



GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS
ETELÄ-SUOMEN ALUETOIMISTO
Kallioperä ja raaka-aineet
Betonimiehenkuja 4
02150 ESPOO

4694

K 21.42 / 1998/1

ARKISTOKAPPALE

SVEKOFENNIDINEN NIKKELI- JA KULTA
GTK:n TYÖKOKOUS MATINKYLÄSSÄ 13.5.1998

28.4.1998

SVEKOFENNINEN NIKKELI JA KULTA - GTK:n työkokous

AIKA 13.05. 1998, klo 9.00 - 17.00

PAIKKA Kokous- ja koulutushotelli Matinlahti, Espoo

Kokouksen erityisenä teemana on tarkastella Etelä- ja Länsi-Suomen kaarikompleksilla tehtäviä tutkimuksia ja malminetsintää. Samalla on tilaisuus keskustella laajemminkin nikkelin ja kullan etsinnän strategiasta koko svekofennialaisella alueella.

Työkokous etenee keskustellen alustusten (15 - 20 min.) myötä. Tavoitteena on luoda vankka tutkimuksellinen ote GTK:n nikkelin ja kullan etsinnälle.

Kokous pidetään Espoossa kokous- ja koulutushotelli Matinlahdessa (liitekartta). Kokouspaketti 195,00 mk/hlö varataan keskitetysti ilmoittautumisten mukaan ja virsutetaan vastuualueille.

Sitovat ilmoittautumiset Niilo Kärkkäiselle p. 2589 tai Tarja Tuimalalle p. 2295 7.5.1998 mennessä.

OHJELMA

Elias Ekdahl	Kokouksen avaus ja tavoitteet
Kalevi Korsman	Svekofennisten Ni ja Au-malmien etsintä, geologinen lähtökohta ja perusteet.
Niilo Kärkkäinen	Etelä ja Länsi-Suomen kaarikompleksi, nikkelin ja kullan etsintä. Hanke-esittely.
Markku Tiainen	Ni-etsintä; filosofia ja tilannekatsaus
Petri Rosenberg	Au-etsintä; filosofia ja tilannekatsaus
Tarmo Jokinen ja Tuire Valli	

Etelä ja Länsi-Suomen kaarikompleksin geofysikaalinen data malminetsinnän ja geologisen mallintamisen kannalta.

Mikko Nironen	Etelä ja Länsi-Suomen kaarikompleksi; temaattiset tutkimukset ja geotektoninen mallinnus, tilannekatsaus.
Pentti Grönholm	Svekofenniset kultamalmit, mahdollisuudet ja etsinnän keskeisimmät tekijät.
Olavi Kontoniemi	Svekofennisten kultamalmien etsintä Keski-Suomen kaarikompleksilla tehtyjen tutkimusten valossa.
Hannu Makkonen	Svekofennisten nikkelimalmien etsintä Keski-Suomen kaarikompleksilla tehtyjen tutkimusten valossa.
Petri Peltonen	1,9 Ga emäksinen magmatismi, nikkeli-potentiaali sekä Vammala/Kotalahti tyypittely.

Keskustelu ja yhteenveto.

Elias Ekdahl
Ohjelmajohtaja

JAKELU

J. Alanen	B. Lindmark
H. Appelqvist	P. Lindroos
P. Eilu	E. Luukkonen
S. Elo	M. Mäkelä
G. Gaál	H. Makkonen
I. Haapala	J. Mäkinen
P. Hakala	M. Nironen
P. Huhta	P. Nurmi
T. Jokinen	T. Nyholm
P. Karimerto	H. Pankka
K. Karttunen	H. Papunen
E. Koistinen	Y. Pekkala
T. Koistinen	M. Pelkkala
K. Kojonen	P. Peltonen
O. Kontoniemi	P. Pihlaja
K. Korsman	K. Puustinen
H. Kujala	P. Rosenberg
V. Kuosmanen	O. Sarapää
N. Kärkkäinen	M. Tiainen
M. I. Lehtonen	M. Tontti
V. Liimatainen	T. Valli
	E. Vanhanen

LIITE

Ajo-ohje Matinlahteen

SVEKOFENNINEN NIKKELI JA KULTA - GTK:n työkokous 13.5.1997

Osallistujat:

J. Alanen
H. Appelqvist
E. Ekdahl
S. Elo
G. Gaál
P. Hakala
P. Huhta
T. Jokinen
P. Karimerto
E. Koistinen

T. Koistinen
K. Kojonen
O. Kontoniemi
K. Korsman
N. Kärkkäinen
R. Lahtinen
P. Lestinen
V. Liimatainen
B. Lindmark
P. Lindroos

H. Makkonen
J. Mäkinen
M. Nironen
P. Nurmi
T. Nyholm
H. O'Brien
J. Parkkinen
Y. Pekkala
M. Pelkkala
P. Peltonen

K. Puustinen
K. Rasilainen
P. Rosenberg
B. Saltikoff
O. Sarapää
M. Tiainen
M. Tontti
T. Valli

Grönholm, HY
Haapala, HY
Poutiainen, HY

MATINLAHTI 13.5.1998

Kokouksen avaus ja tavoitteet

Kokous kuuluu sarjaan, jossa tarkastellaan uusia hankkeita ja niiden filosofiaa. Kyseessä on myös saman ydinohjelman alla olevien hankkeiden keskinäinen verkottuminen. Tätä pyritään erityisesti tiivistämään sekä lisäämään T&K:n panosta operatiiviseen hanketoimintaan.

Kallioperä ja raaka-aineet -ohjelmassa on vahva tutkimuksellinen ote. GTK:n malminetsintästrategiassa paneudutaan enemmän ja enemmän pintaan puhkeamattomien esiintymien löytämiseen. Tutkimuksen keskeisiä haasteita ovat maankuoren rakenteen ja kehityksen mallintaminen, joka välttämättä edellyttäisi syväseismisen heijastusluotauksen toteuttamista. Keskeisenä haasteena on niin ikään svekofennialaisen orogenian mallinustyö. Malminmuodostusprosessien ymmärtäminen osana geologista evoluutiota ja malmimallien laatiminen antavat malminetsinnälle sen teoreettisen pohjan (liitteet 1-2). Myös itse malminetsinnässä on siirryttävä "prospektauksesta explorationiin". GTK:n tehtävä on luoda tutkimuksellinen tietoperusta, joka aikaan saa investointeja hyviin kohteisiin ja kohdealueille.

Nyt puheena olevassa hankkeessa kuin myös VSA:ssa on Ni ja Au yhdistetty samaan tutkimushankkeeseen. On totta, että molemmilla metalleilla on oma etsintäfilosofiansa. Kuitenkin ne alueellisesti liittyvät saman orogeniavyöhykkeen syntyyn ja kehitykseen peräkkäisinä metallogeenisina tapahtumina. GTK:n uusi rooli edellyttää tutkimuksellista paneutumista suurempien kokonaisuuksien ja keskeisimmän malmipotentialin selvittämiseen. Tällöin sekä Ni:n sekä Au:n etsintä tarvitsevat tuekseen geologista, rakenteellista metamorfiota tai geotektonista tutkimusta. Asioiden yhdistäminen lisää myös tutkijasynergiaa ja ajatusten vaihtoa. GTK:n lisäksi olisi hyvä jos hankkeisiin saataisiin mukaan myös yliopistotutkimusta kuten nyt Helsingin yliopisto.

Tässä kokouksessa pohditaan Länsi- ja Etelä-Suomen kaarikompleksi -hankkeen ja nikkelin ja kullan etsinnän kannalta keskeisiä kysymyksiä (liite 3). Tarkoituksena on myöhemmin kiteyttää hankkeen toimintaa edelleen ja keskittyä tärkeimpiin tutkimuksellisiin asioihin ja potentiaalisimpiin kohdealueisiin.

On miellyttävä nähdä näin runsaslukuinen ja kiinnostunut osallistujajoukko, joka osoittaa, että olemme oikealla alueella ja oikeissa asioissa.

HANKESUUNNITELMA VUODELLE 1998

41696

Vastuualue E-SA / Malmit ja kallioperä	
Hankkeen nimi Länsi- ja Etelä-Suomen kaarikompleksi, nikkelin ja kullan etsintä	Hankkeen vetäjä N. Kärkkäinen

TOIMINNALLISET TULOSTAVOITTEET

Hankkeen tavoite on löytää ekonominen kulta- tai nikkeliäsiintymä Etelä-Suomen alueelta. Tähän soveltuvia malminetsintämenetelmiä kehitetään yhteistyössä ESA:n muiden ryhmien ja T&K:n kanssa.

Tampereen alueelle jatketaan Au-aiheiden kohteellisia tutkimuksia

- a) Suodenniemen Taiskalliolla,
- b) Nokian Metsäkylässä,
- c) Paimion Kalevassa ja
- d) Kullaalla.

Ni-malmien kohteellinen etsintä

- a) Lammin-Padasjoen (aktiivisin)
- b) Taipalsaaren alueilla (pohjustetaan)
- c) Kylmäkosken alueella (uutta dataa)
- d) Kauvatsan alueella (uusi alue)
- e) Vammalan-Porin-Vaasan-alue (alueellinen:
haetaan uusia malmiaiheita (Ni, Au, Cu, ym) kohteellisiin tutkimuksiin.

KOHDEALUEIDEN KARTTA

GTK
 Malminetsinnän
 maastotutkimukset
 Etelä-Suomessa
 1998

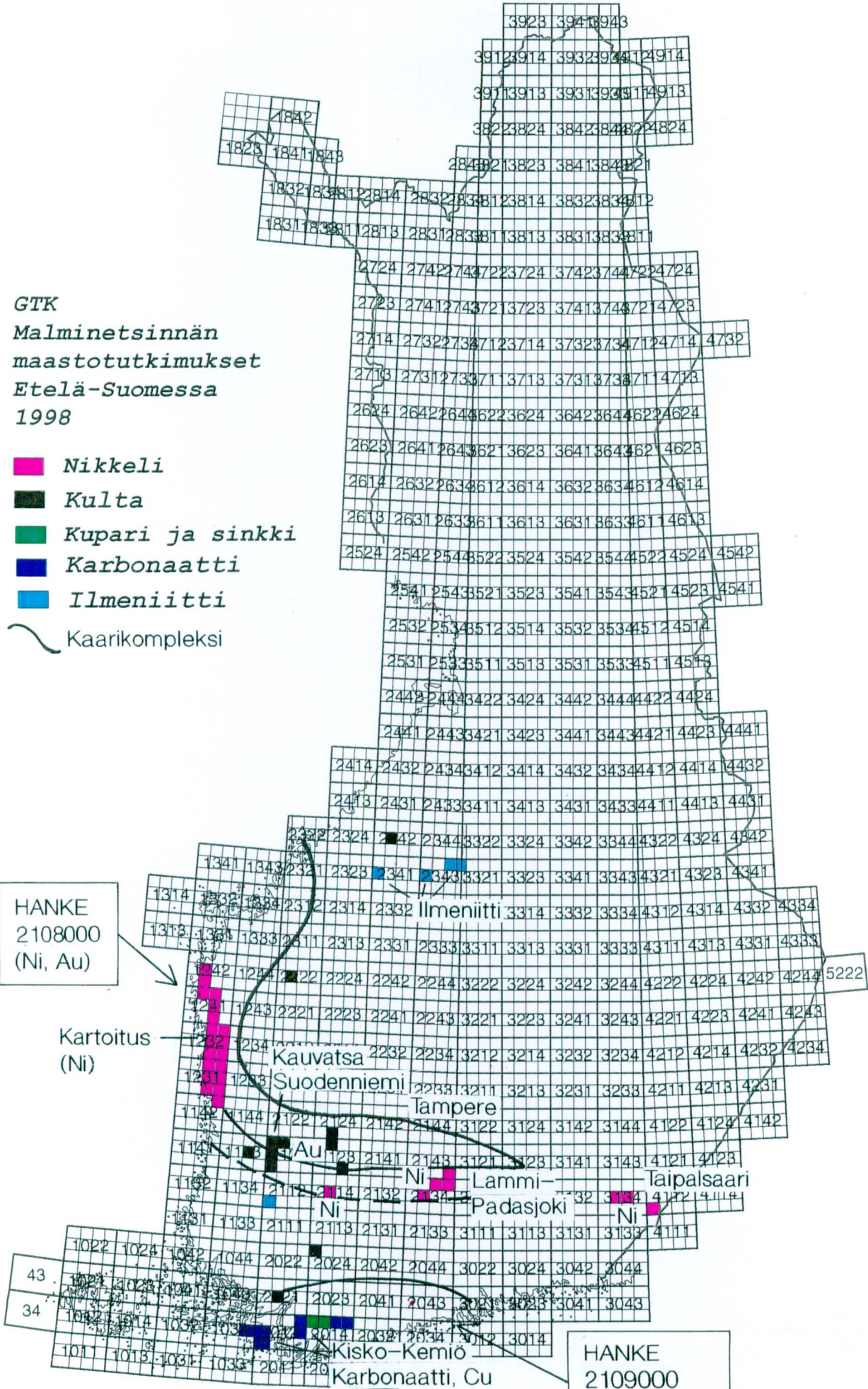
- Nikkeli
- Kulta
- Kupari ja sinkki
- Karbonaatti
- Ilmeniitti
- Kaarikompleksi

HANKE
 2108000
 (Ni, Au)

Kartoitus
 (Ni)

43
 34

HANKE
 2109000
 (TEOLL.MIN.)



