected for fractionation (0.1%/amu), blank (25 pg Pb) and common lead (Stacey & Kramers, 1975).*

*The average 2-sigma error estimates 0.7 % for Pb/U -ratios and 0.1 % for 206Pb/207Pb -ratio.*

Näytteen analysoi Irmeli Mänttari

*Sample was analysed by Irmeli Mänttari*



Taulukko 11. Naavalan tonaliitin zirkonien, yhden titaniitin ja yhden monatsiitin analyttiset U-Pb-tulokset ja radiometriset iät.

*Table 11. Analytical data and radiometric ages for zircons, one titanite and one monazite from the Naavala tonalite.*

Näyte Sample (Zircon, density/size)	Fraktio Fraction (g/cm <sup>3</sup> )	Pitoisuus Concentration 238U (ppm)	206Pb/204Pb Mitattu Measured	207Pb/206Pb 1)	208Pb/206Pb 1)	206Pb/238U 2)	207Pb/235U 2)	Radiometriset iät (Ma) Radiometric ages (Ma) 2)
A1183A	4.2 - 4.3/abr	632	10980	0.1909	0.0804	0.5071	13.274	2740+-1
A1183B	+4.3 (0.7 mg !)	628	4283	0.1919	0.9105	0.5004	13.133	2745+-3
A1183C	4.2 - 4.3	675	6520	0.1911	0.0816	0.4735	12.361	2736+-4
A1183D	4.0 - 4.2	881	4599	0.1898	0.0717	0.4365	11.265	2717+-1
A1183E								
Titanite	3.5 - 3.6	31	215	0.2334	0.3356	0.4060	9.894	2622+-7
A1183F								
Monazite	+4.0	2114	20000	0.1859	6.908	0.5217	13.327	2700+-2

1) Korjattu tyhjänäytteellä.

1) *Corrected for blank.*

2) Korjattu tyhjänäytteellä ja alkuperäislyijyllä.

2) *Corrected for blank and initial common lead (206/204= 13.42, 207/204= 14.62, 208/204= 33.14)*

Taulukko 12. Lentiiran mikrotonaliitin zirkonien ja yhden titaniitin analyttiset U-Pb-tulokset ja radiometriset iät.  
 Table 12. Analytical data and radiometric ages for zircons and one titanite from the Lentiira microtonalite.

Näyte Sample (Zircon, density/size)	Fraktio Fraction (g/cm <sup>3</sup> )	Pitoisuus Concentration 238U (ppm)	206Pb/204Pb Mitattu Measured	207Pb/206Pb 1)	208Pb/206Pb 1)	206Pb/238U 2)	207Pb/235U 2)	Radiometriset iät (Ma) Radiometric ages (Ma) 2)
A1147A	+4.5/- 100	166	3218	0.1843	0.1915	0.4853	12.195	2673+-5
A1147B	4.3-4.5/- 100	289	4825	0.1828	0.2101	0.4778	11.898	2658+-1
A1147C	4.2-4.3	424	3719	0.1801	0.1863	0.4407	10.763	2626+-1
A1147D	+4.5/+ 100	120	671	0.1986	0.2270	0.4920	12.399	2678+-4
A1147E								
Titanite	3.5-3.6/abr.	53	101	0.3083	1.545	0.5147	13.180	2706+-30

1) Korjattu tyhjänäytteellä.  
 1) Corrected for blank.

2) Korjattu tyhjänäytteellä ja alkuperäislyijyllä.  
 2) Corrected for blank and initial common lead (206/204= 13.79, 207/204= 14.75, 208/204= 33.52).

Taulukko 13. Pitkäperänkankaan meta-andesiitin zirkonien analyttiset U-Pb-tulokset ja radiometriset iät.  
 Table 13. Analytical data and radiometric ages for zircons from the Pitkäperänkangas meta-andesite.

