

Itä-Suomen yksikkö
M19/2009/60
Kuopio

6.11.2009



Joroisten Viholanniemen-Lahnalahden alueen kairaukset ja kallioperäkartoitus 2008

Jukka Kousa



GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS • GEOLOGISKA FORSKNINGSCENTRALEN • GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

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

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

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

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

Y-tunnus / FO-nummer / Business ID: 0244680-7 • www.gtk.fi

Päivämäärä / Dnro

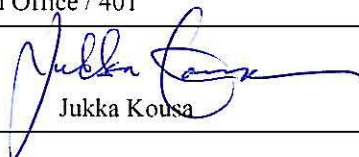

6.11.2009

Tekijät Jukka Kousa		Raportin laji Malmitutkimusraportti	
		Toimeksiantaja Geologian tutkimuskeskus (GTK)	
Raportin nimi Joroisten Viholanniemen-Lahnalahden alueen kairaukset ja kallioperäkartoitus 2008			
Tiivistelmä <p>GTK:n Itä-Suomen sinkki- ja kuparivarojen arviointi -hanke täydensi Raahe-Laatokka-vyöhykkeellä toimineiden edeltäjiensä kokoamaa Raahesta Rautalammin tasalle ulottuvaa yhtenäistä kallioperäkarttaa etelään Virtasalmen suuntaan. Revidointikartoituksen avulla verrattiin ns. Virtasalmen lohkon kallioperää Vihanti-Pyhäsalmi – vyöhykkeeseen. Aikaisemmissa Viholanniemen ja Lahnalahden malmitutkimuksissa tehtyjä geofysiikan maastomittaustuloksia ja aikaisempaa kartoitusaineistoa tarkasteltiin uudelleen ja päätettiin kartoituksen ohella tutkia eräitä mielenkiintoisia anomaliaita Viholanniemen-Lahnalahden vulkaniittialueella myös kairaamalla. Mielenkiintoisena havaintona löydettiin mm. mustaliuskeeseen liittyvä sulfidipalloinen konglomeraatti.</p> <p>Tässä raportissa esitetään kairaustulosten lisäksi päivitetty versio vulkaniittialueen kallioperäkartasta, joka edelleen on liitetty osaksi valtakunnallista karttatietokantaa. Vulkaniittialue nimetään Viholanniemen vulkaaniseksi sviitiksi, joka edelleen jaetaan Viholanniemen ja Lahnalahden litodeemeiksi.</p>			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Viholanniemi, Lahnalahti, kairaus, kallioperäkartoitus, svekofennidit, vulkaniitit, mustaliuske, sinkki, kupari			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Itä-Suomen lääni, Etelä-Savo, Joroinen, Viholanniemi, Lahnalahti			
Karttalehdet 3231 12, 3232 10, 3233 03, 3234 01			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi Tutkimustyöselostus		Arkistotunnus M19/2009/60	
Kokonaissivumäärä 23	Kieli suomi	Hinta	Julkisuus julkinen
Yksikkö ja vastuualue Itä-Suomen yksikkö / 401		Hanketunnus 2551004	
Allekirjoitus/nimen selvitys  Jukka Kousa		Allekirjoitus/nimen selvitys  Erkki Luukkonen	



GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND DOCUMENTATION PAGE

Date / Rec. no.
6.11.2009

Authors Jukka Kousa		Type of report Exploration report	
		Commissioned by Geological Survey of Finland	
Title of report Drillings and bedrock mapping in the Viholanniemi-Lahnalahti area Joroinen in 2008			
Abstract <p>The Eastern Finland zinc copper project of Geological Survey of Finland (GTK) improved and updated the bedrock map and exploration data in the Viholanniemi-Lahnalahti volcanic rock area, Joroinen, southeastern part of the Svecofennian Raahe-Ladoga zone. Earlier geophysical ground measurements and bedrock observations of the study area were reviewed. In the year 2008 seven new holes were drilled to some interesting anomalies observed. Besides new rock data these drillings and mapping exposed new interesting sulphide pebbled conglomerate related to black schists.</p> <p>In this report a new bedrock map of the study area is illustrated as a part of the Finnish national bedrock database. The Viholanniemi-Lahnalahti volcanic area is here named as the Viholanniemi volcanic suite having the Viholanniemi and Lahnalahti lithodemes.</p>			
Keywords Viholanniemi, Lahnalahti, drilling, bedrock mapping, Svecofennides, volcanics, black schist, zinc, copper			
Geographical area Finland, Eastern Finland province, Southern Savo, Joroinen, Viholanniemi, Lahnalahti			
Map sheet 3231 12, 3232 10, 3233 03, 3234 01			
Other information			
Report serial Exploration report		Archive code M19/2009/60	
Total pages 23	Language Finnish	Price	Confidentiality public
Unit and section Eastern Finland Office / 401		Project code 2551004	
Signature/name  Jukka Kousa		Signature/name  Erkki Luukkonen	



Sisällysluettelo

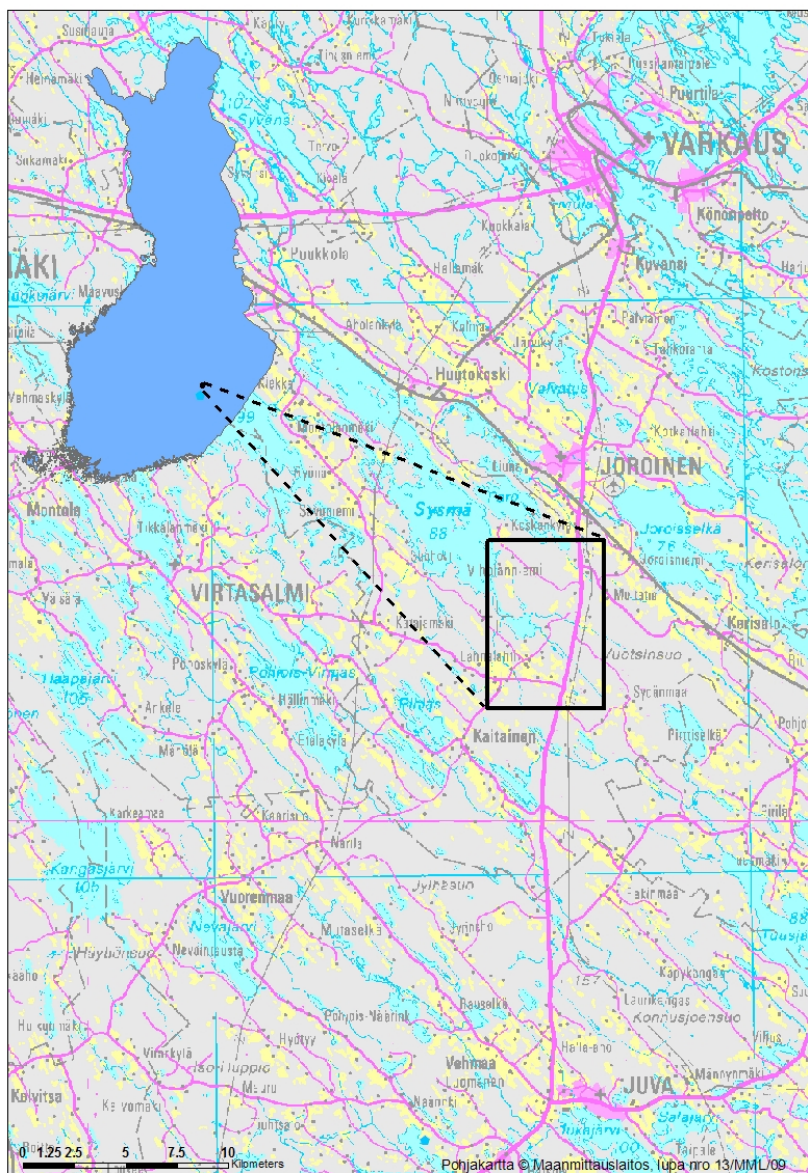
Kuvailulehti Documentation page

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimusalueen sijainti	1
1.2	Aikaisempia tutkimuksia	2
1.3	Taustaa 2008 kairauksille ja kartoitukselle	3
2	KAIRAUSTULOKSET	3
2.1	Lahnalahti	3
2.2	Viholanniemi	4
3	KARTOITUSTULOKSET	6
3.1	Felsiset ja intermediaariset vulkaniitit	13
3.2	Kiillegneissi	15
3.3	Mafiset vulkaniitit ja karbonaattikivet	17
4	PÄÄTELMÄ	19
5	TUTKIMUSAINIESTO	21
6	KIRJALLISUUSLUETTELO	21
7	LIITTY	23