HENKILÖSTÖ

TUTKIJAT	Tehtävä	Aika
Niilo Kärkkäinen Petri Rosenberg Markku Tiainen Boris Lindmark Hannu Appelqvist Petri Peltonen Mikko Nironen	Au etsintä ja tutkimus Ni etsintä ja tutkimus Au + muut mikroskopointi Ni etsintä ja tutkimus kallioperätutkimus	68 htkk
Pekka Pihlaja Pekka Huhta Kari Kojonen	kallioperäkartoitus, Ni maaperätutkimukset malmimineralogia	
Tarmo Jokinen Tuire Valli	geofyysikko geofyysikko	
Esko Koistinen	kaivosinsinööri; malmiarviot	
AVUSTAJAT		
Juhani Alanen Väinö Liimatainen Kalevi Karttunen Mikko Pelkkala Pekka Karimerto Tuure Nyholm	maastotyöt, kairausten valvonta ja raportointi, malminetsintä, mittaukset (näytteenotto)	50 htkk
Pertti Hakala Hannu Kujala Kausiapulainen	Maaperä kallioperä	
22 henkilöä		7.3 htv / ESA

ARVIO MENOISTA JA KUSTANNUKSISTA (1 000 MK)

	1998	1999	2000	2001	2002
Menot	1490				
Muut kustannukset	8089				
KUSTANNUKSET YHT.	9579	10000	10 000		

Rajaukset

Miksi kaarikompleksi ja miksi kulta ja nikkeli ?

- Pienet resurssit - kohteellinen etsintä
- Kaarikompleksi on geologisesti selväpiirteinen yksikkö
- Rannikon ja Pohjanmaa kartoitus on meneillään, uutta geofysiikkaa ja geokemiaa on olemassa
- Au- ja Ni-kaivokset sijaitsevat tällä vyöhykkeellä:

Lukuisia ehtyneitä metallikaivoksia, mm. Petolahti, Vammala, Kylmäkoski, Haveri, Ylöjärvi, Telkkälä ja Korsnäs,

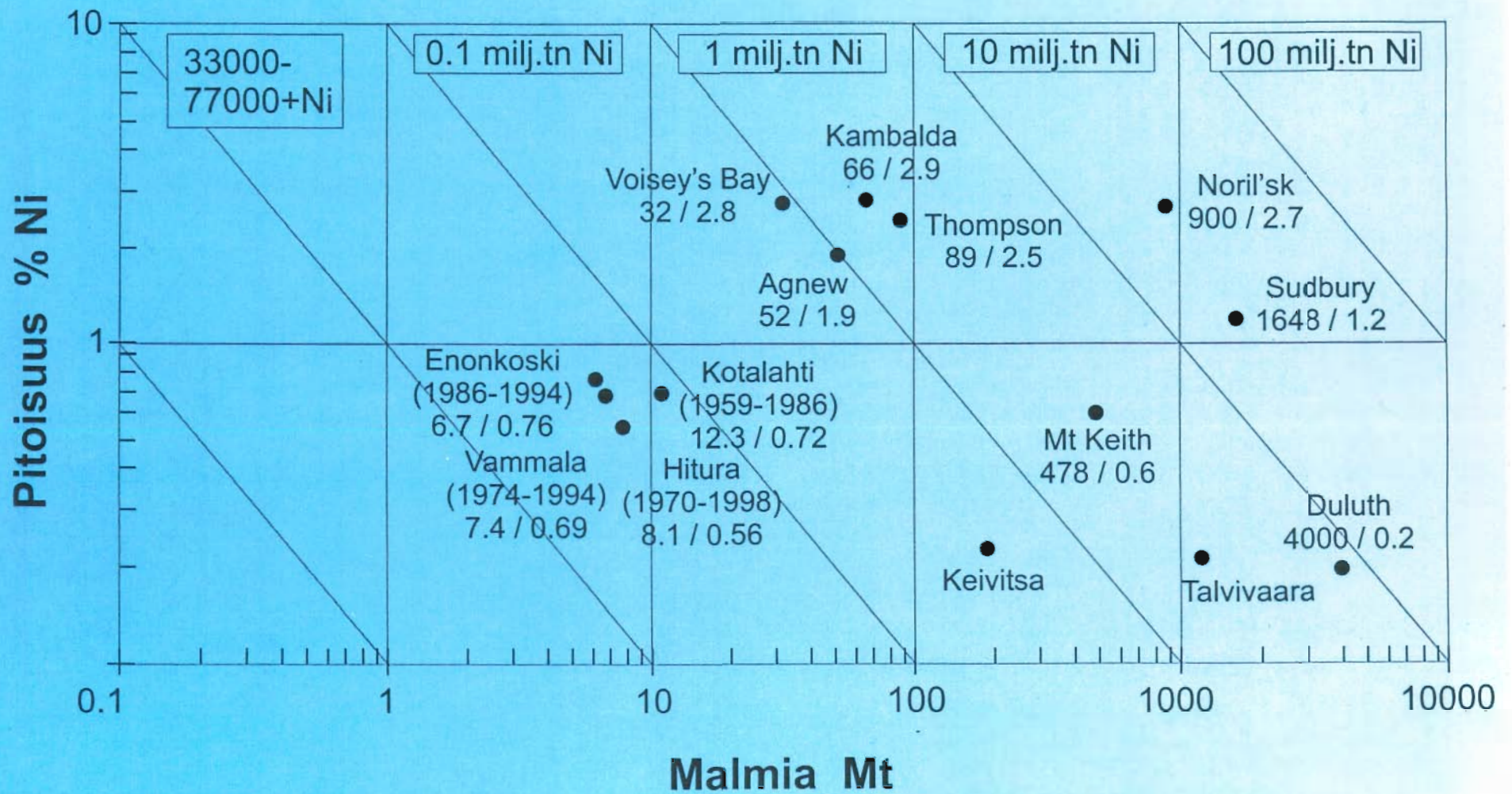
Korsnäs oli ainoa ei Au tai Ni tuottava kaivos

Kulta

- Kysyntää olisi (arvo säilyy?)
- Pienetkin (1 - 10 Mt) esiintymät kysytyjä
- Toimiva Au-kaivos (Kutemajärvi)
- Paljon aiheita
- Aktiivinen kansannäytetoiminta tehokas aiheiden tuottaja
- Moreeniin perustuvat etsintämenetelmät toimivat hyvin
- Osaamista on, tutkimuksia tekeillä (malmimalleja)

Nikkeli

- Kysyntä on kasvava
- Suomessa on sulattamo ja hallitseva teollisuusyritys (OKU) keskittää paljon Ni käyttävään jaloterätuotantoon (perusmetallien kustannuksella)
- Ni-sulfidiesiintymiä on maailmalla rajoitetusti, muutama suuri hallitsee (Sudbury, Petsamo + Norilsk >> Australia)
- Suomalaiset Ni-malmit ovat Svekofennisessä ympäristössä,
- Svekofenninen alue on Ni malmien suhteen potentiaalisin Suomessa (GTK:n tutkimusraportti)
- Kohtalaisen paljon perustutkimusta (mm. Puustinen ym., Makkonen, Peltonen, Mäkinen, Papunen, Hanski, Mutanen, HY:n projekti ym.)
- OKU:n tutkimuksista niukasti tietoa
- Suomen kaivokset pienehköissä esiintymissä, mutta tuotanto silti alhaisilla pitoisuuksilla (0.6 - 0.8% Ni); tukena Cu ? (KUVA)
- Ni-malmin tuotanto Suomessa loppuu tänä kesänä
- Erilaisia malmimalleja Svekofenniselle Ni:lle on olemassa
- Etsintämenetelmien kehitys tärkeää ja malminetsintämallia GTK:lle tulee kriittisesti kehittää (mm. Matinkylässä)









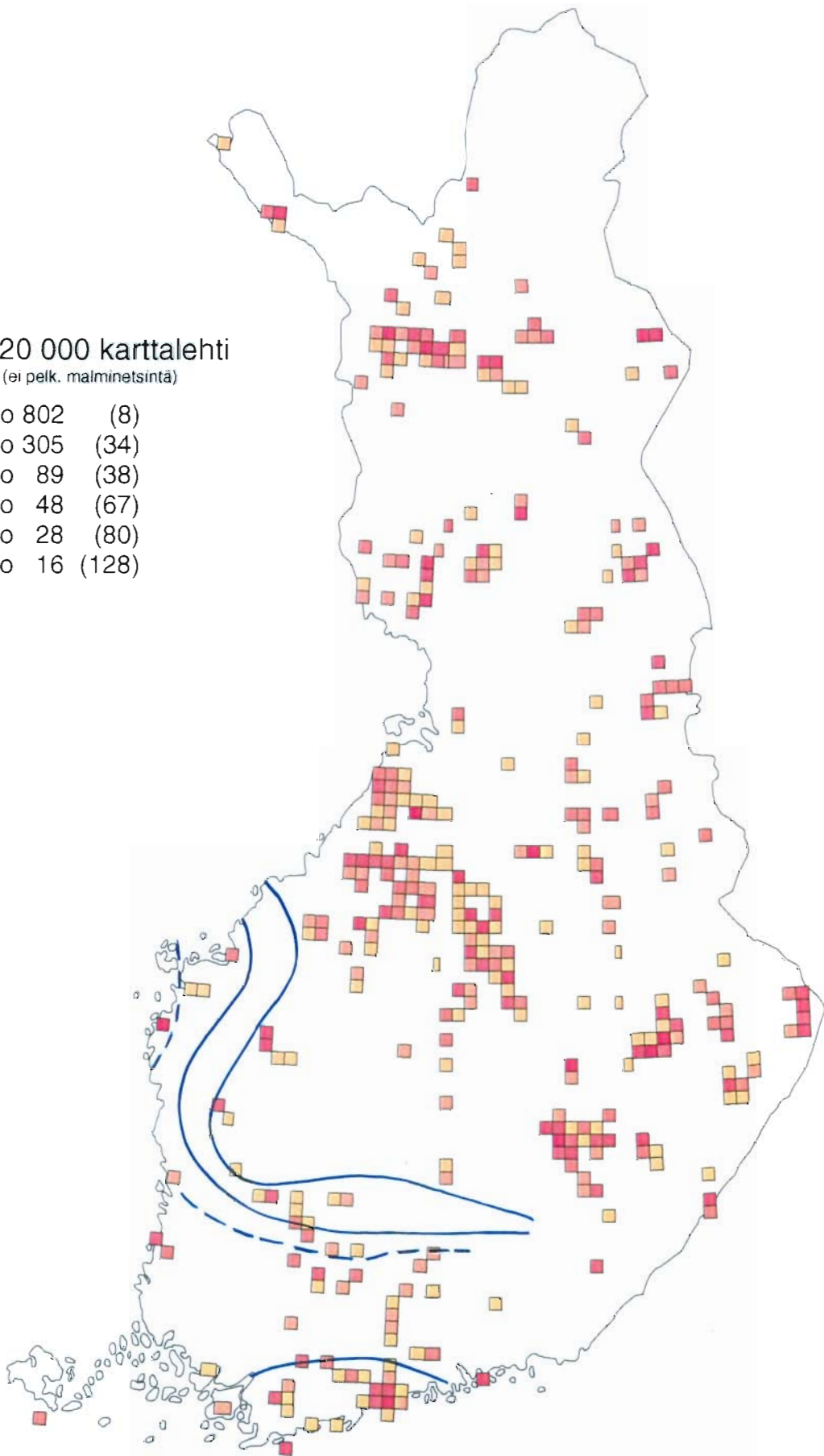
MALMINETSINTÄ JA TUTKIMUS, haasteita

- Toimitaan OKU:n vanhalla reviirillä, etsintää tehty kaivosten turvin (isolla rahalla?)
- Perusmalminetsintää on tehty vähän ! (GTK:n etsintäresurssit ohjautuneet muualle)
- Geofysiikka - alueellisia selvityksiä vähän käytössä
- Geokemia - vajaakäytöllä, (on tehty, mutta ei ole etsinnässä sovellettu tarpeeksi?)
- Temaattiset tutkimukset (tietoa on, mutta)
- Malminetsintä sisäänpäin lämpiävää (julkaisutoiminta työkaluksi...)
- SELKEÄT TAVOITTEET :
- Malmiesiintymä (kaikki menetelmät 'tasa-arvoisia')
- Tutkimuksen ja malminetsinnän integroituminen Etelä-Suomessa (OK ja kehittyä, malmimallien, metallogenian ja geologisen tiedon rinnakkainen ja päällekkäinen tarkastelu pitää yllä keskustelua)

Kairausta / 1:20 000 karttalehti

kaikki kairaukset (ei pelk. malminetsintä)

	305 to 802	(8)
	89 to 305	(34)
	48 to 89	(38)
	28 to 48	(67)
	16 to 28	(80)
	8 to 16	(128)



Markku Tiainen
GTK, ESA

Ni-ETSINTÄ, FILOSOFIA JA TILANNEKATSAUS

Kun etsitään jotakin niin pitää tietää mitä on hukassa?