Näyte Sample	Fraktio Fraction (g/cm <sup>3</sup> )	wt (Zircon, density/mesh)	Pitoisuus Concentration		Mitattu Measured 206Pb/204Pb (ppm)	1) 208Pb/206Pb (ppm)	1) 206Pb/238U	1) 207Pb/235U	Iät Ma Ages Ma		
			238U	Pb					206Pb/238U	207Pb/235U	207Pb/206Pb
A1213A	+ 3.6	2.2	328	173	2515	0.112	0.46306	12.414	2453	2636	2780
A1254A	+ 4.0	0.27	350	182	5730	0.102	0.46295	12.512	2453	2644	2793
	transparent										
5Am	+4.2	0.15	373	186	19511	0.005	0.48860	12.418	2565	2637	2692
	alh euh.										

1) Korjattu tyhjä- ja common lead - näytteellä (Stacey & Kramers 1975)  
 1) Corrected for blank and common lead (Stacey and Kramers 1975).

Taulukko 14. Karttalehden 4414+4432 alueelta tehdyt Sm-Nd-analyysit.  
 Table 14. Analytical Sm-Nd data from the map sheet area 4414+4432.

Näyte/ sample	Kivityyppi/ rock type	Sm (ppm)	Nd (ppm)	Sm147/Nd144	Nd143/ Nd144	2se	T (Ma)	eps (T)	T - DM
A404b#2	Paleosomi/pealeosome	4.55	23.82	0.1154	0.511050	10	2800	-1.8	3114
A1183	Tonaliitti/granodioritti	1.04	5.04	0.1212	0.511074	20	2750	-3.0	3283
A1183#2	" "	1.04	5.13	0.1226	0.511078	10	2750	-4.3	3328
Naa3#2	" "	0.99	4.74	0.1263	0.511235	10	2750	-2.5	3190
Naa5	" "	0.95	4.54	0.1269	0.511186	16	2750	-3.7	3305
Naa2	Granittijuoni Granitic dyke	2.67	19.28	0.0838	0.510440	20	2750	-3.0	3069
Naa2#2	" "	2.67	19.39	0.0833	0.510417	9	2750	-3.3	3083
A1183p#2	Pieni näyte A1183 Small sample A1183	1.20	7.56	0.0958	0.510927	9	2750	2.3	2740
Naa1	Granodioritti	1.30	7.44	0.1052	0.510995	13	2750	0.3	2892
Naa4	Granodiorittijuoni	10.0	94.00	0.0643	0.510358	10	2750	2.3	2741
Naa4#2	Granodiorite dyke	9.43	86.50	0.0659	0.510377	9	2750	2.1	2752
Naa6	Karkea graniittinen juoni Coarse granitic dyke	0.49	2.47	0.1198	0.511253	54	2750	0.1	2927
A1147	Mikrotonaliitti Microtonalite	14.95	99.66	0.0907	0.510734	10	2700	-0.4	2871

Näyte/ Sample	Paikka/ Location	Karttalehti/ Map	x =	y =
A404b#2	Kuhmo, Lylyvaara	4414 09	7150.86	4483.36
A1183	Kuhmo, Naavala	4414 09	7156.40	4486.25
A1183#2	"	"	"	"
Naa3#2	"	"	"	"
Naa5	"	"	"	"
Naa2	"	"	"	"
Naa2#2	"	"	"	"
A1183p#2	"	"	"	"
Naa1	"	"	"	"
Naa4	"	"	"	"
Naa4#2	"	"	"	"
Naa6	"	"	"	"
A1147	Kuhmo, Lentiira	4414 10	7139.28	4493.17