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimusalueen sijainti

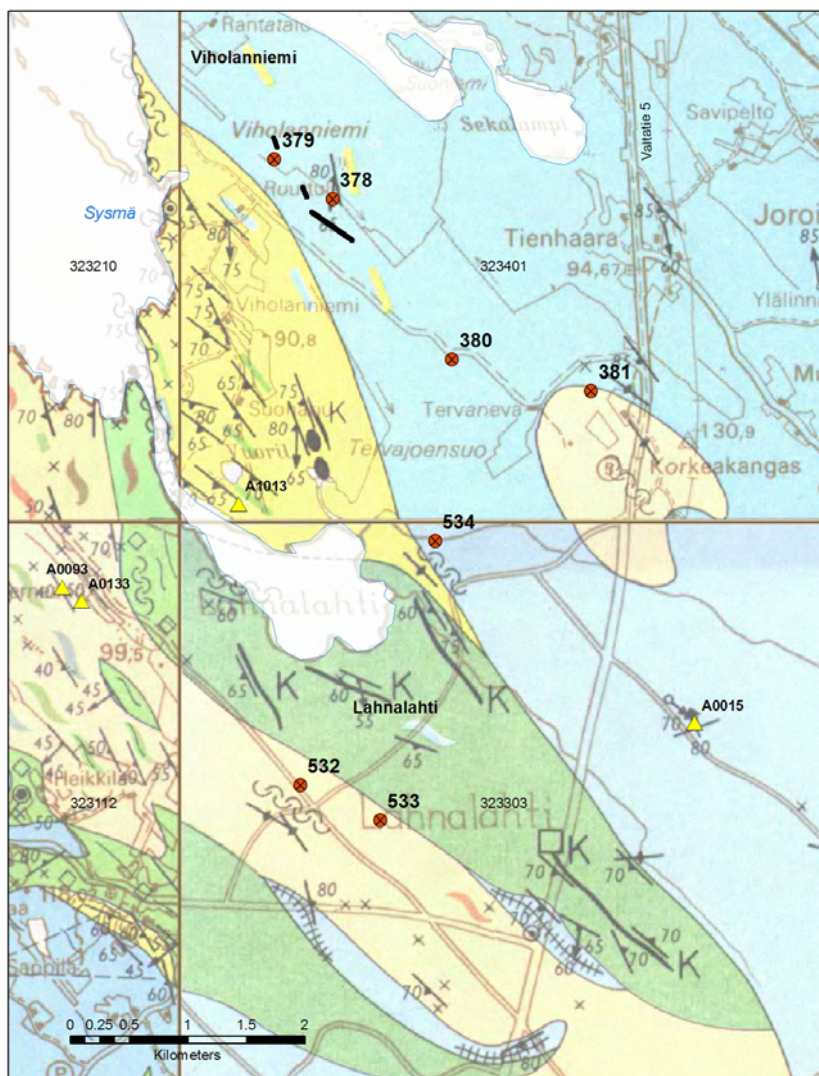
Lahnalahden ja Viholanniemen tutkimusalueet sijaitsevat Etelä-Savossa Joroisten kunnassa. Matkaa kuntakeskuksesta lounaaseen Viholanniemelle on noin 5 km ja Lahnalahteen vastaavasti noin 9 km (kuva 1.). Kairauskohteet sijoittuvat valtatie 5:n länsipuolelle hyväpintaisten paikallisteiden tuntumaan. Maasto vaihtelee Lahnalahden moreenipeitteisestä drumliiniharjanteesta Tervajoensuon kautta Viholanniemen tasaiseen moreenikankaaseen. Alue on paikoitellen kohtuullisen hyvin paljastunutta (kuva 6).



Kuva 1. Tutkimuskohteen sijainti.

Fig. 1. Location of the study area.

Tutkimusalueen kallioperä on kartoitettu 1:100 000 mittakaavassa 1960- ja 1970-luvulla. Lahnalahden kohde sijaitsee Rantasalmen 1:100 000 mittakaavaisen kallioperäkartan luoteisosassa karttalehdellä 3233 03 ja Viholanniemen kohde vastaavasti Varkauden karttalehdellä 3234 01.



Kuva 2. Tutkimusalueen vanha 1:100 000 mittakaavainen kallioperäkartta. Kairauskohteet punaisella ympyräsymbolilla ja alueelta aikasemmin tehdyt zirkonin U-Pb-ikä määritykset keltaisella kolmiolla. Viholanniemen sinkkimalmiutuma merkitty mustalla viivalla.

Fig. 2. Old bedrock map (1:100 000 scale map series) of the study area. Drilling sites as red dot and earlier analysed zircon U-Pb dating samples as yellow triangle. The Viholanniemi zinc deposit as black line.

1.2 Aikaisempia tutkimuksia

GTK:n kallioperäosasto kartoitti Lahnalahden ja Viholanniemen alueet 1960- ja 1970-luvulla (Vorma 1971, Korsman 1973 ja Korsman ja Pääjärvi 1980 ja 1988) (kuva 2). Lahnalahden länsi-

osat sijoittuvat GTK:n malmiosaston kartoittamalle Haukivuoren karttalehdelle (Pekkarinen ja Hyvärinen 1984, Pekkarinen 2002) (kuva 2). Malmitutkimuksia tällä alueella ovat 1980-luvulla tehneet sekä GTK (Makkonen 1991) että Outokumpu Oy (Puustjärvi 1986 ja 1992). GTK:n malmitutkimukset painottuivat erityisesti Viholanniemen alueelle, jossa tuolloin paikannettiin Viholanniemen sinkkimalmiutumaa. Outokumpu Oy tutki Lahnalahden alueen kuparipotentiaalisuutta, mutta tulokset eivät olleet rohkaisevia. GTK:n kallioperäosaston temaattisten tutkimusten yksikkö tutki aluetta 1980-luvulla (Korsman and Kilpeläinen 1986), jolloin allekirjoittaneella oli tilaisuus kartoittaa Viholanniemen vulkaniitteja. 1980-luvun lopulla alue oli myös Turun yliopiston sinkkiprojektin tutkimuskohteena (Papunen toim. 1990). Viholanniemen ympäristöstä on etsitty kaoliinia GTK:n Virtasalmen kaoliinitutkimusten yhteydessä 1990-luvulla (Niemelä 1992).

1980-luvun malmitutkimusten yhteydessä alueen vulkaniittimuodostuman luonne ja rajausta tarkentivat aikaisemmasta. Vuonna 2000 Xiping Zhang julkaisi Viholanniemen tutkimuksista väitöskirjatutkimuksensa, jossa hän pohtii niin vulkaniittien luonnetta, stratigrafiaa kuin malmigenesistä. Lahnalahden alue on jo vanhastaan ollut tunnettu kalkkikiviesiintymistään, joissa harjoitetusta pienimuotoisesta louhinnasta ja kalkkipoltosta löytyy maastosta merkkejä tänäkin päivänä. Taloudellisessa mielessä tällä hetkellä merkityksellisiä ovat valtatie 5:n tuntumassa sekä tonaliittissa että mafisessa vulkaniitissa olevat kiviaineslouhokset.

1.3 Taustaa 2008 kairauksille ja kartoitukselle

GTK:n Itä-Suomen sinkki- ja kuparivarojen arviointi -hanke päätti täydentää Raahe-Laatokkavyöhykkeellä toimineiden edeltäjiensä kokoamaa Raahesta Rautalammin tasalle ulottuvaa yhteistä kallioperäkarttaa etelään Virtasalmen suuntaan. Tarkoituksena oli revidointikartoituksen avulla verrata ns. Virtasalmen lohkon kallioperää Vihanti-Pyhäsalmi –vyöhykkeeseen.

Aikaisemmissa Viholanniemen ja Lahnalahden malmitutkimuksissa (Makkonen 1991 ja Puustjärvi 1986 ja 1992) tehdyistä geofysiikan maastomittaustuloksista laati geofyysikko Aimo Ruotsalainen nykytekniikalla uusia versioita, joiden perusteella päätettiin kartoituksen ohella tutkia eräitä mielenkiintoisia anomalioita Viholanniemen-Lahnalahden vulkaniittialueella myös kairaamalla. Tässä raportissa esitetään kairaustulosten lisäksi päivitetty versio vulkaniittialueen kallioperäkartasta (kuva 5), joka edelleen on liitetty osaksi valtakunnallista karttatietokantaa (Kallioperäkarttatietokanta DigiKP Suomi, GTK. Versio 1,0, keskeneräinen, 29.06.2009).

Kairaus toteutettiin GTK:n POKA-kalustolla siten, että Lahnalahden reiät kairattiin keväällä 2008 ja Viholanniemen reiät saman vuoden syksyllä.

2 KAIRAUSTULOKSET

2.1 Lahnalampi

Lahnalahden alueelle kairattiin kolme POKA-reikää (R532, R533 ja R534). Reiät 532 ja 533 kairattiin 45 asteen lähtökalltevuudella suuntaan 25 astetta. Molempiin kohteisiin liittyy sekä magneettinen että sähköinen anomalia (kuvat 3 ja 4) ja aikaisemmalla kallioperäkartalla kohteet on



merkitty granodioriitiksi (kuva 2). Reikä 534 kairattiin vulkaniittialueen itäkontaktin tuntumaan kiillegneissin puolella olevaan voimakkaaseen johteeseen 45 asteen lähtökalltevuudella suuntaan 50 astetta.

R532 alkaa muskoviittipitoisella kiilleliuskeella, jossa paikoin on serisiittiytyneitä andalusiittiporfyyroblasteja. Noin 10-30 cm leveät pegmatiittijuonet leikkaavat kiilleliusketta. Syvyydellä 26.05 m kiilleliuske muuttuu grafiittipitoiseksi ja edelleen mustaliuskeeksi noin 1 m:n matkalla. Tämä vaihtuu magneettikiisupitoiseksi kiilleliuskeeksi ja uudelleen vuorokerrokselliseksi mustaliuske-psammiitti-kerrostumaksi, jossa on heikko magneettikiisupirote ja muutamia pesäkkeitä. Tämä jatkuu syvyyteen 57.30 m, josta alkaa diopsidi- ja karbonaattipitoinen epäpuhdas psammiitti tai jopa hapan vulkaniitti (vulkaniklastinen hiekkainen sedimentti), joka vuorottelee reiän loppuun (120.30 m) saakka intermediaarisen tuffisen sedimentin kanssa. Koko tässä vulkaniittikerrostumassa on heikko tai kohtalainen magneettikiisupirote ja noin 100 m:n syvyydellä noin metrin matkalla myös heikko pienirakeinen kuparikiisupirote. Reiän leikkauskulma pysyy 70-85 asteessa koko matkalla.