- Malmityyppi

Etsittävän tuntomerkit ja tyypilliset piilopaikat?

- Malmigeologinen ja geotektoninen mallinnus

Uudet malmityypit

- Ennakkoluuloton ideointi ja tutkimus

ALUERAJAUS , Ni -VYÖHYKE

Ni-kriittisen vyöhykkeen tai alueen ominaisuuksia (mm. Geonickel-projektin asiantuntijajärjestelmässä käytettyjä kriteerejä):

- Suotuisa geologinen ympäristö
 - synmagmaattinen kuoren syvärakenne - suturi, johon liittyy riftiytymistä ja mafista magmatismia
 - merkittävä määrä mafista-ultramafista magmatismia (esim. Vammala-alue)
 - rikkiä saatavilla - kiisuliuskeet
- Ni-malmiviitteitä, Ni-mineralisaatioita tai alueella on ennestään Ni-kaivostoimintaa
- Indikatiivinen moreenigeokemia
 - Moreenigeokemiassa Cr, Ni, Co ja Mg sekä Ni/Cr ja Ni*Cr/Co anomalia
- Indikatiivinen geofysiikka
 - Alueellinen gravimetrinen anomalia, usein vieressä lineaarinen gravimetrinen minimi
 - Lineaariset magneettiset ja EM-rakenteet
 - Intruusioita indikoivat piirteet:
 - Liuskeanomaliat kiertävät usein intruusioita (enveloping structures)
 - Intruusiot aiheuttavat yleensä paikallisia gravimetrisia, magneettisia anomaliaita

Serpentiiniytyneet intruusiot: gravimetrinen minimi ja magneettinen anomalia

Ni - POTENTIAALINEN INTRUUSIO

Nikkelikriittisen intruusion tuntomerkkejä:

- Primitiivinen lähtösula (primitive parental magma)

Merkkejä sulfidisulan muodostumisesta ja sen erottumista edistävistä prosesseista:

- Differentioituminen
 - Kumulus-rakenteet
 - Kontaminaatio ja S:n lisäys
 - Magman S-kylläisyys ja Ni-depletio
- Moreenissa korkea Ni, Cu, Co, Cr, Mg ja S
 - Gravimetrinen, magneettinen, EM- ja IP-anomalia

Etelä-Suomen Ni-pitoisten intruusioiden ominaispiirteitä malminetsinnän kannalta katsottuna

Ultramafiset Ni-pitoiset intruusiot (peridotiitti -serpentiiniitti)

- Intruusio on yleensä pienikokoinen (Vammala 1,5 x 0,6 km, Kylmäkoski 0,2 x 0,1 km)
- Usein monivaiheinen intruusio, jossa pirotteinen tai massiivinen magneettikiisovaltainen Ni-malmi intruusion pohjalla
- Deformoitunut D2- ja nuoremmissa deformaatioissa
 - intruusio usein poimuttunut ja kääntynyt
 - sulfidifaasi mobiloitunut, jopa intruusion ulkopuolelle

- Petrofysikaaliset ominaisuudet vaihtelevat mm. metamorfoosin vaikutuksesta (Niemi, 1989)

Tiheys

		min	ka	max
Stormi,	peridotiitti	2,38	2,92	3,39
	serpentiiniitti	2,13	2,86	3,24
	kortlandiitti	2,80	3,11	3,33
	malmi	2,68	2,92	3,39

Laukunkangas

peridotiitti	2,78	3,21	3,94
noriitti	2,50	3,07	4,00
malmi	2,72	3,65	4,62

Suskeptibiliteetti (10⁻⁵ SI)

		min	ka	max
Stormi,	peridotiitti	0	4770	15566
	serpentiiniitti	0	3420	12938
	kortlandiitti	0	1500	9490
	malmi	51	4200	22085

Laukunkangas

peridotiitti	41	4400	18498
noriitti	1	1624	39630
malmi	98	8600	32700

- yleensä intruusiot erottuvat kuitenkin ympäristöstä

- malmiutunut osa erotuu yleensä painavampana, suskeptiivisempänä ja usein johtavampana muusta intruusiosta

- joskus vaikea erottaa poimuttuneista karsipitoisista kiisuliuskeista

- Moreenianomaliat samantyyppisiä kiisuliuskeiden aiheuttamien anomalioiden kanssa
- Yleensä huonosti paljastuneita

Mafiset Ni-pitoiset intruusiot (gabro - noriitti)

- Intruusio usein pieni (Laukunkangas 0,8 x 0,3 km, Telkkälä 0,05 x 0,15 km, Hyvelä 0,4 x 0,05 km)
 - Peridotiittinen osa vähäinen usein intruusion pohjalla tai reunoilla (in situ differentioitunut)
 - Paras malmi yleensä ultramafisessa osassa
 - Paljastunut osa usein gabroidinen - ongelmia malmipotentialin toteamisessa
 - Ei aiheuta niin selvää geokemiallista anomaliaa kuin ultramafiitit
- Petrofysiikka

Tiheys

		min	ka	max
Hyvelä,	noriitti	2,96	3,24	3,69
	metagabro	2,68	3,00	3,33

Suskeptibiliteetti (10⁻⁵ SI)

		min	ka	max
Hyvelä,	noriitti	304	6060	17735
	metagabro	0	1010	8582

Nikkelin etsintä Etelä-Suomessa

Aluerajaus:

- Suotuisa geologia - geotektoninen asema, ympäristö ja magmatismi
- Indikatiivinen moreenigeokemia - huomioidaan maaperäolosuhteet
- Indikatiivinen geofysiikka (gravimetriaa olemassa valitettavan vähän)
- Malmiviitteet - hyviä viitteitä

Kohteen valintakriteerit:

- Intruusio paikannettu - täyttää aiemmat kriteerit
- Uusien Ni-intruusioiden hakeminen

Gravimetrinen ja magneettisen datan yhdistelmät

-Paikallinen gravimetrinen anomalia (2.vd, residuaali)

-Paikallinen magneettinen anomalia

Moreenigeokemiallinen anomalia tihennyssä
näyteaineistossa (noin 200 m gridi tai profiilit)

Intruusion tutkimukset

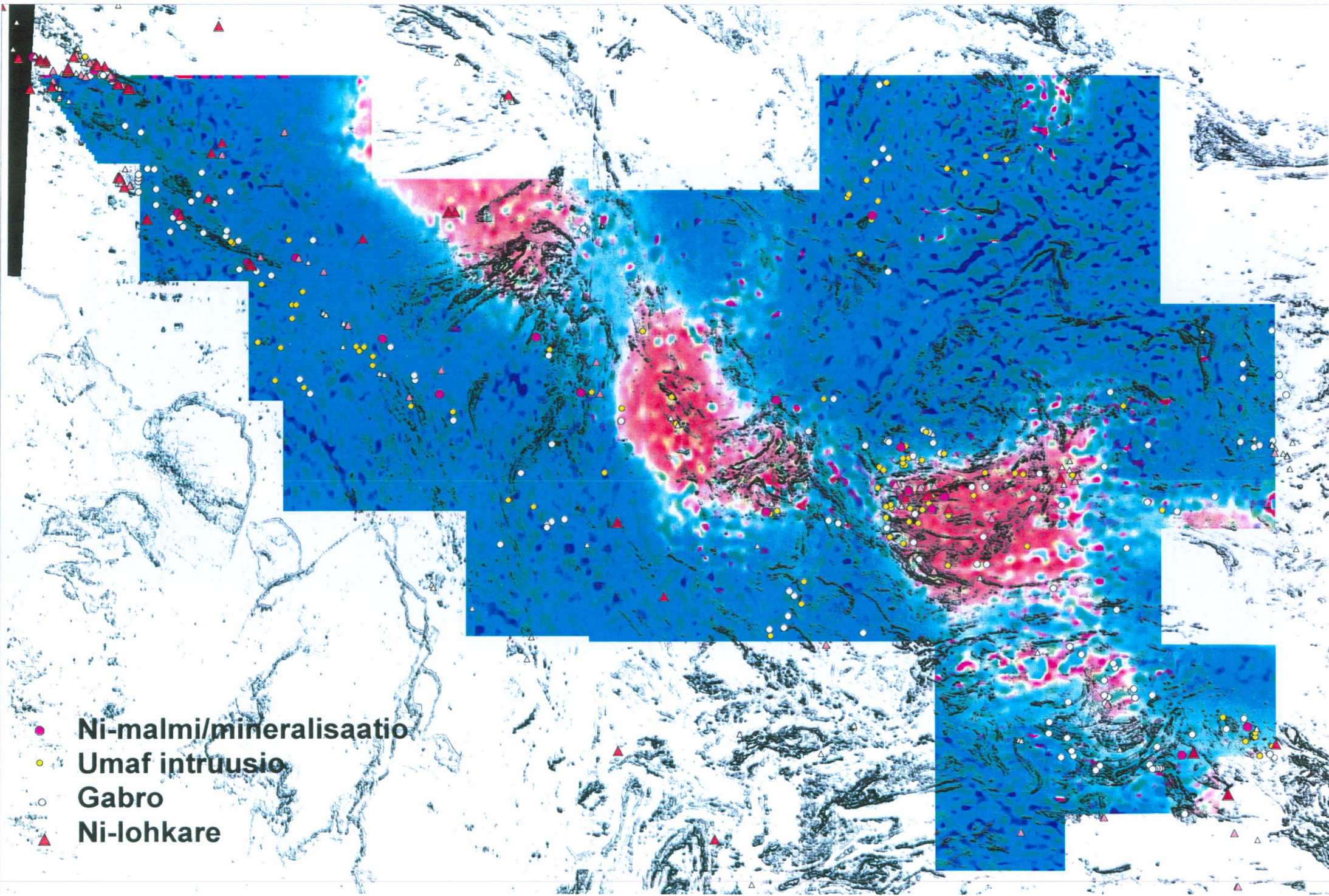
- Geologinen kartoitus + laboratoriotutkimukset
- Maanpintageofysiikka
- Poka-kairaus
- Reikägeofysiikka
- Näytteiden analysointi ja kohteiden priorisointi jatkotutkimuksia varten
- Malmiarvio

Työmenetelmät, näkymät ja pullonkaulat

- Malminetsintätiimin pitäisi olla joukkue, jossa kullakin on selvä oma rooli ja parhaimmattaito omalla alallaan
- Kaikki data numeeristetaan
- Kaikissa malminetsinnän vaiheissa sovelletaan GIS-, kuvankäsittelymenetelmiä
- MapInfo-palvelimen käyttöönotto tehostaa työskentelyä
- Tietojen järjestäminen tietokannaksi tehostaisi edelleen datan integrointia - pullonkaulana henkilöresurssi
- Kohteita pitäisi valita alustavaa tarkastelua varten vuosittain 20 - 30 kpl, joista tarkempaan tutkimukseen valikoituisi vuosittain noin 5 kpl
 - tarvittaisiin noin 3 henkilön maastotyöryhmä + POKA
- Alueellinen gravimetraus pitäisi saada koko Ni-vyöhykkeelle