01.01.2002

- \* 0034+0043 Signilskär, 1978.  
1011 Lagskär, 1978.  
\* 1012 Marichamn, 1979.  
1013 Kökär, 1981.  
1014 Föglö, 1980.  
\* 1021 Geta, 1978.  
1022+1024 Hullberga, 1992.  
\* 1023 Kumlinge, 1978.  
1031 Utö, 1983.  
1032 Korppoo, 1987.  
\* 1033 Nötö, 1954.  
\* 1034 Nagu, 1973.  
1041 Inö, 1986.  
\* 1042 Vehmaa, 1992.  
1043 Turku, 1994.  
1131 Uusikaupunki, 1994.  
\* 1132 Rauma, 1993.  
1133 Yläne, 1994.  
\* 1134 Kokemäki, 1994.  
1141 Luvia, 1994.  
1143 Pori, 1994.  
\* 1242 Korsnäs, 1960.  
1343 Vexala, 1981.  
\* 1823 Kilpisjärvi, 1994.  
1832 Ropi, 1988.  
\* 1842 Halti, 1994.  
2011 Hanko, 1970.  
2012 Perniö, 1955.  
2013 Jussarö, 1973.  
[\* 2014 Tammsaari, 1991.]  
\* 2021 Salo, 1955.  
\* 2022 Marttila, 1957.  
\* 2023 Suomusjärvi, 1955.  
\* 2024 Somero, 1955.  
2031 Mäkiluoto, 1992.  
\* 2032 Siuntio, 1960.  
\* 2034 Helsinki, 1967.  
2041 Lohja, 1994.  
\* 2042 Karkkila, 1953.  
\* 2043 Kerava, 1969.  
\* 2044 Riihimäki, 1956.  
\* 2111 Loimaa, 1953.  
\* 2112 Huittinen, 1976.  
\* 2113 Forssa, 1954.  
\* 2114 Torjala, 1973.  
\* 2121 Vammala, 1967.  
\* 2122 Ikaalinen, 1952.  
2122 Ikaalinen, 1993.  
\* 2123 Tampere, 1961.  
\* 2124 Viljakkala-Teisko, 1953.  
\* 2131 Hämeenlinna, 1949.  
\* 2132 Valkeakoski, 1970.  
\* 2133 Kärkölä, 1961.  
\* 2134 Lammi, 1964.  
\* 2141 Kangasala, 1964.  
2142 Orivesi, 1986.  
2143 Padasjoki, 1971.  
2144 Kaipola, 1973.  
\* 2213 Kuru, 1960.  
\* 2214 Virrat, 1965.  
2221 Jalasjärvi, 1990.  
2222 Seinäjoki, 1962.  
\* 2222 Seinäjoki, 1991.  
\* 2223 Afavus, 1970.  
\* 2224 Kuortane, 1971.  
\* 2231 Mänträ, 1976.  
\* 2232 Keuruu, 1963.  
\* 2241 Ähtäri, 1970.  
\* 2313 Alajärvi, 1979.  
\* 2314 Evijärvi, 1992.  
2321 Pietarsaari, 1981.  
2322 Kokkola, 1980.  
2323 Kaustinen, 1971.  
\* 2324 Kannus, 1961.  
2331 Kyyjärvi, 1993.  
2332 Perho, 1976.  
\* 2334 Kinnula, 1962.  
\* 2341 Lestijärvi, 1964.  
\* 2342 Sievi, 1962.  
\* 2343 Reisjärvi, 1963.  
\* 2344 Nivala, 1962.  
\* 2413 Kalajoki, 1955.  
\* 2431 Ylivieska, 1955.  
\* 2432+2414 Pyhäjoki, 1957.  
\* 2433 Haapavesi, 1958.  
\* 2434 Vihanti, 1958.  
\* 2441 Raahе, 1959.  
\* 2443 Paavola, 1959.  
\* 2533 Haukipudas, 1986.  
\* 2541 Kemi, 1971.  
\* 2542+2524 Karunki, 1972.  
\* 2543 Simo, 1975.  
\* 2544 Runkaus, 1971.  
2624 Sieppijärvi, 2001.  
2713 Kolari, 1984.  
2714 Kihlanki, 1981.  
\* 2723 Muonio, 1980.  
2731 Kurtakko, 1992.  
2732 Kittilä, 1984.  
\* 3012 Pellinki, 1965.  