R533 on lähes kokonaan intermediaarista tuffista sedimenttiä, jossa on paikoin ohuita mafisia ja felsisiä sekä tremoliittikarsi- ja karbonaattikivivälikerroksia. Kerroksellinen rakenne on heikko ja näkyy vähäisenä kerrosmaisena koostumusvaihteluna. Magneettikiisua ja ilmeniittiä on heikkona tai kohtalaisena pirotteena. Paikoin on vähän rikki- ja kuparikiisua. Kokonaisuudessaan kivi on varsin karbonaattipitoinen. Leikkauskulma pysyy tässäkin noin 70-80 asteessa koko reiässä. Reikä päättyy (loppu 120.30 m) vahvasti hiertyneeseen porfyrygraniittiin.

R534 leikkaa erittäin hyvin primaarirakenteensa säilyttäneitä turbidiittista grauvakkaa, jonka kerrossettien paksuudet vaihtelevat 0.8 m:stä 1.5 m:iin. Yksittäisten kerrosten sisäinen kerrallinen rakenne on selvä ja karkeampi blastoklastinen alaosa on yleensä selvästi paksumpi kuin hienorakeinen laminaarinen yläosa. Osassa kerroksista näkyy eroosiokouru- ja ristikerrosrakennetta. Kerrokset nuorentuvat koko reiässä suuntaan 55 astetta. Kalkkisiilikaattikonkretioidet ovat yleisiä kerrosten psammiittisessa osassa. Syvyydellä 43 m on noin 0.2 m leveä magneettikiisusaumoja ja -läikkiä sisältävä granitoidijuoni (subvulkaaninen?). 43.70 m:ssä alkaa noin 3 m paksu mustaliuskekerrostuma, joka myös on rakenteeltaan grauvakkamainen, mutta vallitsevasti laminaarinen. Osa kerroksista alkaa tavallisella psammiittisella A-turbidiitilla, joka vaihtuu yläosan laminaariseksi mustaliuskeeksi. Vastaavanlainen noin 7 m paksu mustaliuskekerrostuma on myös syvyydellä 50 m. Syvyydeltä 70.45 m alkaa noin 8 m paksu hienorakeinen koostumukseltaan homogeenien felsinen vulkaniitti, mahdollisesti tuffikerrostuma grauvakan välikerroksena. Reiän loppuosa (loppu 113.60 m) on taas tyypillistä turbidiittista grauvakkaa. Leikkauskulma on yleensä noin 60 astetta.

2.2 Viholanniemi

Viholanniemen alueelle kairattiin kaikkiaan neljä POKA-reikää (R378, R379, R380 ja R381). Reiät R378 ja R379 kairattiin Viholanniemen vulkaniittialueelle sinkkimalmiutumun tuntumaan gravimetrisiin anomalioihin. Reiät R380 ja R381 kairattiin noin 2-3 km sinkkimalmiutumun kaakkoispuolelle selvästi johtaviin magneettisiin anomalioihin, joista toinen on kiilleliuskeen ja toinen osittain granodioriittisen kallioperän alueella aikaisempien karttojen perusteella.

R378 kairattiin 45 asteen lähtökalltevuudella suuntaan 65 astetta. Kairauksella leikattiin koostumukseltaan hyvin vaihtelevaa vulkaanista kerrostumaa, joka alkuosaltaan on vallitsevasti felsistä

intermediaarisin välikerroksin. Felsinen kerrostuma noin 25 m:n syvyydellä, koostuu lähinnä kvartsista ja plagioklaasista. Sekundaarisina mineraaleina on runsaasti karbonaattia, serisiittia ja kloriittia sekä aksessorisesti epidoottia, apatiittia, ja zirkonia. Malmimineraaleina on kohtalaisena pirotteena rikkikiisua ja magneettikiisua sekä muutama kuparikiisurae. Reiän puolivälistä alkaen kivi vaihtuu mafiseksi vulkaniitiksi, jossa on intermediaarisia ja felsisiä välikerroksia. Koostumuksesta riippumatta kivet ovat vallitsevasti lapillirakenteisia tuffeja tai vulkaanisia breksioita. Felsisissä kerrostumissa fragmentit ovat felsisiä ja intermediaarisissa kerrostumissa vastaavasti sekä felsisiä että intermediaarisia. Mafis-intermediaarisissa kerrostumissa on paikoin kidetuffimaisia ja kerrallisia piirteitä. Kerrallisuuden perusteella kerrokset nuorentuvat suuntaan 65 astetta. Malmimineraalina rikkikiisua on heikkona tai kohtalaisena pirotteena koko reiässä. Reiän leikkauskulma on noin 80 astetta ja reikä lopetettiin syvyydelle 103.30 m.

R379 kairattiin vulkaniittialueella välittömästi tunnetun pohjoismalmiutumana eteläpuolelle suuntaan 130 astetta, kohtisuoraan aikaisempaa profiilia vastaan. Suunta valittiin tietoisesti ajatuksella, että vaikka alueellinen voimakas hiertosuunta transponoi lähes kaiken luode-kaakko-suuntaiseksi, niin silti lohkojen sisällä kerrosrakenne voi poiketa huomattavasti vallitsevasta liuskeisuudesta. Liuskeisuuden perusteella mitatut leikkauskulmat vaihtelevat välillä 20 – 75 astetta ja ovat useimmiten 20 – 50 astetta, joten kairaus meni osittain liuskeisuuden suuntaisesti. Toisaalta kerroksellinen kivilajivaihtelu on kohtuullisen tiheää. Vallitsevana kivenä on felsinen tuffi, jossa on vaihtelevan paksuisia (leikkaa reiässä noin 2-6 m matkalla) intermediaarisia ja mafisia lapillituffisia kerroksia. Paikoin kivi on ruhjeinen ja sisältää yleisesti hematiitti- ja epidoottirakoja ja suonia. Reiän loppuosassa sekä mafiset että graniittiset juonet leikkaavat vulkaniitteja. Reikä lopetettiin graniittijuoneen syvyydelle 96.20 m.

R380 kairattiin noin 0.5 km felsisen vulkaniitin itäpuolelle kiilleliuskeessa olevaan sähköiseen ja magneettiseen anomaliaan. Kairausuunta on 70 astetta ja lähtökaltevuus 45 astetta ja leikkauskulma vaihtelee 40:stä 60:een asteeseen. Reiän alku syvyyteen 35.00 m saakka on felsistä kerroksellista ja kerrallista grauvakkaa. Kerrossettien paksuus vaihtelee noin 0.1 m:stä 1 m:iin. Mikrorakenteeltaan kivi on blastoklastista ja klasteina on kvartsia ja plagioklaasia, kooltaan 0.1-1 mm. Iskos on hyvin hienorakeinen (alle 0.05 mm) ja koostuu kvartsista, plagioklaasista ja biotitista. Aksessorisina mineraaleina on apatiittia, turmaliinia, zirkonia ja titaniittia. Malmimineraaleina grauvakassa ovat magneettikiisu heikkona pirotteena ja sinkkivälke yksittäisinä rakeina. Grauvakkakerrostuman lopussa on myös rikkikiisua heikkona pirotteena. Grauvakkaa seuraa 2.5 m paksu mustaliuske, joka aluksi on noin 60 cm:n matkalla varsin felsistä, mutta vaihtuu hyvin grafiittirunsaaksi hienorakeiseksi kerrostumaksi. Tämä on osittain tektonisesti breksioitunutta ja sisältää paikoin magneettikiisuraitoja.

Mustaliusketta seuraa noin 25 m:n pituudelta polymiktistä heikosti kerroksellista konglomeraattia. Kerrospaksuudet ovat noin 1 – 3 m. Suurin osa palloista on koostumukseltaan felsistä ja intermediaarista grauvakkaa tai vulkaniklastista sedimenttiä ja muutama kivilajipallo on hapanta vulkaniittia. Noin 10-15 % konglomeraatin palloista on sulfidimalmia, joka koostuu lähinnä rikkikiisusta. Osassa rikkikiisupalloista on myös vähän sinkkivälkettä. Konglomeraatin iskos on hieno-pienirakeista grauvakkaa ja kerrosten hienorakeiset osat usein grafiittipitoisia ja jopa mustaliusketta.

Syvyydellä 62.05 – 70.55 m vuorottelevat felsinen vulkaniitti (0.3 m), konglomeraatti (2 m), felsinen vulkaniitti (1.8 m) ja grauvakka (4.4 m). Felsinen vulkaniitti on rakenteeltaan blastoporfyyristä, jossa hajarakeina on saussuriittiutuneita 0.1-0.3 mm plagioklaasikiteitä hyvin hienorakeisessa (<0.01 mm) pääosin plagioklaasista ja kvartsista koostuvassa perusmassassa. Serisiittia ja karbonaattia on muuttumism mineraaleina yhteensä alle 10 % kaikista mineraaleista. Aksessorisina mineraaleina on lisäksi epidoottia, kloriittia, apatiittia ja titaniittia sekä malmimineraaleista