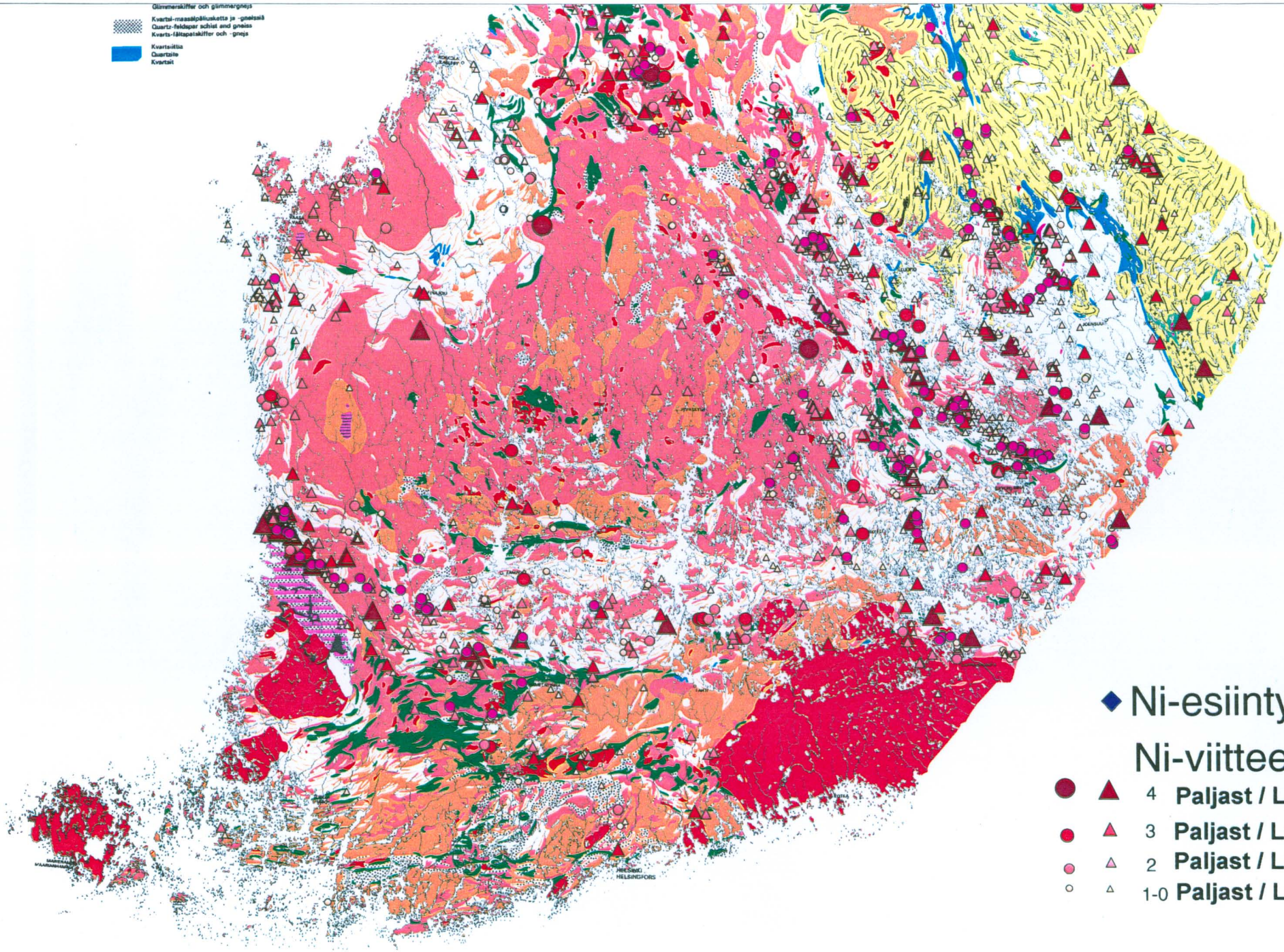
Tilannekatsaus

Kohteet:	Työvaihe	Tilanne
Taipalsaari, Sampolanmäki	Reikämittaus, arviointi	Ni-mineralisaatio
Padasjoki, Konnu,	Poka-kairausta	Ni-ineralisaatio*
Taipalsaari, Kihliö,	Poka-kairausta	Mineralisaatio*
Taipalsaari, Suurisuo	Tutkittu	Ni-mineralisaatio
Lammi, Metsienmäki	Kairauskohde	Mineralisaatio*
Urpala, Leveänkannonmaa	Mittauskohde	
		*Ei analysoitu
Kauvatsa- Kiimajärvi	Aloitusvaiheessa	



- Ni-malmi/mineralisaatio
- Umaf intruusio
- Gabro
- ▲ Ni-lohkare

Oliveritkifit ja gümmergeijs
 Kvarit-maaspölkusketta ja -gneiss
 Quartz-feldspat schist and gneiss
 Kvarit-litopatikifit och -gneis
 Kvarititit
 Quartzite
 Kvarit

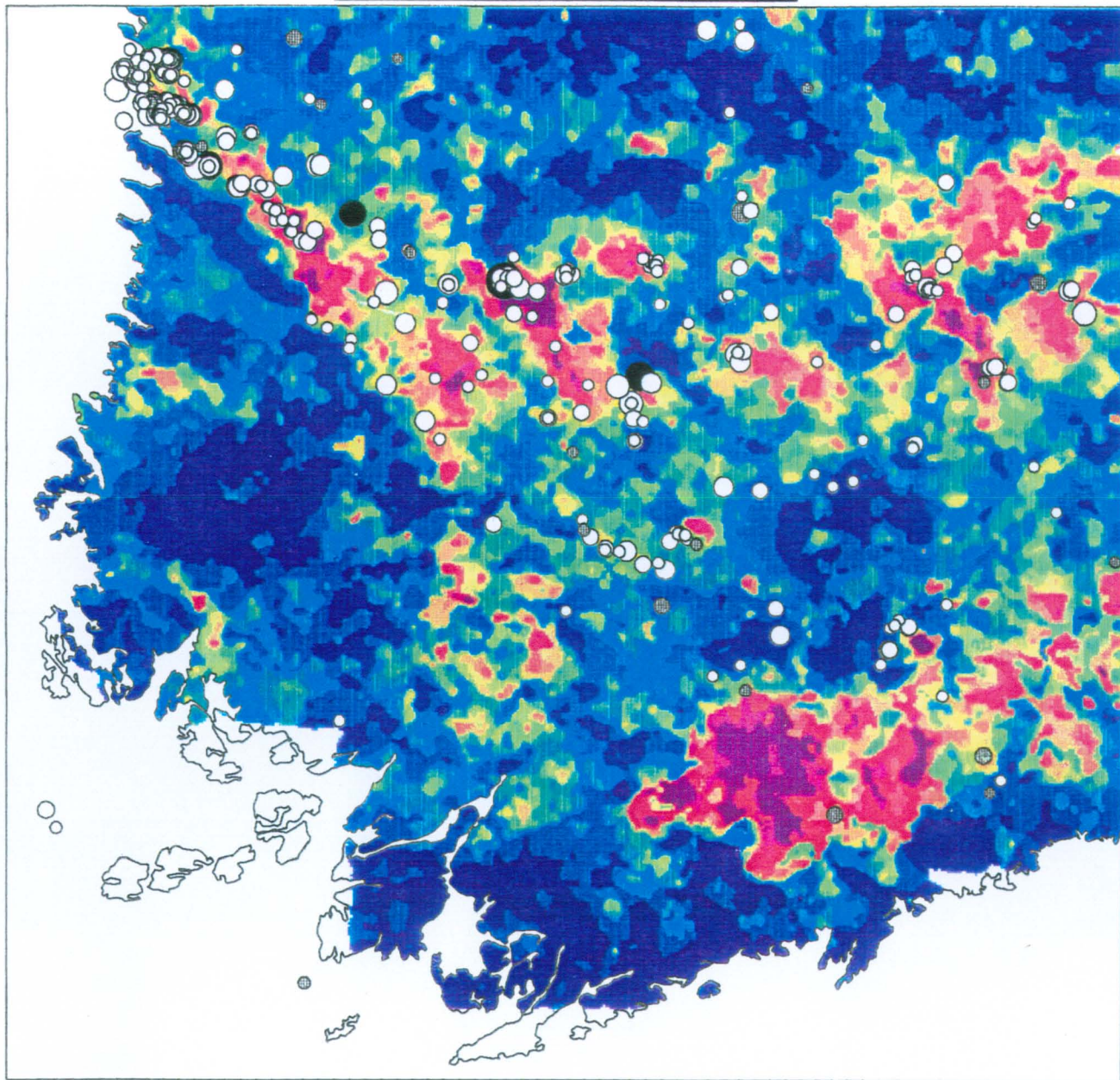


◆ Ni-esiintymät

Ni-viitteet

- ▲ 4 Paljast / Lohka
- ▲ 3 Paljast / Lohka
- ▲ 2 Paljast / Lohka
- △ 1-0 Paljast / Lohka

100 km



TILL GEOCHEMISTRY SIMILARITY ANALYSIS MODEL: VAMMALA AND KYLMAKOSKI Ni DEPOSITS

Ni indication

No. of samples: 325

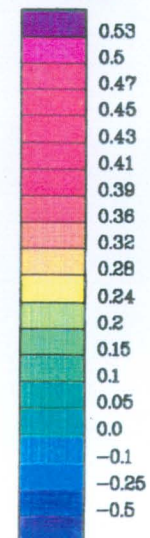


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Ni indication (quality)

Type of indication

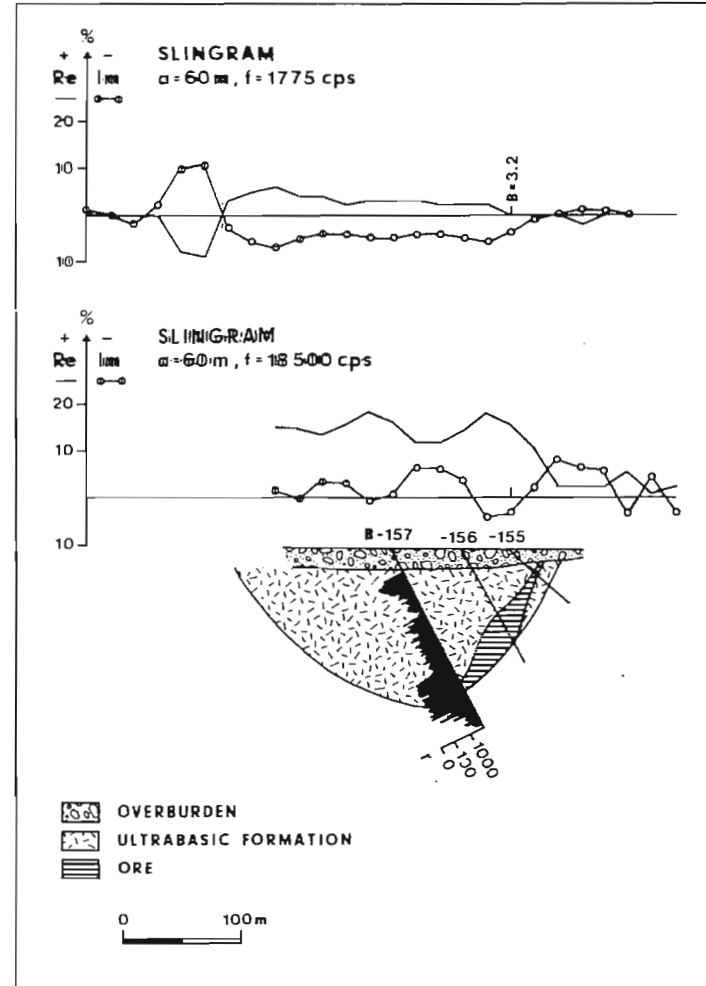
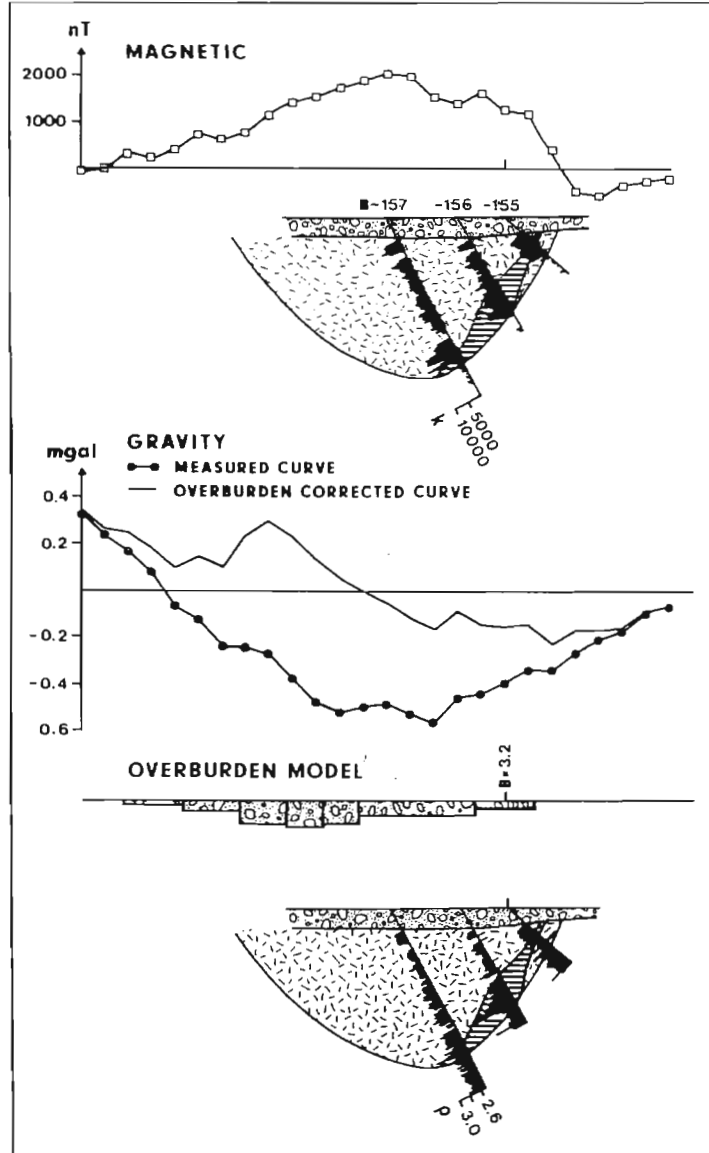
- 1. ORE DEPOSIT
- ⊗ 2. OUTCROP
- 3. BOULDER

cosθ



Date of plotting: 05.11.1991 GSF

STORMI ORE DEPOSIT
PROFILE B=48.5



SLINGRAM AND RESISTIVITY CROSS SECTION
 Fig. 15. Geophysical and petrophysical data of profile B = 48.5 in Stormi area.