\* 3021 Porvoo, 1964.  
\* 3022 Lapinjärvi, 1962.  
\* 3023+3014 Kotka, 1970.  
\* 3024 Karhula, 1965.  
\* 3041+3043 Haapasaari, 1972.  
\* 3042 Hamina, 1973.  
\* 3044 Vaalimaa, 1979.  
\* 3111 Lahti, 1964.  
\* 3112 Heinola, 1970.  
\* 3113 Kouvola, 1963.  
\* 3114 Vuohijärvi, 1969.  
\* 3121 Sysmä, 1977.  
\* 3122 Joutsa, 1982.  
\* 3123 Mäntyharju, 1978.  
3124 Hirvensalmi, 1988.  
\* 3131 Luumäki, 1975.  
\* 3132 Savitaipale, 1965.  
\* 3133 Ylämaa, 1979.  
\* 3134 Lappeenranta, 1964.  
\* 3141 Ristiina, 1990.  
\* 3142 Mikkelä, 1980.  
\* 3144 Sulkava, 1966.  
\* 3223 Rautalampi, 2000.  
\* 3224 Karttula, 1991.  
\* 3231 Haukivuori, 1984.  
\* 3232 Pieksämäki, 1971.  
3233 Rantasalmi, 1973.  
\* 3234 Varkaus, 1980.  
\* 3311 Viitasaari, 1966.  
\* 3312 Pihtipudas, 1969.  
\* 3313 Vesanto, 1985.  
\* 3314 Pielavesi, 1977.  
\* 3321 Pyhäjärvi, 1992.  
\* 3322 Kärämäki, 1992.  
\* 3323 Kiuruvesi, 1977.  
\* 3331 Siiriljärvi, 2000.  
\* 3332 Lapinlahti, 1987.  
\* 3333 Juankoski, 2000.  
\* 3334 Nilsia, 1980.  
\* 3341 Isalmi, 1990.  
3342 Vieremä, 2001.  
\* 3343 Rautavaara, 1997.  
3412 Rantsila, 2000.  
\* 3422 Oulujoki, 1983.  
3423 Utajärvi, 1994.  
3424 Sanginkylä, 1992.  
3433 Sotkamo, 1981.  
3434 Paltamo, 1993.  
3442 Puolanka, 1990.  
3443 Hyrynsalmi, 1989.  
\* 3511 Kiiiminki, 1984.  
3531 Jonku, 1977.  
3541 Rytinki, 1979.  
3543 Loukusa, 1980.  
\* 3612 Rovaniemi, 1996.  
3642 Pelkosenniemi, 1979.  
\* 3643 Kursu, 1967.  
3644 Vuotostunturi, 1983.  
\* 3713 Sodankylä, 1979.  
\* 3714 Sattanen, 1980.  
3723 Peurasuvanto, 1993.  
3733+4711 Savukoski, 1986.  
\* 3934+4912+4914 Näätämö, 1994.  
\* 4112+4111 Imatra, 1966.  
\* 4121 Virtujoki, 1987.  
4122 Lohilahti, 1992.  
\* 4123+4114 Parikkala, 1982.  
\* 4124+4132 Punkaharju, 1980.  
\* 4213 Kerimäki, 1975.  
\* 4214 Rääkkylä, 1985.  
\* 4221 Heinävesi, 1993.  
\* 4222 Outokumpu, 1971.  
4223 Joensuu, 1985.  
\* 4224 Kontiolahti, 1971.  
\* 4231 Kitee, 1973.  
\* 4232+4234 Tohmajärvi, 1967.  
\* 4241 Kiihtelysvaara, 1971.  
\* 4242 Eno, 1983.  
\* 4243 Oskajärvi, 1983.  
4244+5222 Ilomantsi, 1973.  
\* 4311 Sivakkavaara, 1971.  
4322 Puukari, 1993.  
\* 4411 Ontojoki, 1976.  
\* 4412 Hiisijärvi, 1973.  
\* 4413 Kuhmo, 1978.  
\* 4414+4432 Lenttila, 1993.  
\* 4421 Moisiovaara, 1986.  
\* 4423+4441 Ala-vuokki, 1987.  
4522 Vasaraperä, 1989.  
\* 4524+4542 Kuusamo, 1973.  
\* 4613 Rukatunturi, 1982.  
\* 4621+4623 Salla, 1967.