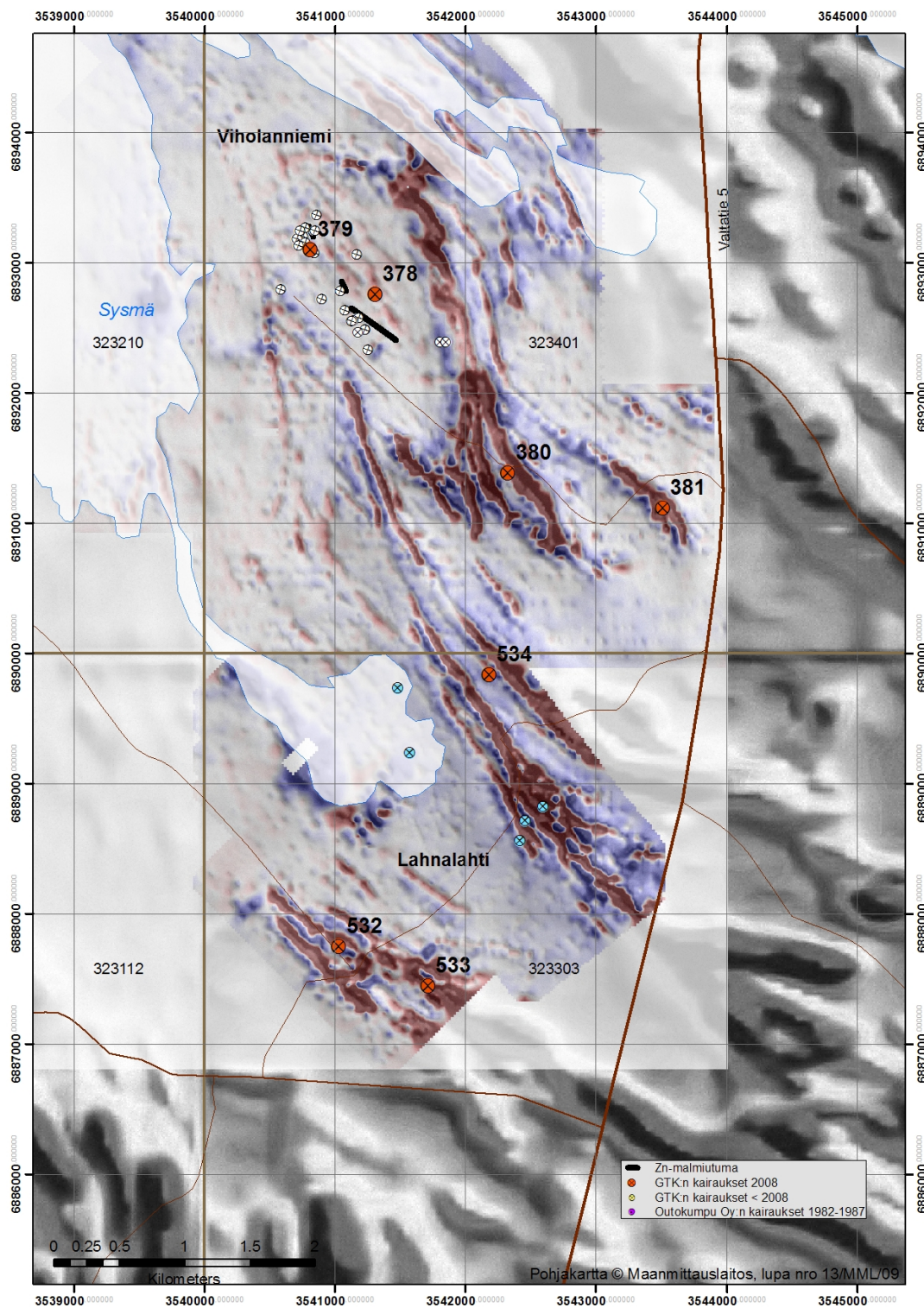
runsaimmin rikkikiisua ja magneettikiisua sekä vähän sinkkivälkettä ja kuparikiisua. Magneettikiisu esiintyy heikkona epätasaisesti jakautuneena pirotteena. Muut malmimineraalit sen sijaan esiintyvät kvartsi-karbonaatti-kloriitti-epidootti –juonissa ja –pesäkkeissä, joissa mukana on myös magneettikiisua. Konglomeraatti ja grauvakka ovat vastaavanlaisia kuin reiän alkuosassa, mutta paikoin voimakkaammin tektonisesti häiriintyneitä.

Syvyydeltä 70.55 m reiän loppuun saakka (115.40 m) on grauvakkakonglomeraatti, jossa palloina (halkaisija 2 – 80 mm) on enimmäkseen pienirakeista grauvakkaa ja muutamia fylliittisiä liuskepalloja. Rikkikiisupalloja (halkaisija 2-20 mm) on harvakseltaan ja reiän loppuosassa myös muutama magneettikiisupallo. Koko kerrostuman iskos on kauttaaltaan grafiittipitoinen siten, että grafiitin määrä kasvaa loppua kohti, jolloin myös kiven liuskeisuus voimistuu.

R381 kairattiin luode-kaakko-suuntaiseen sähköiseen ja magneettiseen anomaliaan. Kairaus-suunta on 45 astetta ja lähtökaltevuus 45 astetta. Leikkauskulma reiän alusta syvyyteen 53 m loivenee 45 asteesta 0 asteeseen ja jyrkkenee pian tämän jälkeen 50 – 60 asteeksi reiän loppuun saakka. Lähes koko reikä lävisti mustaliusketta aina syvyydelle 93.30 m saakka. Syvyydellä 22.35 m on välikerrostumana noin 4 m matkalla kerroksellista/kerrallista grauvakkaa, josta kerrosten nuorentumissuunta on yksiselitteisesti koilliseen päin. Mustaliusketta leikkaa kolmessa kohdassa noin 0.5 – 2 m paksu hienorakeinen blastoporfyyrinen granitoidijuoni, jotka hietutkimuksen perusteella ovat vaihtelevasti muuttuneita plagioklaasiporfyyrisiä juonia. Mustaliuskerrostumaa seuraa reiän loppuun saakka (119.50 m) hyvin primaarirakenteensa säilyttänyt kerroksellinen ja kerrallinen grauvakka. Kerrospaksuudet vaihtelevat 0.5 m:stä 1.7 m:iin. Yksittäisten kerrosten laminaarirakenteinen yläosa on yleensä selvästi ohuempi kuin karkeampi psammiittinen alaosa. Syvyydellä 100 m grauvakkaa leikkaa mafinen juoni terävin kontaktein. Kalkkisiilikatitset konkreetiomaiset osueet ovat grauvakan psammiittisissä osissa yleisiä. Grauvakan peliittisessä osassa on harvakseltaan stauoliittiporfyyroblasteja syvyysvälillä 104.20 – 105.60 m. Mustaliuskeessa on magneettikiisua heikkona pirotteena ja paikoin yksittäisinä luitroina tai pesäkkeinä sekä jokunen pieni yksittäinen sinkkivälkeräe ja lisäksi yksittäinen arseenikiisupesäke syvyydellä 87.30 m. Grauvakassa on vastaavasti rikkikiisua, magneettikiisua ja kuparikiisua hienorakeisena heikkona pirotteena. Granitoidijuonissa on vähäinen rikkikiisu-, sinkkivälke- ja kuparikiisupirote.