Kelola, 1982

KOVERO-OJA ORE BODY PROFILE B-49.80

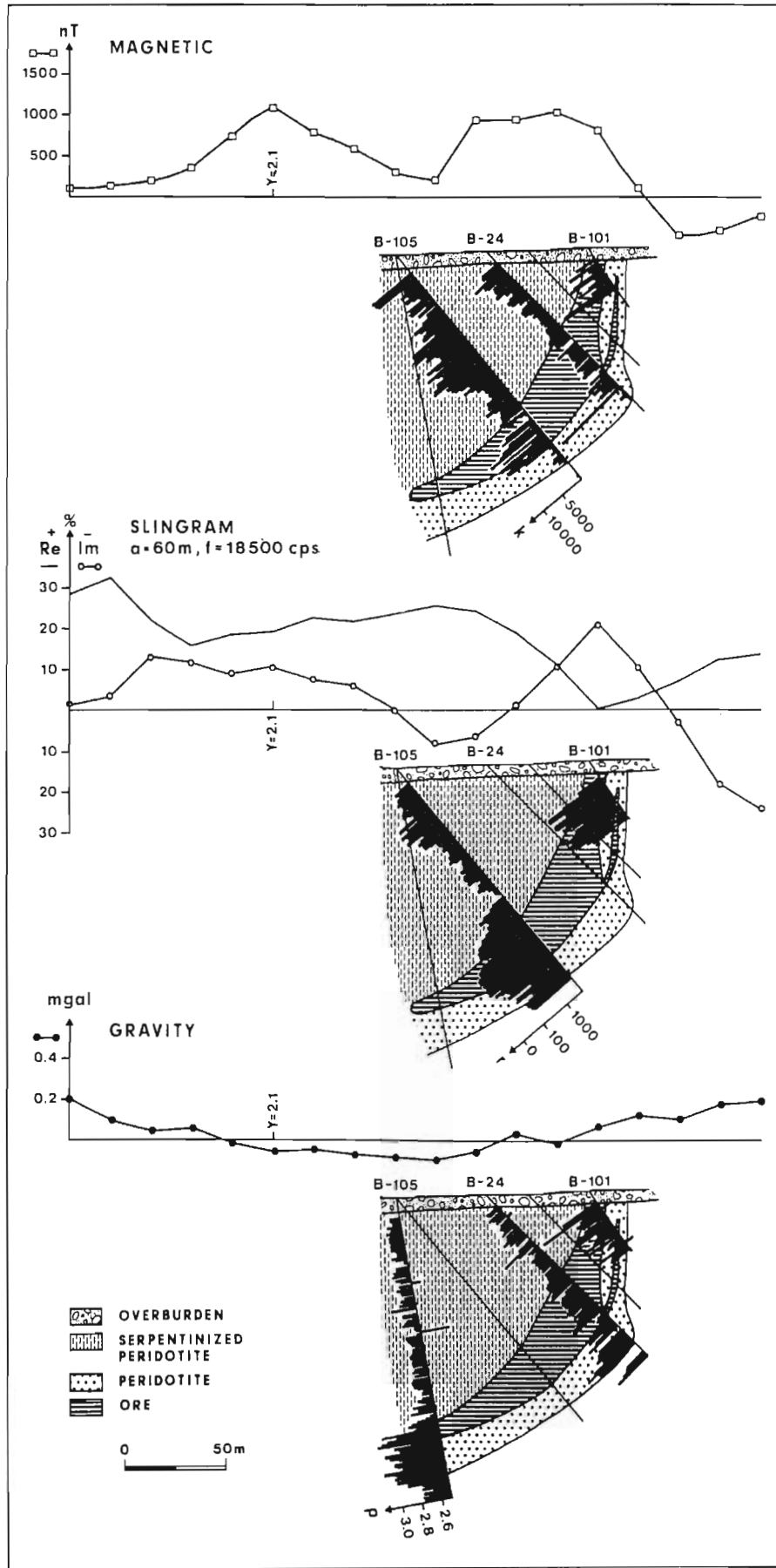


Fig. 18. Geophysical and petrophysical data of profile B = 49.80 in Kovero-oja area.

Ketola 1982

KOVERO-OJA ORE BODY
 PROFILE B-49.86

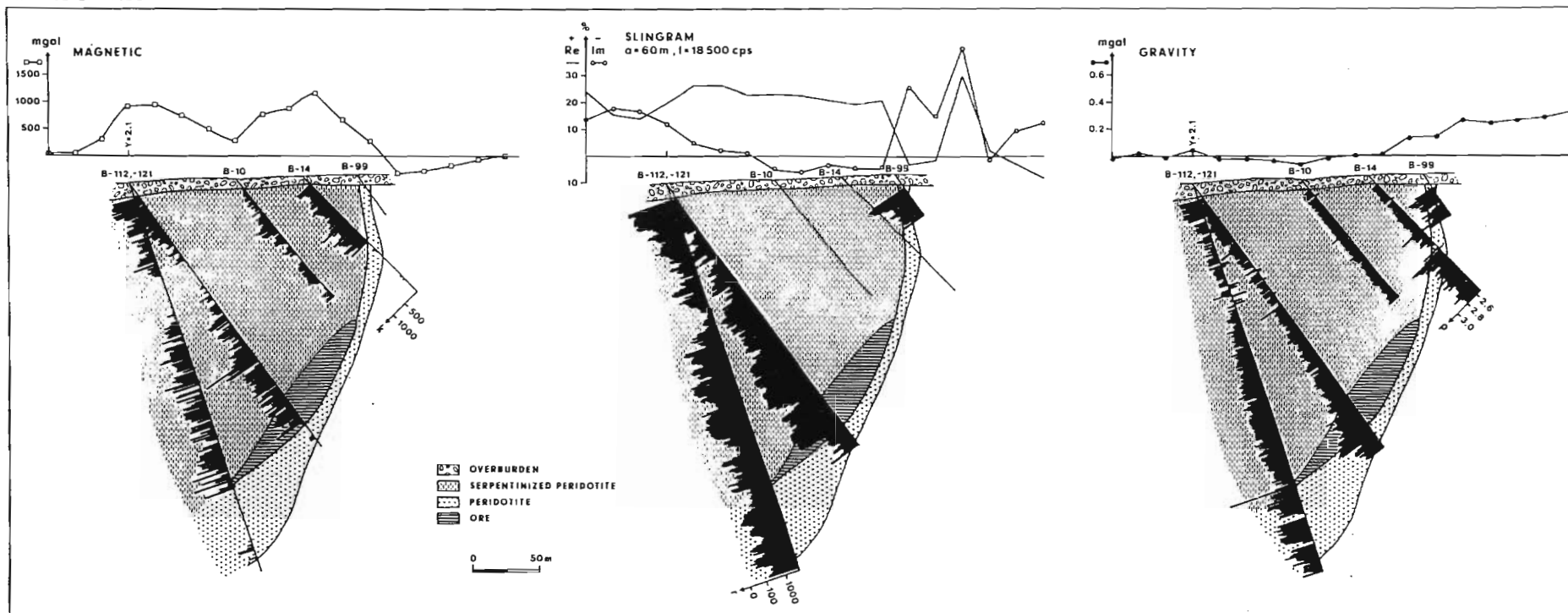


Fig. 19. Geophysical and petrophysical data of profile B = 49.86 in Kovero-oja area.

Ketola 1982

HYVELÄ ORE BODY PROFILE B-16.25

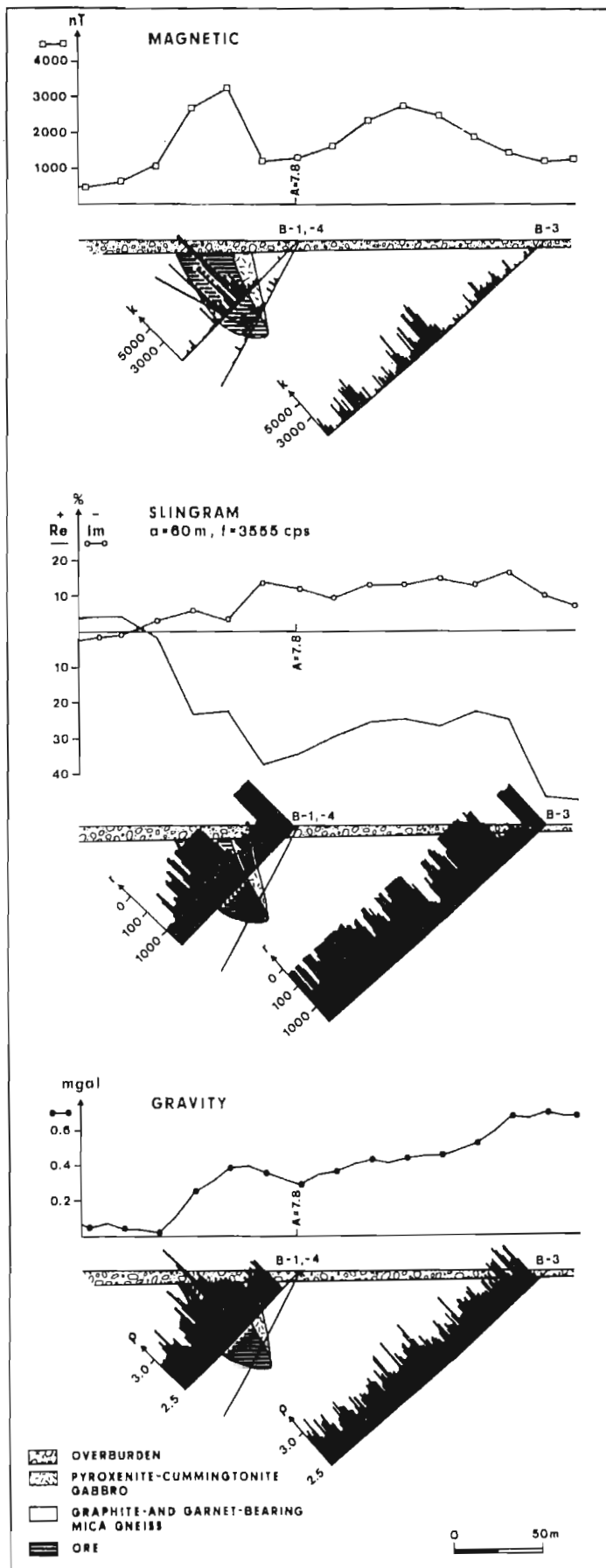


Fig. 29. Geophysical and petrophysical data of profile B = 16.25 in Hyvelä area.