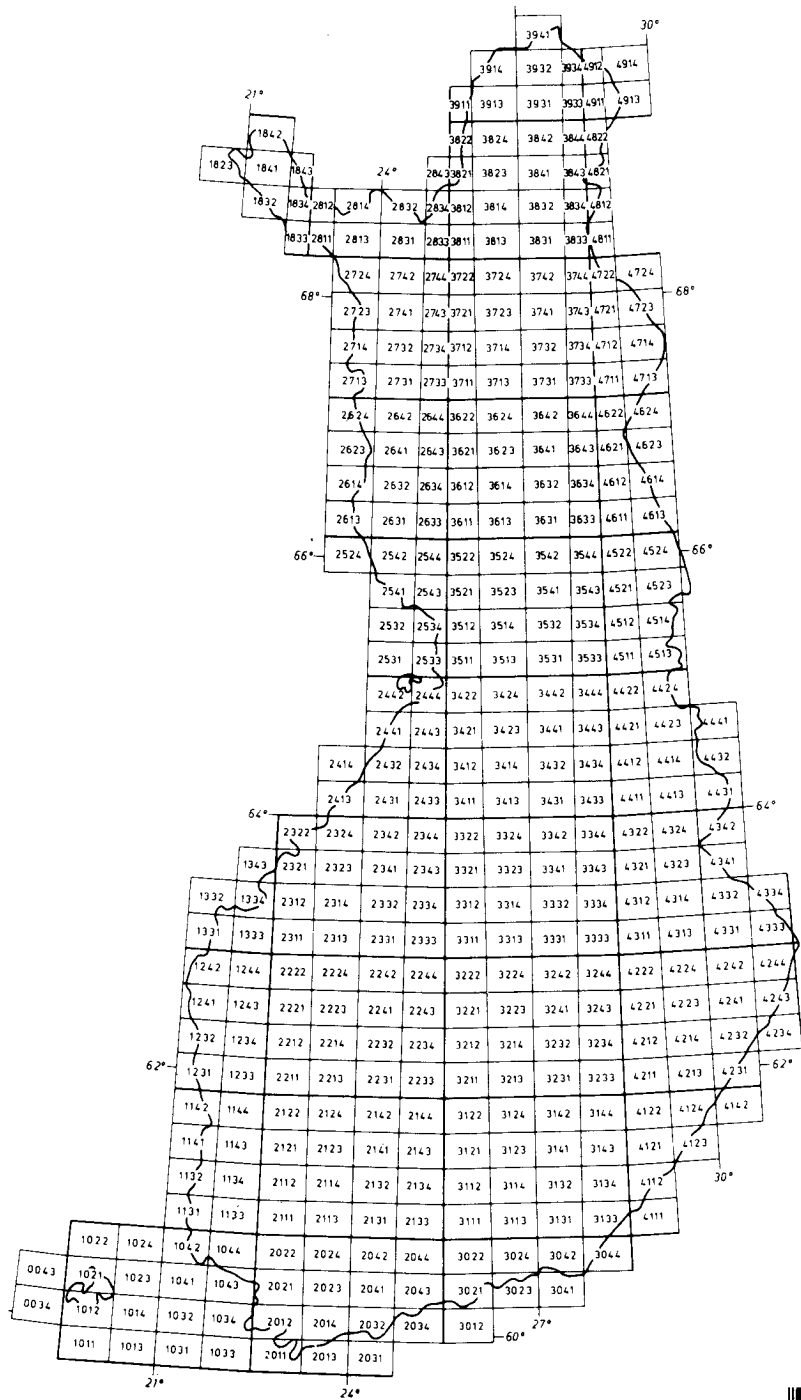
Karttoja ja karttaselityksiä myy:

Geologian tutkimuskeskus (GTK)  
Julkaisumyynti  
PL 96  
02151 Espoo  
Puh. 0205 50 11

The maps and explanations may be purchased at:

Geological Survey of Finland  
Publication sales  
P.O. Box 96  
FIN-02151 Espoo, Finland  
Phone +358 205 50 11

E-mail: info@gsf.fi; WWW-address: http://www.gsf.fi



**Karttalehtijako 1 : 100 000**  
**Map division 1 : 100 000**



9 789516 908086

ISBN 951-690-808-X

Vammalan Kirjapaino Oy 2002