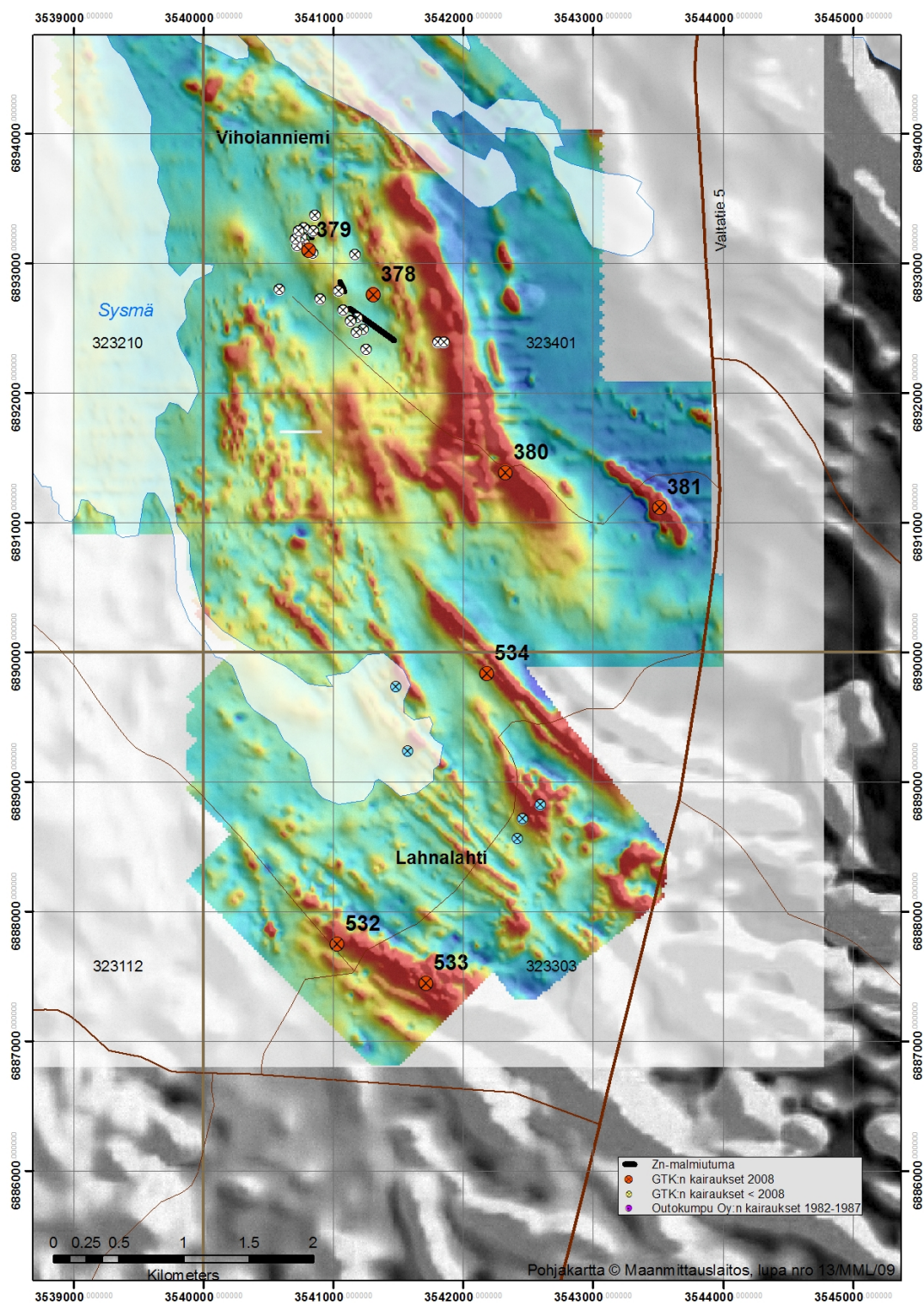
3 KARTOITUSTULOKSET

Kartoitustyö Viholanniemen ja Lahnalahden alueella toteutettiin toukokuussa 2008 osana laajempaa ns. Virtasalmen blokin revidointiluonteista kartoitusta. Kartoitustyön tekivät geologit Esko Iisalo ja Jukka Kousa. Havainnoinnissa keskityttiin muutamaiin avainkohteisiin, joista oli mahdollista saada yleiskuva alueen kallioperästä. Paljastumatiheys on koko alueella varsin vaihteleva, siten että vulkaniittialue on kohtuullisen hyvin paljastunutta. Grauvakka-kiilleliuskealueella on yksittäisiä paljastumia harvakseltaan. Kivilajikartan laatimisessa käytettiin pohjana sekä GTK:n geofysiikan matalalentoaineistoa että malmitutkimuksissa tehtyjä magneettisia, sähköisiä ja gravimetrisiä maastomittauksia (kuvat 3 ja 4). Kivilajikartan (kuvat 5 ja 6) työstämisessä käytettiin sekä GTK:n että Outokumpu Oy:n malminetsinnän havaintoaineistoa.



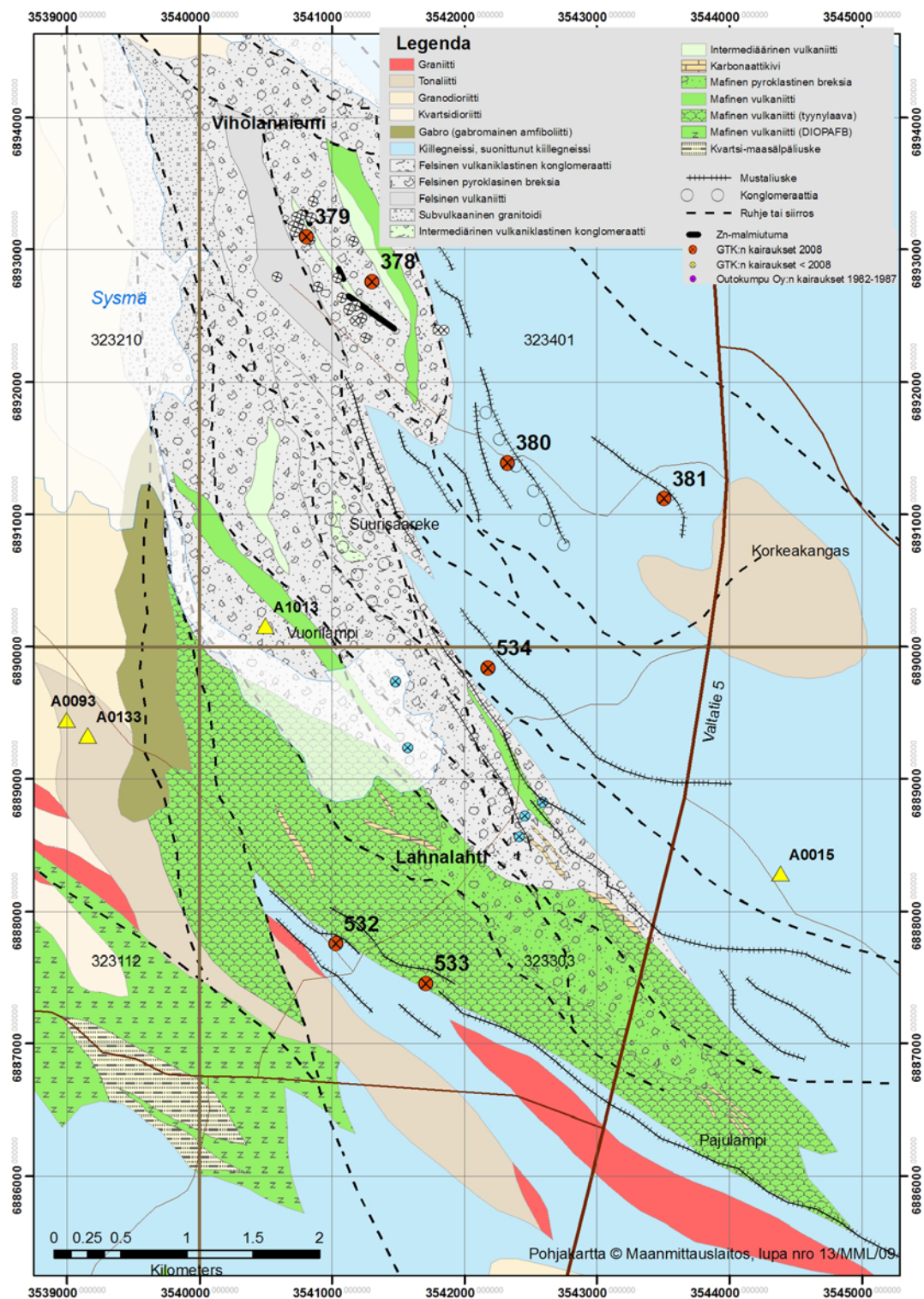
Kuva 3. Viholanniemen-Lahnelahden alueen sähköinen reaali-komponenttikarta. Maastomittaukset värillisenä (koonnut Aimo Ruotsalainen) ja matalalento harmaasävyä pohjalla.

Fig. 3. Electromagnetic map of the Viholanniemi-Lahnelahti area. Ground measurements as coloured (compiled by Aimo Ruotsalainen) and low altitude airborne measurements as grey scale.



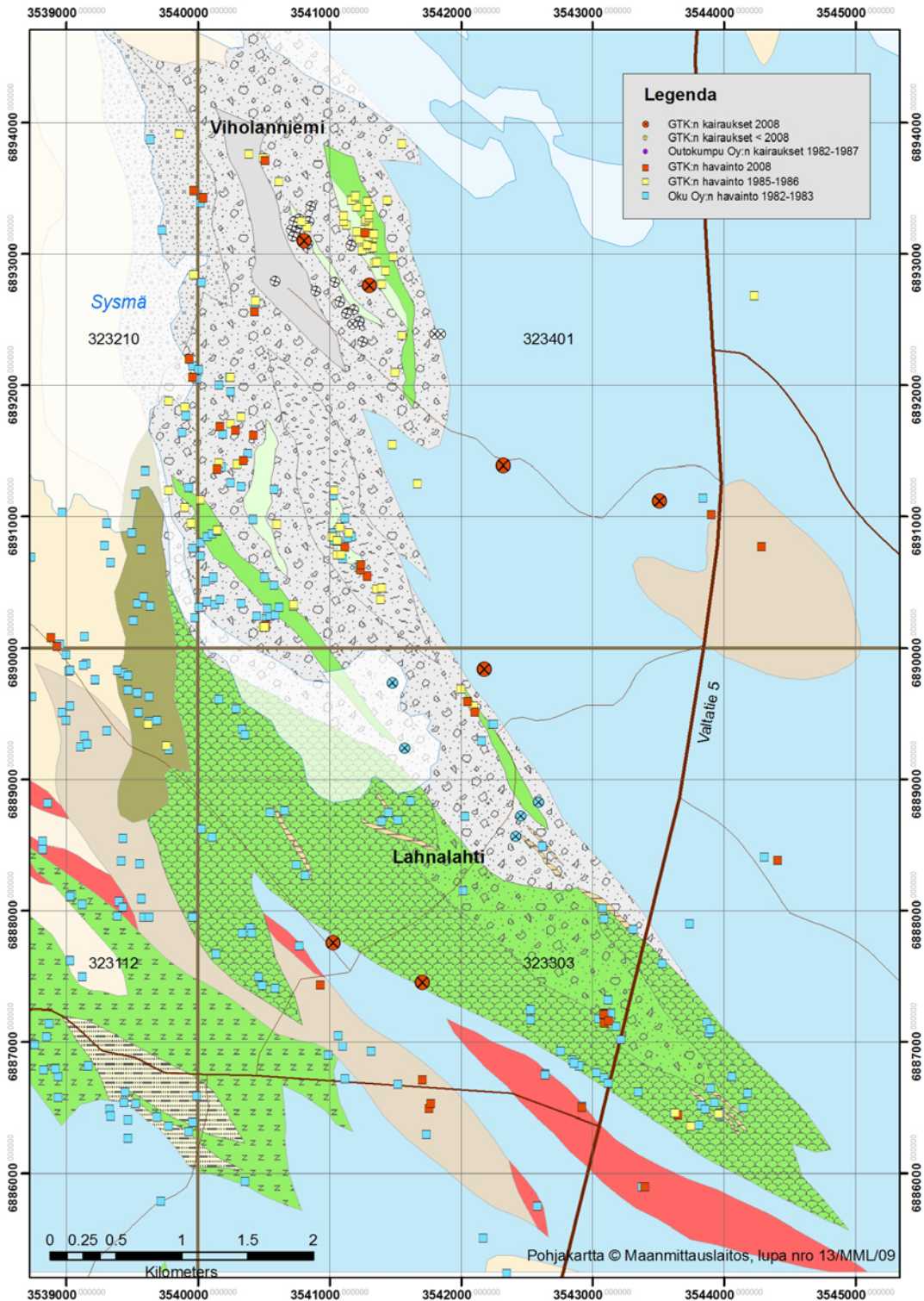
Kuva 4. Viholanniemen-Lahnelahden alueen magneettinen kartta. Maastomittaukset värillisenä (koonnut Aimo Ruotsalainen) ja matalalento harmaasävyinä pohjalla.