Ketola 1982

HYVELÄ ORE BODY
PROFILE B = 16.20

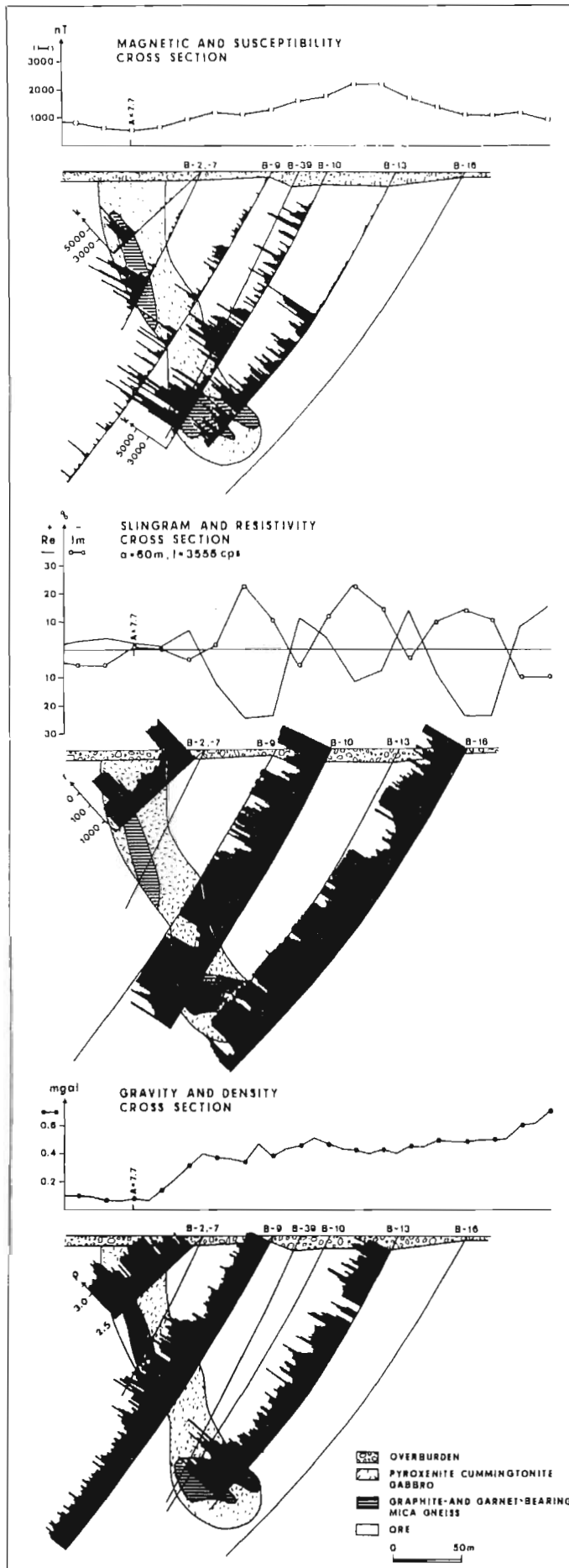
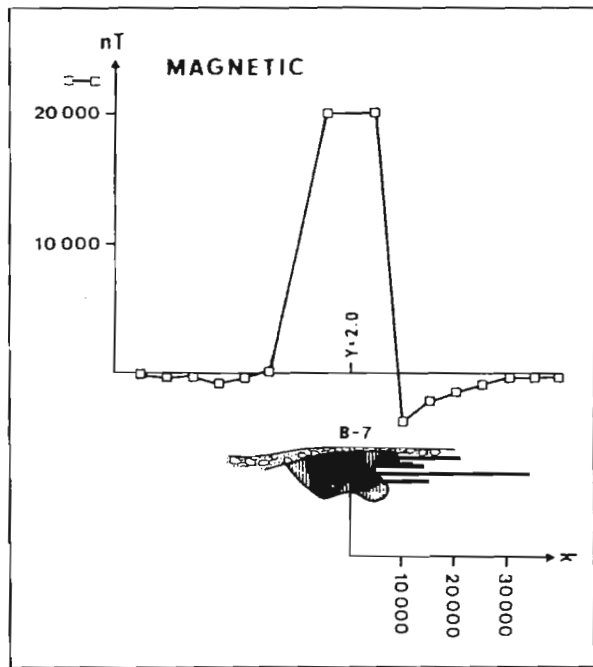


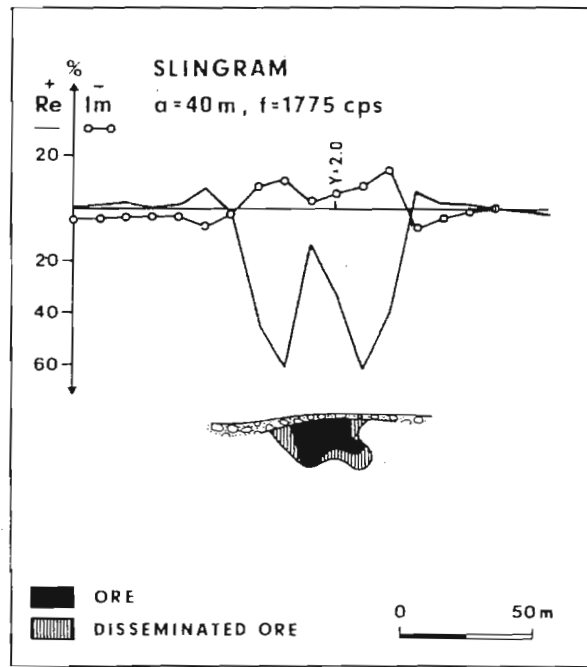
Fig. 30. Geophysical and petrophysical data of profile B = 16.20 in Hyvelä area.

Ketola 1982

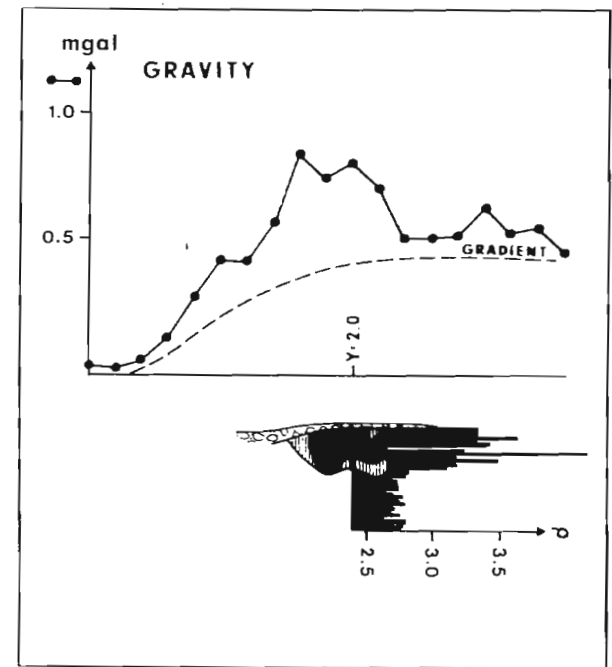
TELKKÄLÄ ORE BODY
PROFILE X = 4.98



MAGNETIC AND SUSCEPTIBILITY CROSS SECTION



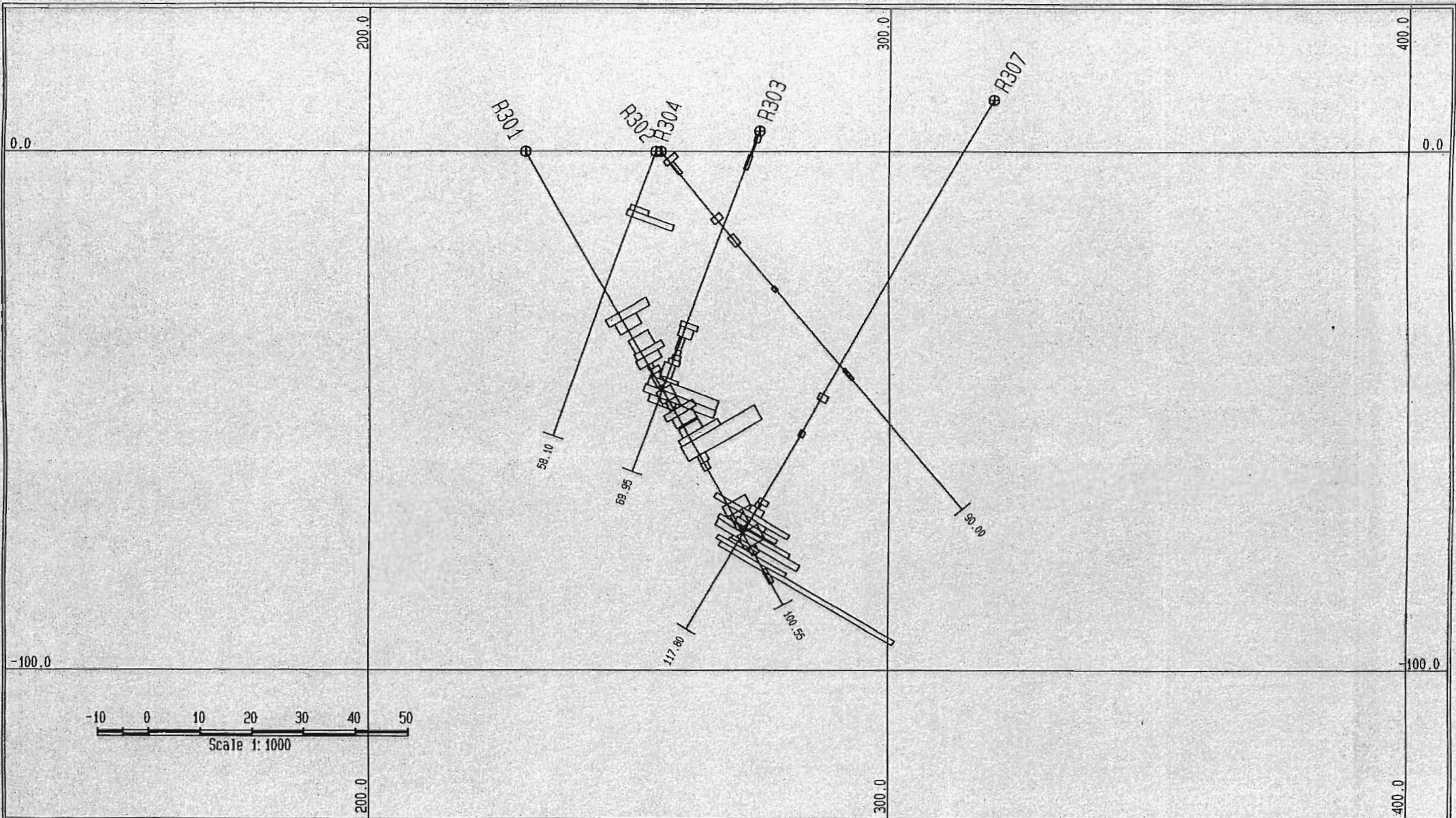
SLINGRAM AND GEOLOGICAL CROSS SECTION



GRAVITY AND DENSITY CROSS SECTION

Fig. 6. Geophysical and petrophysical data of profile x = 4.98 in Telkkälä area.

Ketola 1982



Geological Survey of Finland

Espoo Office
 Betonimiehenkuja 4
 Espoo, FIN-02150
 Finland

UNITS : METRES DATE: 97/04/18 TIME: 10:07:16

SAMPOLANMAKI
 Leikkaus 2500SA
 R301, R302, R303, R304, R307
 MT, EK

Geonickel-projekti

Esitän lyhyen tilannekatsauksen *Geonickel-projektin* tuloksista nikkelin etsintämenetelmiin liittyvien työpakettien osalta.

Geonickel-projekti koostuu kuudesta työpaketista (WP1 - WP6), jotka käsittelevät pääpiirteissään seuraavaa:

WP1 - Nikkelin esiintymisen geologinen mallinnus (OM, TY, Largo)

WP2 - Geofysikaalinen menetelmäkehitys, erityisesti gravimetria ja reikämittaus

WP3 - Kuvankäsittely ja luokittelu

WP4 - GIS ja tiedonhallinta

WP5 - Nikkelin etsinnän asiantuntijajärjestelmä

WP6 - Menetelmien testaus ja tulosten arviointi

Projektiin ovat osallistuneet GTK:sta:

Erkki Luukkonen (WP5: GEOES, asiantuntijajärjestelmä)

Hannu Makkonen (WP5: GEOES, asiantuntijajärjestelmä)

Markku Tiainen (WP4: GEOSIS, GIS- ja tietokantajärjestelmä,
WP5: GEOES, asiantuntijajärjestelmä)

Nils Gustavsson (WP3)

Ilkka Suppala (WP3)

Geofyysikot (WP2)

Malminetsinnän kannalta mielenkiintoinen on WP5 johon on koottu tulokset WP1:sta sekä OM:n, TY:n ja GTK:n tietämys nikkelimälmeistä. WP5:ssa käytettävät muuttujat ilmenevät oheisista WP5:n testaukseen laadituista kaavakkeista.

GEOES TESTING SCENARIO

Specialist's evaluation
for selected area

INTRUSIVE / SELECT AREA

TEST AREA:

Code	Context/domain/factor/subfactor/observation	Evidence Weight
------	---	-----------------

D **1.1 Geology**

F	1.1.1 geotectonic_setting	
S	1.1.1.1 deep_synmagmatic_crustal_structures	
2&O	1.1.1.1.1 suture_with_some_magmatism	
2&O	1.1.1.1.2 large_impact	
2&O	1.1.1.1.3 fractures	
S&O	1.1.1.2 large_volume_of_ultramafic_mafic_intrusions	
S&O	1.1.1.3 plate_boundaries	
F	1.1.2 direct_indications	
S&O	1.1.2.1 previous_mining	
S&O	1.1.2.2 known_mineralizations	
S&O	1.1.2.3 erratic_indications	

D **1.2 Lithogeochemistry and mineralogy**

F&O	1.2.1 primitive_parental_magma	
F&O	1.2.2 existence_of_favorable_differentiation_series_and_cumulates	
F&O	1.2.3 contamination_features	
F&O	1.2.4 Ni_depletion_and_sulfur_saturation_features	

D **1.3 Pedogeochemistry**

F	1.3.1 relatively_high_in_Ni_ore_hosting_intrusion_elements	
S&O	1.3.1.1 high_Cr	
S&O	1.3.1.2 high_Mg	
F	1.3.2 relatively_high_in_Ni_ore_ore_association_elements	
S&O	1.3.2.1 high_Ni	
S&O	1.3.2.2 high_Cu	
S&O	1.3.2.3 high_Co	
S&O	1.3.2.4 high_S	
S&O	1.3.2.5 ratio_Ni_Zn_above_1	
F	1.3.3 regional_pedogeochemical_gradient	
S&O	1.3.3.1 high_Ni	
S&O	1.3.3.2 high_Cr	
S&O	1.3.3.3 high_Co	

D **1.4 Geophysics**

F	1.4.1 magnetics	
S&O	1.4.1.1 gravity_high_or_gravity_gradient	
S&O	1.4.1.2 linear_magnetic_and_EM_structures	
F	1.4.2 gravity	
S&O	1.4.2.1 gravity_high_or_gravity_gradient	
F	1.4.3 other_crustal_geophysics	

GEOES TESTING SCENARIO

Specialist's evaluation
for selected zone

INTRUSIVE / IDENTIFY POTENTIAL ZONES

TEST ZONE:

Code	Context/domain/factor/subfactor/observation	Evidence Weight
------	---	-----------------

D	2.1 Geology	
----------	--------------------	--

F	2.1.1 large_volume_of_mafic-ultramafic_intrusions	
S&O	2.1.1.1 large_layered_intrusions	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.1.1.2 differentiated_intrusive_dominated_by_peridotites	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.1.1.3 differentiated_gabroic_bodies	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.1.1.4 diabases	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
F&O	2.1.2 deep_fractures	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
F&O	2.1.3 availability_of_sulfur	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
F&O	2.1.4 correct_rock_types	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
F	2.1.5 direct_indications	
S&O	2.1.5.1 direct_ore_indications	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.1.5.2 direct_mineralisation_indication	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.1.5.3 erratic_indications	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>

D	2.2 Lithogeochemistry and mineralogy	
----------	---	--

F&O	2.2.1 primitive_parental_magma	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
F&O	2.2.2 existence_of_favorable_differentiation_series_and_cumulates	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
F&O	2.2.3 contamination_features	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
F&O	2.2.4 ni_depletion_and_sulfur_saturation_features	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>

D	2.3 Pedogeochemistry	
----------	-----------------------------	--

F	2.3.1 relatively_high_in_Ni_ore_hosting_intrusion	
S&O	2.3.1.1 high_Cr	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.3.1.2 high_Mg	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.3.1.3 high_Ni_times_Cr_ratio_Co	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
F	2.3.2 relatively_high_in_Ni_ore_association_elements	
S&O	2.3.2.1 high_Ni	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.3.2.2 high_Cu	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.3.2.3 high_Co	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.3.2.4 high_S	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.3.2.5 ratio_Ni_Zn_above_4	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
F	2.3.3 regional_pedogeochemical_gradient	
S&O	2.3.3.1 high_Ni_gradient	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
S&O	2.3.3.2 high_Cr_gradient	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>

D	2.4 Geophysics	
----------	-----------------------	--

F&O	2.4.1 gravity_high	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>
F&O	2.4.2 magnetic_and_EM_anomaly_zones	<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>

GEOES TESTING SCENARIO

Specialist's evaluation
for selected target

INTRUSIVE / SELECT TARGET

TEST TARGET:

Code	Context/domain/factor/subfactor/observation	Evidence Weight
------	---	-----------------

D **3.1 Geology**

F&O	3.1.1 availability_of_sulfur	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
F	3.1.2 correct rock types	
S&O	3.1.2.1 peridotite	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.1.2.2 pyroxenite	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.1.2.3 gabbro	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.1.2.4 norite	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.1.2.5 diorite	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
F	3.1.3 correct intrusions type	
S&O	3.1.3.1 differentiated_intrusions_dominated_by_peridotite	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.1.3.2 differentiated_gabbro_intrusions	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.1.3.3 large_layered_intrusions	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.1.3.4 diabases	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
F	3.1.4 direct indications	
S&O	3.1.4.1 direct_ore_indication	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.1.4.2 direct_mineralisation_indication	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.1.4.3 erratic_indications	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>

D **3.2 Lithochemistry and mineralogy**

F&O	3.2.1 primitive_parental_magma	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
F&O	3.2.2 existence_of_favorable_differentiation_series_and_cumulates	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
F&O	3.2.3 contamination_features	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
F&O	3.2.4 ni_depletion_and_sulfur_saturation_features	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>

D **3.3 Pedochemistry**

F	3.3.1 relatively high in Ni ore hosting intrusion elements	
S&O	3.3.1.1 high_Mg	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.3.1.2 high_Ni36	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.3.1.3 high_Cu36	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.3.1.4 high_Co36	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.3.1.5 high_ratio_Ni_Zn	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.3.1.6 high_Cr	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
F	3.3.2 relatively high in Ni ore association elements	
S&O	3.3.2.1 high_Ni	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.3.2.2 high_Cu	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.3.2.3 high_ratio_Ni_Cr	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.3.2.4 high_Co	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
S&O	3.3.2.5 high_S	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>

3.4 Geophysics

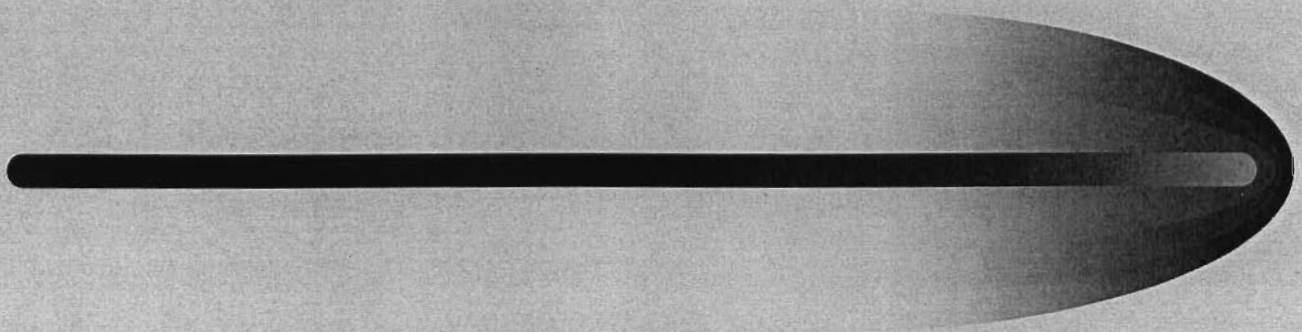
D **3.4u Geophysics unaltered ultramafic bodies**

F&O	3.4u.1 local_gravity_high	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
F&O	3.4u.2 enveloping_magnetic_and_EM_structures	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
F	3.4u.3 direct geophysical indications for Ni ore	
S&O	3.4u.3.1 local_EM_high	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>

D **3.4s Geophysics serpentinized bodies**

F&O	3.4s.1 neutral_gravity_or_gravity_lows	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
F&O	3.4s.2 local_magnetic_highs	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>
F	3.4s.3 direct geophysical indications for Ni ore	
S&O	3.4s.3.1 local_EM_high	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px;"></div>

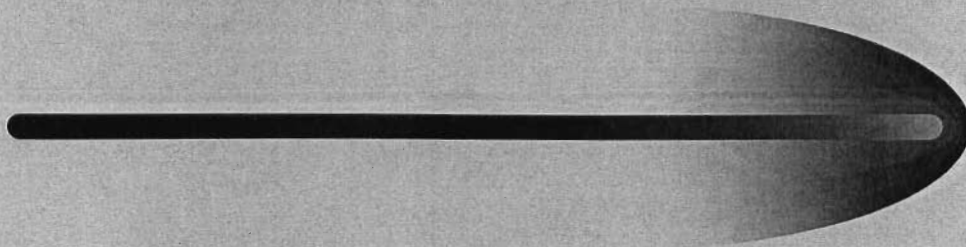
*KULLANETSINNÄN OPERATIIVISET TAVOITTEET
ETSINTÄKRITERIT VUOSINA 1992-1997*



GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS
Etelä-Suomen aluetoimisto
Malmit ja kallioperä

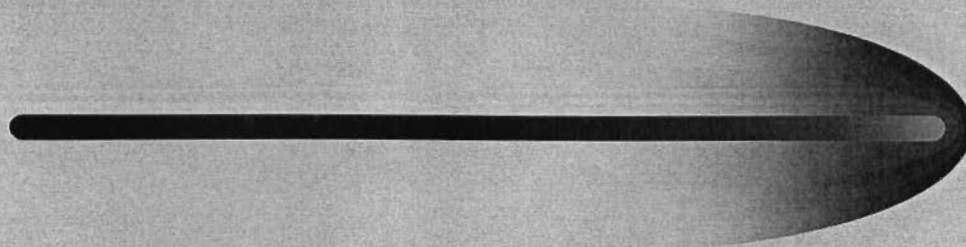
Geologi Petri Rosenberg

KULLANETSINNÄN TEHOSTUMINEN



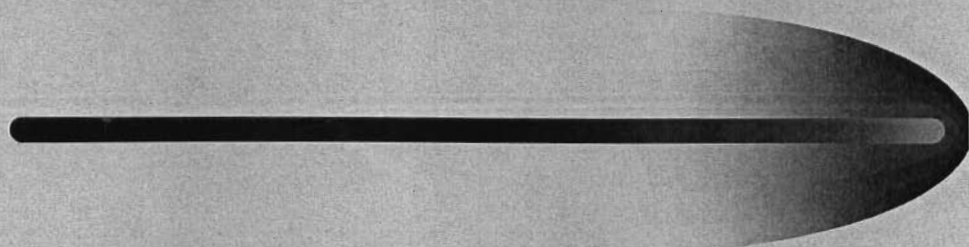
- 1980-LUVULLA KULLANETSINNÄN MERKITTÄVÄ VOIMISTUMINEN - UUSI "KULTARYNNÄKKÖ".
- SIJOITTAJAT JA KAIVOSYHTIÖT REAGOIVAT NOPEASTI KULLAN HINTAKEHITYKSEEN.
- HAVAITTIIN KULLAN TALOUDELLISET "MAHDOLLISUUDET".
- KULLAN ANALYTIikka KEHITTYI.
- UUSIA NÄYTTEENOTTOMENETELMIÄ.
- NÄYTTEENOTON TEHOSTUMINEN JA KONEELLISTUMINEN.
- TIETEELLINEN TUTKIMUS SEKÄ TIETÄMYS KULLASTA JA KULLAN ETSINNÄSTÄ KEHITTYI NOPEASTI.

KULLANETSINTÄ SUOMESSA



- KANNUSTAVAT ESIMERKIT ULKOMAILTA HEIJASTUIVAT MYÖS SUOMEEN 1980-LUVULLA.
- VARHAISEMMAT TUTKIMUKSET USEIN RAJALLISIA TAI KOHTEELLISIA.
- SYYNÄ AU-ANALYTIIKAN KALLEUS ... EI USKOTTU AU-ESIINTYMIEN MAHDOLLISUUTEEN... KULLAN ALHAINEN HINTA.
- VARSINAINEN AU-ETSINNÄN TEHOSTUMINEN VASTA 1980-LUVUN PUOLIVÄLISSÄ.
- SUOMESSA ERITYISPIIRTEENÄ KOKO MAAN KATTAVA ALUEELLINEN GEOKEMIAALLINEN HP-KARTOITUS.
- UUSIA AU-PROJEKTEJA JA HANKKEITA KÄYNNISTYI ERI PUOLILLA SUOMEA.
- KULLAN TIETEELLINEN TUTKIMUS JA KEHITYSTYÖ AKTIVOITUI.
- MONIEN VUOSIEN JÄLKEEN UUSIA KAIVOKSIA SUOMESSA
 - Saattopora, Kutemäjärvi, Pahtavaara.