Fig. 4. Magnetic map of the Viholanniemi-Lahnelahti area. Ground measurements as coloured (compiled by Aimo Ruotsalainen) and low altitude airborne measurements as grey scale.



Kuva 5. Viholanniemen-Lahnalahden alueen kivilajikartta, U-Pb ikämääritysapaikat, kairauskohdet ja Viholanniemen sinkkimalmiutuma.

Fig. 5. Bedrock map of the Viholanniemi-Lahnalampi area, U-Pb dating samples, drilling sites and the Viholanniemi sphalerite mineralization.



Kuva 6. Viholanniemen-Lahnalahden alueen kivilajikartan laatimisessa hyödynnetty havaintoaineisto.

Fig. 6. Observation data used for the compilation of the bedrock map.

Korsman (1973) kuvaa Lahnalahden alueelle amfiboliitteja, joissa on välikerroksina kalkkikiveä. Pohjois-kontaktissaan nämä rajoittuvat kvartsimaasälpäliuskeeseen ja grauvakkaliuskeeseen (kiillegneissiin) ja etelässä granodioriittiin. Viholanniemen alueella kuvatut ja vulkaanisiksi tulkitut kvartsi-maasälpagneissit puolestaan rajautuvat koillisosastaan laajaan kiillegneissimuodotumaan (Korsman ja Pääjärvi 1980). Malmitutkimusten yhteydessä 1980-luvulla sekä Viholanniemen (Makkonen 1991) että Lahnalahden (Puustjärvi 1986 ja 1992) alueen kallioperä kartoitettiin uudelleen, jolloin vulkaniittialueen luonne ja laajuus tarkentuivat. Näissä tutkimuksissa felsisten vulkaniittien alueella havaittiin myös koostumukseltaan intermediaarisia vulkaniitteja. Usein felsiset ja intermediaariset kivet vaihettuvat toisikseen. Vulkaniittien primaarirakenteina havaittiin mm. agglomeraatteja ja tyynylaavoja. Alueella tehtyjen metamorfoositutkimusten mukaan (mm. Korsman et al. 1984, 1988) Viholanniemen-Lahnalahden vulkaniitteja ympäröivät kiilleliuskeet kuuluvat andalusiitti-muskoviitti-vyöhykkeeseen. Tämä vaihettuu kaakkoon päin



Kuva 7. Felsisen vulkaanisen breksian (kuvan yläosa) ja tasalaatuisen felsisen vulkaniitin kontakti (kompassin kohdalla). Läpikotainen luode-kaakko-suuntainen liuskeisuus leikkaa kerrosrajaa noin 30 asteen kulmalla. Viholanniemi, Joroinen, $x = 6893713$, $y = 3540514$. Kompassin pituus 12.5 cm. Kuva – Photo Jukka Kousa.

Fig. 7. Contact between felsic volcanic breccia (upper part) and homogenous felsic volcanite. Schistosity intersects layering by ca. 30 degree angle. Compass 12.5 cm as scale.

Rantasalmen suuntaan progressiivisesti kalimaasälpä-sillimaniittivyöhykkeeksi. Lounaaseen ja länteen päin metamorfoosin muutos on jyrkkä Lahnalahden ja Saunakankaan välissä olevan hiertoyöhykkeen erottama.

Tutkimusalueen eteläosassa on graniittisia, granodioriittisia ja tonaliittisia intrusiivikiviä, joita on paljastuneena eniten Lahnalahden alueella. Lahnalahden länsipuolella Saunakankaalta tonaliittisesta-granodioriittisesta gneissistä on määritetty zirkonin U-Pb-ikäksi 1903 ± 10 Ma (näytteet A93 ja A133, Huhma 1986). Lisäksi on pieni erillinen intruusio valtatie 5:n itäpuolella Korkeakaan-kaalla (kuva 5).



Kuva 8. Epidoottituumista felsisessä vulkaniitissa. Maastotallentimen leveys noin 27 cm. Viho-lanniemi, Joroinen, x = 6893731, y = 3540521. Kuva – Photo Jukka Kousa.

Fig. 8. Partly epidotized felsic volcanite. The breadth of the computer is ca. 27 cm.

3.1 Felsiset ja intermediaariset vulkaniitit

Vulkaniittialueen pohjoisosan kallioperä Viholanniemessä on paljastuma- ja kairaushavaintojen perusteella pääosin koostumukseltaan felsistä. Kuitenkin intermediaarisia ja paikoin myös mafisia välikerroksia on havaittu (Makkonen 1991). Paikoin hyvinkin voimakkaasta deformaatiosta huolimatta ovat vulkaaniset breksia- ja blastoporfyyrirakenteet sekä toisinaan myös kerroksellisuus hyvin tunnistettavissa (kuva 7). Vallitseva fragmenttikoko vastaa lapillikokoluokkaa, mutta joukossa on myös paikoin yksittäisiä isompia heitteileitä. Homogeeniset, hienorakeiset ja blastoporfyyriset muunnokset voivat osittain edustaa subvulkanisia intruusiiveja. Breksiarakenteisissa kivissä fragmentit ovat lähes yksinomaan felsisiä. Matriksin koostumus voi vaihdella felsisestä intermediaariseen ollen kuitenkin valtaosaltaan felsistä. Kivien muuttuminen ilmenee paikoin mm. epidoottiutumisenä (kuva 8).

Felsisen vulkaniittialueen eteläisessä osassa Vuorilammen alueella lapillituffikerrostumassa intermediaarisen materiaalin osuus jonkin verran kasvaa. Täällä on kuitenkin myös homogeeninen haamumaisesti breksiarakenteinen ryoliittinen maasälpä-kvartsi-porfyyrinen kerrostuma (kuva 9), josta tehdyn zirkonin U-Pb-iäksi on määritetty 1906 ± 4 Ma (Vaasjoki & Sakko 1988).



Kuva 9. Felsinen vulkaniitti. Ikänäyte A1013 on tästä paljastumasta. Vuorilampi, Viholanniemi, Joroinen, x = 6890156, y = 3540510. Kuva – Photo Jukka Koussa.

Fig. 9. Felsic volcanite (quartz feldspar porphyritic rhyolite). The dated sample A1013 is from this outcrop.

Vuorilammen itä- ja koillispuolella Suurisaarekkeen alueella on muutamassa paljastumassa karkeafragmenttisia (\emptyset jopa 20-50 cm) kiviä, jotka aikaisemmin on kuvattu agglomeraatteina tai pyroklastisina breksioina (Makkonen 1991, Puustjärvi 1992, Zhang 2000).

Tässä työssä tehtyjen havaintojen perusteella Suurisaarekkeen fragmenttirakenteiset kivet ovat vulkaniklastisia konglomeraatteja. Suurin osa palloista on felsisistä vulkaniiteista peräisin. Selvä vähemmistö palloista on mafisia ja intermediaarisia vulkaniitteja. Konglomeraatin matriksi on raekooltaan silttistä tai hiekkaista. Pallot ovat kooltaan enimmäkseen 0.5–5 cm. Muutama felsinen vulkaniittipallo on kooltaan 10-20 cm. Joukossa on harvakseltaan jokunen kiilleliuskemainen pallo. Mielenkiintoisena lisänä on myös pari noin 5 cm:n kokoista pyöreää granitoidipalloa.



Kuva 10. Polymiktinen klastikannatteinen vulkaniklastinen konglomeraatti. Palloista 80-90 % on felsistä vulkaniittia ja loput mafisia ja intermediaarisia, osa plagioklaasiporfyyrisiä sekä muutama hienorakeinen kiilleliuskemainen kappale ja lisäksi pari noin 5 cm kokoista pyöreää granitoidipalloa (mm. kuvassa kompassin oikean ylänurkan kohdalla). Kompassin alapuolella noin 10-15 cm paksu hiekkainen välikerros. Suurisaareke, Viholanniemi, Joroinen, x = 6890813, y = 3541060. Kuva – Photo Jukka Kousa.

Fig. 10. Polymictic clast supported volcaniclastic conglomerate with felsic, intermediate and mafic volcanite pebbles and rare mica schist and granitoid pebbles.

3.2 Kiillegneissi

Vulkaniittia pohjoisessa ja idässä rajaava kiillegneissi (kuva 5) on sekä kairaus- että paljastumavainojen perusteella erittäin hyvin primaariasunsa säilyttäneitä grauuvakkaa (kuva 10), jossa välikerroksina on paikoin noin 1-40 m paksuja mustaliuskekerrostumia erityisesti lähellä vulkaniittialueen kontaktia. Grauvakan turbidiittinen luonne näkyy hyvin kehittyneenä kerrallisuutena. Kerrosten psammiittinen osa koostuu plagioklaasista, kvartsista ja biotiitista sekä aksessorisista epidootista, zirkonista, turmaliinista ja kloriitista. Blastoklastinen rakenne selvä ja klasteista 1/3 on plagioklaasia (Ab) ja 2/3 kvartsia. Paikoin grauuvakassa on serisiittiä andalusiittiporfyroblasteja.



Kuva 10. Andalusitiiporfyroblasteja (serisiittiä) kerrallisessa grauuvakassa. Korkeakangas NW-puoli, Viholanniemi, Joroinen, x= 6891143, y = 3543835. Kuva – Photo Jukka Kousa.

Fig. 10. Andalusite porphyroblasts (sericitized) in graded greywacke.

Välittömästi vulkaniittialueen eteläkontaktissa Lahnalahdella lävistettiin kairauksessa (reikä 3233_R532) kiilleliuske, jossa porfyroblastit ovat serisiittiä andalusiittipseudomorfooseja.

Grauvakan välikerroksina olevat mustaliuskeet ovat osittain sekä laminaarikerroksellisia että usein myös konglomeraattisia ja aivan ilmeisen turbidiittisen prosessin kerrostamia. Osa mustaliuskeista on yksittäisen psammiittisen grauvakkakerroksen hienorakeisena yläosana.

Grauvakkaa lävistävinä on sekä paljastumalla (kuva 11) että kairarei'issä havaittu hienorakeisia felsisiä juonia. Rakenteeltaan nämä juonet ovat blastoporfyyrisiä, jolloin hajarakeina ($\text{\O} < 1\text{mm}$) on saussuriittuutunutta plagioklaasia hyvin hienorakeisessa plagioklaasista, kvartsista, serisiitistä ja kloriitista koostuvassa matriksissa. Aksessoreina on apatiittia ja zirkonia sekä magneettikiisua, rikkikiisua, sinkkivälkettä ja vähän kuparikiisua.



Kuva 11. Felsinen juoni grauvakassa. Molempia leikkaavat kvartsijuonet. Korkeakangas NW-puoli, Viholanniemi, Joroinen, x = 6891143, y = 3543832. Kuva – Photo Jukka Kousa.

Fig. 11. Felsic dyke in greywacke. Quartz veins intersect both.

Nämä juonet ovat olemukseltaan hyvin samankaltaisia kuin osa Viholanniemen felsisistä vulkaniiteista. Mikäli näin on, niin nämä hyvin säilyneet grauvakat ovat kerrostuneet joko samanaikaisesti tai ennen felsisiä vulkaniitteja.

3.3 Mafiset vulkaniitit ja karbonaattikivet

Vulkaniittialueen eteläosa Lahnalahden ympäristössä koostuu lähes kokonaisuudessaan mafisista kerrostumista. Kairauksissa lävistettiin (reikä 3233_R532) kiilleliuskeen ja mafisen vulkaniitin väliin jäävä kalkkisirilikaattinen tuffinen kerrostuma, jossa vaihtelevan paksuiset diopsidikarsi-, karbonaattikivi-, tremoliittikarsi- sekä felsiset ja intermediaariset vulkaniittikerrokset vuorottelevat. Tätä sekalaista kivilajikerrostumaa seuraa vallitsevasti mafinen purkausvaihe, johon kuuluu sekä tyynyrakenteisia laavoja että pyroklastisia tuffisia breksioita. Lahnalahden mafinen yksikkö on noin 6 km pitkä ja maksimissaan noin 1 km leveä luode-kaakkosuuntainen kerrostuma.

Karbonaattia on Lahnalahden mafisissa vulkaniiteissa yleisesti sekä yksittäisinä rakeina että ohuina kerroksina. Paikoin karbonaattikiveä on usean metrin paksuisina välikerroksina sekä laavasyyntöisissä että pyroklastisissa kerrostumissa. Karbonaattikivet eivät välttämättä muodosta pitkälle jatkuvia kerroksia vaan pikemminkin ovat muutaman metrin vahvaisina pahkuina ja pienempinä huokostilan täyteinä vulkaniittien joukossa (kuva 15).



Kuva 12. Lapillikokoluokan heitteleitä mafisessa tuffibreksiassa. Lahnalhti, Joroinen, x = 6887165, y = 3543124. Kuva – Photo Jukka Kousa.

Fig. 12. Mafic lapilli tuff breccia.



Kuva 13. Felsisiä fragmentteja mafisessa lapillituffissa. Lahnelahti, Joroinen, $x = 6887170$, $y = 3543125$. Kuva – *Photo* Jukka Kousa.

Fig. 13. Felsic fragments in mafic lapilli tuff.

Mafiset vulkaniitit ovat varsin hyvin primaarirakenteensa säilyttäneitä, vaikka luode-kaakko-suuntainen liuskeisuus ja etelä-lounaan suuntaan melko jyrkästi kaatuva viivaus ovat paikoin vahvasti kehittyneitä.

Mafiset pyroklastiset kerrostumat ovat paljastumien perusteella enimmäkseen lapillituffeja. Harvakseltaan on löydettävissä myös kookkaampia heitteleitä. Fragmenttien koostumus on vallitsevasti mafinen-intermediaarinen ja osittain myös felsinen. Muutama felsisistä fragmenteista on tunnistettavissa kvartsi- ja porfyriksi. Mafisten pyroklastisten breksioiden kerrosrakenne on varsin epämääräinen ja paljastumilla nähdään vain vähäistä diffuusia koostumusvaihtelua.

Kartalle (kuva 5) rajattu ja tyynylaavaksi merkitty alue on todennäköisesti huomattavasti monimuotoisempi sisällöltään ja voi tyynylaavojen lisäksi koostua karbonaatti- ja karsikivistä sekä koostumukseltaan hyvinkin vaihtelevista tuffisista kerrostumista (kairareiät 3233_R532 ja 3233_R533). Paljastumahavaintojen perusteella tyynylaavat saavat ehkä ylikorostuneen merkityksen.

Tyynyissä on parhaimmillaan nähtävissä keskuskaasurakkula, pieniä karbonaatin täyttämiä manteleita ja noin 0.5 cm paksu tumma hienorakeinen jäähtymisreunus. Tyynyjen välitilassa oleva karbonaattikivi on rapautunut kuopalle (kuva 14). Deformoituneiden tuffibreksioiden ja tyyny-laavan kontakti on paljastuneena välittömästi valtatie 5:n länsipuolella Lahnalahdessa keväällä 2008 avatulla kiviaineslouhoksella. Kivien deformaatiosta huolimatta kontaktin deformatiivinen luonne vaikuttaa todennäköiseltä. Parhaiten säilyneiden tyynyrakenteiden perusteella näyttää ilmeiseltä, että kerrostuma nuorentuu lounasta kohti.



Kuva 14. Tyynyrakenteista mafista laavaa. Numerolevyn pituus 12 cm. Pajulampi, Lahналаhti, Joroinen, x = 6886353, y = 3543743. Kuva – Photo Jukka Kousa.

Fig. 14. Mafic pillow lava. Scale bar 12 cm.

4 PÄÄTELMÄ

Joroisten Viholanniemi-Lahналаhti alueen vulkaniitit jakautuvat selkeästi kahdeksi koostumukseltaan erilaiseksi yksiköksi. Näistä pohjoisempi, Viholanniemi, on vallitsevasti felsinen ja eteläisempi, Lahналаhti, puolestaan mafinen. Kokonaisuus on siis lähinnä bimodaalinen. Felsisen vulkaniitin ikä 1906 ± 4 Ma ja Viholanniemen malmitutuman lyijyn isotooppikoostumus osoittavat tämän vulkaanisen vaiheen olevan omanlaisensa, joka poikkeaa sekä Pyhäsalmen vulkaniiteista että Keski-Suomen granitoidialueen magmatismista (Vaasjoki & Sakko 1988).

Felsisen ja mafisen yksikön keskinäinen kontakti ei ole selvästi missään nähtävissä. Epäsuorasti voidaan kuitenkin päätellä, että todennäköisesti mafiset kivet ovat kerrostuneet felsisten kivien jälkeen, koska mafisissa vulkaanisissa breksioissa on felsisiä fragmentteja ja lisäksi felsisessä vulkaniitissa on mafisia juonia. Felsisissä vulkaanisissa breksioissa ei ole havaittu varmuudella mafisia fragmentteja. Lahnalahden Pajulammen ympäristön paljastumien tyynylaavojen nuorentumissuunta on lounaaseen. Tyynylaavojen ja niitä reunustavien kiilleliuskeiden (kuva 5) etelä- ja kaakkoisosan kontaktin tuntumassa on voimakkaita sähköisiä ja magneettisiä anomalioita, jotka aivan ilmeisesti aiheutuvat mustaliuskeista.

Lahnalahden kairareitissä 3233_R532 ja 3233_533 nähdään leikkaus kiilleliuskeesta felsisten ja intermediaaristen tuffien, epäpuhtaiden kalkkisirilikaattisten sedimenttien ja karsikivien kautta intermediaariseen tuffiseen kiveen. Vaihtumista mafisiin kiviin ei nähdä eikä varmuutta kerrostumisen suunnasta ole primaarirakenteiden puuttumisen takia mahdollista tehdä. Kuitenkin syntyy vahva vaikutelma, että mafisten vulkaniittien lounaispuoleinen kiilleliuske on kerrostunut ennen vulkaniitteja.



Kuva 15. Karbonaattikivipahku (seinämässä ruskeaksi rapautunut kohta ja etualan vaaleat lohka-reet) mafisten vulkaanisten breksiakerrosten välissä. Vasaran pituus 62 cm. Lahnalhti, Joroinen, x = 6887210, y = 3543085. Kuva – Photo Jukka Kousa.

Fig. 15. Carbonate rock lump (brown weathered background and light blocks in front) between mafic volcanic breccia layers. Length of the hammer 62 cm.

Viholanniemen felsisen vulkaniitin ja sen koillispuolella olevan grauvakka-mustaliuske-yksikön kontakta ei tässä työssä tutkituissa kairarei'issä ja paljastumissa löydetty. Sen sijaan felsiset mahdollisesti subvulkaniset juonet grauvakassa ja toisaalta mustaliuskekonglomeraatissa suhteellisen yleiset grauvakka- sekä harvinaisemmat felsiset vulkaniittipallot osoittavat grauvakoiden kerrostuneen ennen felsistä vulkaniittia ja mustaliuskekonglomeraatin jopa samanaikaisesti felsisen vulkaniitin kanssa.

Viholanniemen Suurisaarekkeen felsinen-intermediaarinen vulkaniklastinen konglomeraatti voi edustaa koko tämän suprakrustisen kerrostuman ylintä jäsentä. Palloina tässä konglomeraatissa on runsaasti felsisiä sekä vähemmän intermediaarisia ja mafisia vulkaniitteja, joiden lähteenä ovat sekä Lahnalahden että Viholanniemen vulkaniitit. Lisäksi tässä konglomeraatissa on muutama kiilleliuske ja granitoidipallo, joiden alkuperää ei tässä työssä ollut mahdollista selvittää.

Edellä kuvatut kaksi erikoostumuksista ja -tyyppistä vulkaanista yksikköä voidaan hyvin kuvata erillisinä litodeemeina, felsinen Viholanniemi-litodeemi ja mafinen Lahnalahti-litodeemi, jotka kuuluvat Viholanniemen vulkaaniseen sviittiin (Viholanniemi volcanic suite).

Tässä työssä raportoidussa kairauksessa havaittiin lisänä aikaisempiin tutkimuksiin malminetsinnällisesti mielenkiintoisena piirteenä grauvakkoihin liittyvien mustaliuskekonglomeraattien sulfidirikkaat pallot. Suurin osa näistä on rikkikiisuvaltaisia, mutta joukossa on myös sinkkivälkettä sisältäviä palloja. Sulfidipallot osoittavat, että Viholanniemi-litodeemiin hyvinkin liittyy toistaiseksi tuntematon massiivinen sulfidiesiintymä. Makkosen (1991) kuvaama Viholanniemen tunnettu sinkkimalmiutumana on luonteeltaan lähinnä stringer-tyyppinen edustaen mahdollisesti malmiliuosten tulokanavia. Yksinkertainen johtopäätös on, että näiden tulokanavien ja mustaliuskeisten konglomeraattien välisellä alueella felsisten vulkaniittien ja grauvakan kontaktin tuntuessa tulisi jatkaa kairauksia.

Lahnalahti-litodeemiin nyt tehdyissä kairauksissa ei saatu juuri mitään malminetsinnällisesti uutta esiin. Aikaisemmissa töissä (Puustjärvi 1992) alueen kuparipotentialisuutta tutkittiin laihoin tuloksin. Muodostuma on kuitenkin useamman kilometrin pituinen ja edelleenkin vain pieneltä osalta tutkittu, joten tässä mielessä mahdollisuuksia edelleen on myös mafisten vulkaniittien alueella. Taloudellisessa mielessä Lahnalahden karbonaattikivet voisivat olla tutkimisen arvoisia.

5 TUTKIMUSAINEISTO

Tutkimusaineisto on tallennettu GTK:n arkistointiohjeiden mukaisesti.

6 KIRJALLISUUSLUETTELO

Huhma, Hannu 1986. Sm-Nd, U-Pb and Pb-Pb isotopic evidence for the origin of the Early Proterozoic Svecokarelian crust in Finland. Geological Survey of Finland. Bulletin 337. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 48 p. + 2 app.

Kallioperäkarttatietokanta DigiKP Suomi, GTK. Versio 1,0, keskeneräinen, 29.06.2009

Korsman, Kalevi 1973. Rantasalmi. Suomen geologinen kartta 1:100 000 : kallioperäkartta = Geological map of Finland 1:100 000 : pre-Quaternary rocks lehti = sheet 3233. Otaniemi: Geologinen tutkimuslaitos.

Korsman, Kalevi 1977. Progressive metamorphism of the metapelites in the Rantasalmi-Sulkava area, southeastern Finland. Geological Survey of Finland. Bulletin 290. Espoo: Geologinen tutkimuslaitos. 82 p.

Korsman, Kalevi and Kilpeläinen, Timo 1986. Relationship between zonal metamorphism and deformation in the Rantasalmi-Sulkava area, southeastern Finland. In: Development of deformation, metamorphism and metamorphic blocks in eastern and southern Finland. Geological Survey of Finland. Bulletin 339. Espoo: Geologian tutkimuskeskus, 33-42.

Korsman, Kalevi ja Pääjärvi, Antti 1980. Varkaus. Suomen geologinen kartta 1:100 000 - kallioperäkartta. Geological map of Finland 1:100 000 : pre-Quaternary rocks lehti - sheet 3234. Espoo, Geologinen tutkimuslaitos.

Korsman, Kalevi, Hölttä, Pentti, Hautala, Tuula and Wasenius, Pekka 1984. Metamorphism as an indicator of evolution and structure of the crust in Eastern Finland. Geological Survey of Finland. Bulletin 328. Espoo, Geologian tutkimuskeskus. 40 p.

Korsman, Kalevi, Niemelä, Reijo and Wasenius, Pekka 1988. Multistage evolution of the Proterozoic crust in the Savo schist belt, eastern Finland. In: Tectono-metamorphic evolution of the Raahe-Ladoga zone. Geological Survey of Finland. Bulletin 343. Espoo, Geologian tutkimuskeskus, 89-96.

Korsman, Kalevi ja Pääjärvi, Antti 1988. Varkauden kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Varkaus map-sheet area. Suomen geologinen kartta 1:100 000 - kallioperäkarttojen selitykset lehti 3234. Espoo, Geologian tutkimuskeskus. 35 p.

Makkonen, Hannu 1991. Viholanniemen Zn-esiintymän tutkimukset Joroisissa vuosina 1984-1988. 25 s., 6 liites. *Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M19/3234/-91/1/10.*

Niemelä, Mauri 1992. Joroisten Tervajoensuon kaoliinitutkimukset vuosina 1990-91. 14 s., 5 liites. *Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M19/3234/-92/1/82.*

Papunen, Heikki (ed.) 1990. Sinkkiprojektin raportti. Turun yliopisto. Geologian ja mineralogian osaston julkaisu 22. Turku: Turun yliopisto. 143 p.

Pekkarinen, Lauri 2002. Haukivuoren ja Pieksämäen kartta-alueiden kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Haukivuori and Pieksämäki map-sheet areas. Suomen geologinen kartta 1:100 000 : kallioperäkarttojen selitykset lehdet 3231+3232. Espoo, Geologian tutkimuskeskus. 98 p. + 2 app., 1 app. map.

Pekkarinen, Lauri J. ja Hyvärinen, Lauri 1984. Haukivuori. Suomen geologinen kartta 1:100 000 – kallioperäkartta. Geological map of Finland 1:100 000 : pre-Quaternary rocks lehti - sheet 3231. Espoo, Geologian tutkimuskeskus.

Puustjärvi Heikki 1986. KAIVOSLAIN 19 §:N MUKAINEN TUTKIMUSTYÖSELOSTUS Joroinen "Hallanvahti", kaivosrekisterinumero 3696/1 ja "Kalkkijoki", kaivosrekisterinumero 3696/2 *Outokummun aineistot, 080/3233 03 B/HOP/1986.*

Puustjärvi Heikki 1992. KAIVOSLAIN 19 §:n MUKAINEN TUTKIMUSTYÖSELOSTUS Joroinen, "Lahnalhti 1 ja 2", kaivosrekisterinumerot 4118/1 ja 2 *Outokummun aineistot, 080/3233 03B/HOP/92.*

Vaasjoki, Matti; Sakko, Matti 1988. The evolution of the Raahe-Ladoga zone in Finland : isotopic constraints. In: Tectono-metamorphic evolution of the Raahe-Ladoga zone. Geological Survey of Finland. Bulletin 343. Espoo, Geologian tutkimuskeskus, 7-32.

Vorma, Atso 1971. Pieksämäki. Suomen geologinen kartta 1:100 000 – kallioperäkartta. Geological map of Finland 1:100 000 - pre-Quaternary rocks lehti - sheet 3232. Otaniemi, Geologian tutkimuslaitos.

Zhang, Xiping 2000. Early Proterozoic metavolcano-sedimentary formation and zinc-gold deposit in the Viholanniemi area, south-eastern Finland. In: Zhang, Xiping 2000. Geochemical exploration for polymetallic ores in volcano-sedimentary rocks : studies in China and Finland. Acta Universitatis Ouluensis. Series A, Scientiae Rerum Naturalium 352. Oulu: University of Oulu. 140 p.

7 LIITTY

Kartoitushavainnot

EAI\$ - 2008 – 1-12, 27-30, 33-41, 43-48

JPK1 – 2008 – 60-61, 64-67, 88-94

Kiillotetut ohuthieet

0910029 – 0910034 ja 0910104 – 0910113

Kairausraportit

M52.5/3233/08/R532 – M52.5/3233/08/R534

M52.5/3234/08/R379 – M52.5/3234/08/R381

Analyysit

Analyysitilausnumero 220348, 220352, 220353, 220410

Taulukko 1. Kairareikä tiedot.

Table 1. Drill hole data.

KARTTA	REIKÄ	SUUNTA	KALTEVUUS	PITUUS	X	Y	Z	MAATA	SYVYYS
3233	532	25	45	120	6887753	3541036	115	14.90	120.30
3233	533	25	45	120	6887455	3541710	122	17.60	120.30
3233	534	50	45	120	6889840	3542180	90	8.90	121.50
3234	378	65	40	120	6892760	3541305	98	4.20	103.30
3234	379	130	45	120	6893100	3540810	99	8.00	96.20
3234	380	70	45	120	6891394	3542321	95	18.30	115.40
3234	381	45	45	120	6891112	3543508	101	10.00	119.50
Yhteensä								81.90	796.50