KULLANETSINTÄ ETELÄ-SUOMESSA

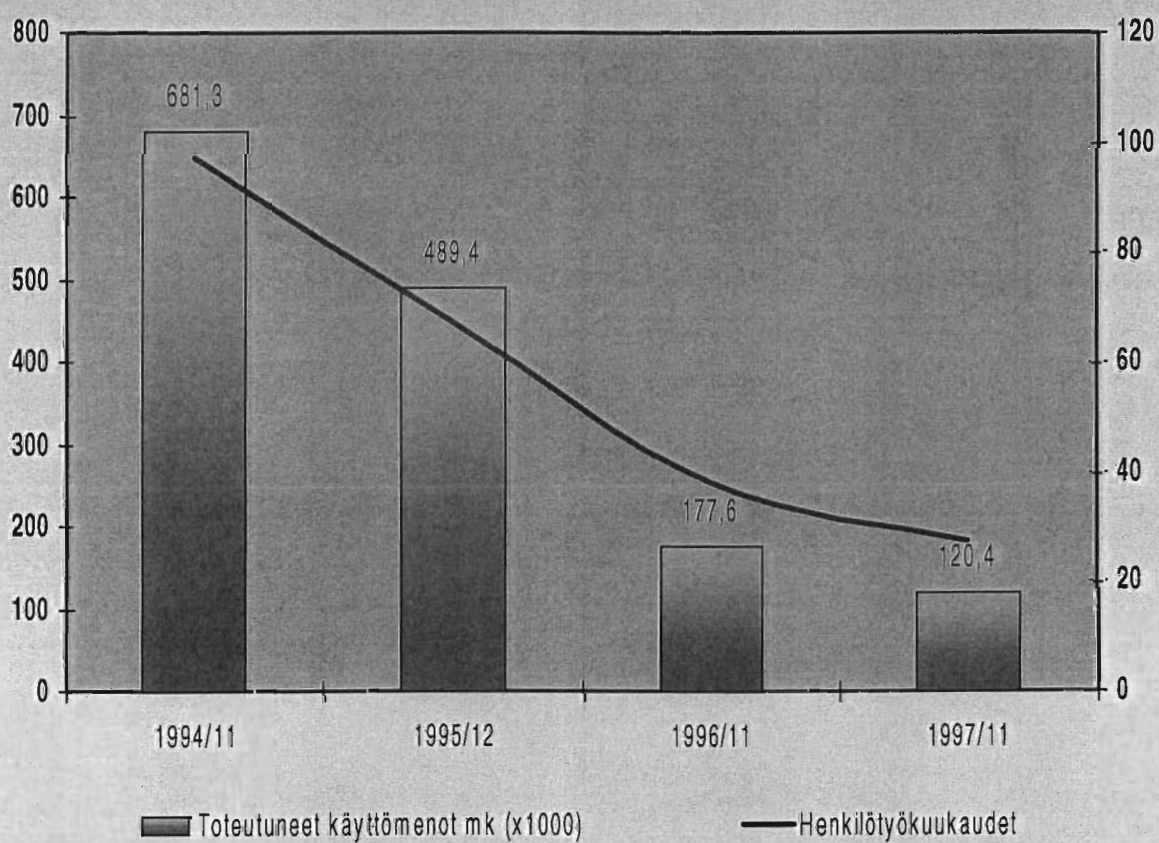


- KULLANETSINTÄ KÄYNNISTYI ETELÄ-SUOMESSA 1980-LUVUN PUOLIVÄLISSÄ.
- TUTKIMUKSET KESKITTYIVÄT ALKUVAIHEESSA TAMPEREEN YMPÄRISTÖÖN PIRKKALAN JA VALKEAKOSKEN ALUEILLE. MYÖS SEINÄJOEN YMPÄRISTÖSSÄ ETSITTIIN KULTAA.
- KULLANETSINTÄ HANKKEISTETTIIN ETELÄ-SUOMEN ALUETOIMISTOSSA v. 1992.
- NIMENÄ ALUKSI TAMPEREEN SEUDUN KULTATUTKIMUKSET.
- VUONNA 1994 NIMI MUUTETTIIN NIMEKSI KULTATUTKIMUKSET .
- HANKEEN VETÄJÄNÄ TOIMINUT VUOSINA 1992-1997 P. ROSENBERG.
- VUODEN 1998 ALUSTA KULLANETSINTÄ SULAUTETTIIN SUUREMPAAN HANKEKOKONAISUUTEEN.

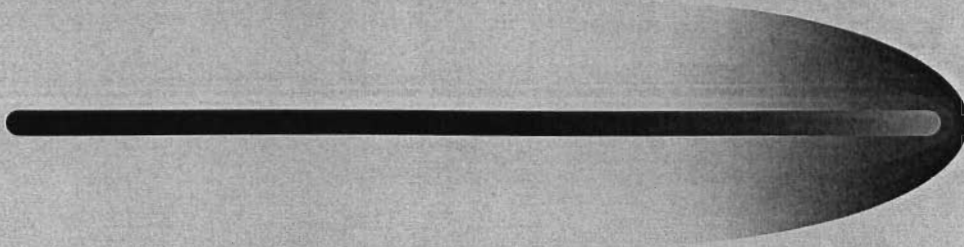
HANKKEEN RESURSSIT

- GEOLOGIT
 - 1-2 kpl
- TUTKIMUSAVUSTAJAT JA MUU NÄYTTEENOTTOHENKILÖSTÖ
 - Tutkimusavustajat/tutkimusassistentit 1-2 kpl, näytteenotto/kairaus 2-6 kpl.
- TOTEUTUNEET TOIMINTAMENOT
 - v. 1994/11 681,3, v.1995/12 489,4, v. 1996/11 177,6, v.1997/11 120,4. (x1000 mk) Luvut eivät sisällä kairauskustannuksia
- TOTEUTUNEET HENKILÖTYÖKUUKAUDET v. 1994-1997
 - v. 1994 97,1 htkk, v. 1995 67,3 htkk, v. 1996 37,9 htkk ja 1997 27,1 htkk.
- KAIRAUKSET (AU)
 - vuosina 1986-1991 n. 5195 m; v. 1992-1997 n. 7321 m ; yht. 12516 m. (Hopeavuoren luvut puuttuvat)
- MOREENINÄYTTEENOTTO JA RASKASMIN.TUTKIMUKSET (AU)
 - vuosina 1986-1991 n. 4393 kpl, v. 1992-1997 n. 5457 kpl; yht. 9850 kpl. Sisältää raskasmineraalinäytteitä v. 1997 310 kpl.
- GEOFYYSIIKKA (AU)
 - kohteellista mittausta, yleensä riittävästi, magneettinen ja lp, tarvittaessa sähköiset. Yksittäiset mittauserialueet n.1-10 km²

RESURSSIEN MUUTOS v. 1994-1997



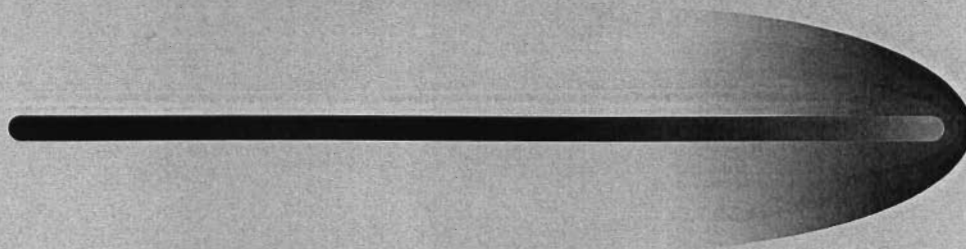
TÄRKEIMMÄT TUTKIMUSMENETELMÄT



- MOREENINÄYTTEENOTTO
 - Täytyy tuntea paikalliset kvartaarigeologiset olosuhteet - toimii useimmilla alueilla yleensä hyvin. Tulkinta täytyy hallita.
- RASKASMINERAALITUTKIMUKSET
 - Edullinen , nopea ja tutkimuksia ohjaava menetelmä - erittäin hyvä Au-kohteissa. Soveltuu myös kallio- ja lohkarenäytteille.
- KARTOITUS JA LOHKARE-ETSINTÄ
 - Tunnistetaan otolliset kivilajit, rakenteet ja muuttumiset - vaativa.
- KAIRAUS
 - Etsintää tukeva, yleensä yhdistettävä muuta tietoa - kallis.
- GEOFYYSIIKKA
 - Rakenteiden ja kivilajien tulkintaan, magneettinen ja IP - ei sovellu yksinään.
- MALMINETSINTÄÄN INTERGROITU DESKTOP-GIS-AINEISTON-HALLINTA
 - Välttämätön operatiivisessa toiminnassa - Ermapper-MapInfo-Access-Pcxplor-Geomodel .

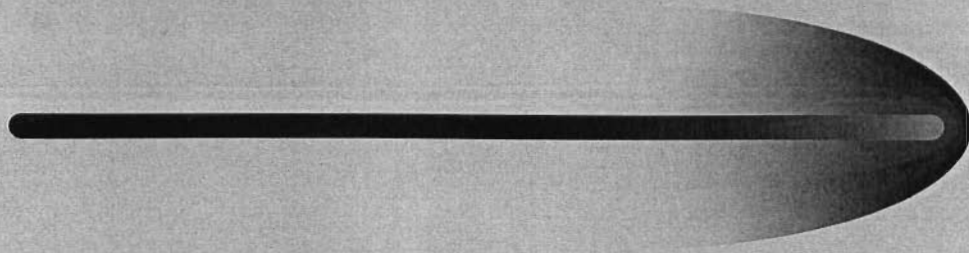
HANKKEEN OPERATIIVISET TAVOITTEET

VUOSINA 1992-1997



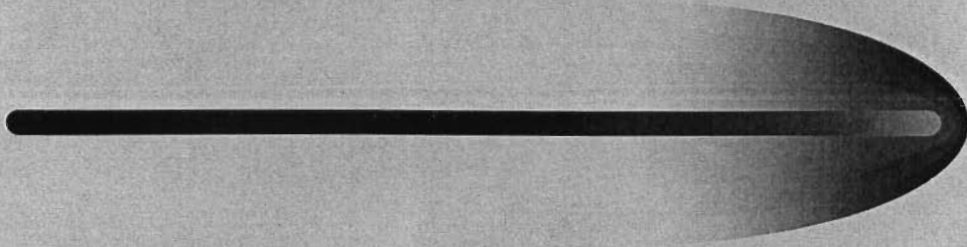
- LÖYTÄÄ TALOUDELLISESTI HYÖDYNNETTÄVIÄ MALMIESIINTYMIÄ.
- TUTKIA KULLAN ESIINTYMISTÄ KALLIO- JA MAAPERÄSSÄ.
- KEHITTÄÄ MALMINETSINTÄÄ JA MALMINETSINTÄMENETELMIÄ.
- GIS-JÄRJESTELMIEN INTEGROIMINEN KÄYTÄNNÖN MALMINETSINTÄÄN.
- HYÖDYNTÄÄ SAAVUTETTUJA TULOKSIA OPERATIIVISESSA MALMINETSINNÄSSÄ ...MALLINNUKSEEN ...SUUNNITTELUUN

OPERATIIVINEN ETSINTÄSTRATEGIA



- ALUEELLISET VALINTAKRITEERIT
- KOHTEELLISET ELI GEOLOGISET VALINTAKRITEERIT
- KOHTEIDEN PRIORISOINTI
- SUUNNITTELU
- TUTKIMUS JA KEHITYSTYÖ
- TULOSTEN INTREGROIMINEN MALMINETSINTÄÄN

ALUEELLISET VALINTAKRITEERIT

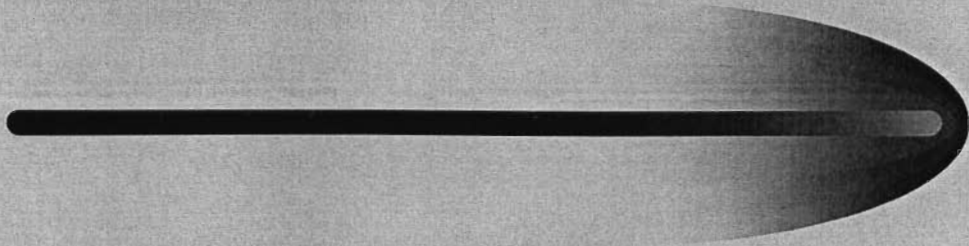


- INFRASTRUKTUURI
 - Asutus, tiestö, muut kuljetusreitit, suojelualueet, rikastamot jne.

- GEOLOGINEN YMPÄRISTÖ
 - Geologinen tai geotektoninen ympäristö

- ALUEELLISET VIITTEET
 - Kaivokset, esiintymät, lohkar- ja kallioviitteet, alueellinen geokemia, analogia. jne.

KOHTEELLISET ELI GEOLOGISET VALINTAKRITEERIT (A)



- KIVILAJIYMPÄRISTÖ

- Kivilajiympäristö - ikä -Esiintymätyyppi. Esim. arkeiset ja proterotsooiset Au-esiintymät poikkeavat toisistaan.

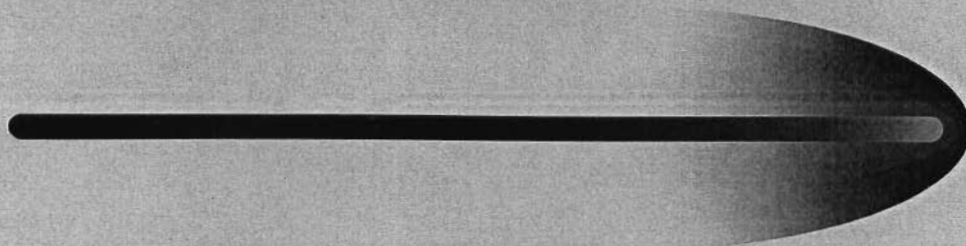
- SUURRAKENTEET-TEKTOONINEN KONTROLLI

- Maankuoren syvät rakenteet ja murrosvyöhykkeet sekä mahdollisesti toistuvat tektonis-magmaattiset tapahtumat mahdollistavat fluidien virtauksen kuoren syvemmistä osista.
- Esiintymät voivat esiintyä lineaarisesti, lineaaristen päärakenteiden läheisyydessä (esim. toisen asteen rakenteet), harvemmin itse päärakenteissa.
- Epigeneettisissä, mesotermisissä esiintymissä kullan alkuperä todennäköisesti "syvältä". Vain erittäin suuret fluidivirtaukset pystyvät rikastamaan malmien sisältämän Au-määrän.

- KIVILAJIEN REAKTIIVISUUS

- Hydrotermiset mineraalimuutokset - muuttumisvyöhykkeet - muuttumisen intensiteetti - indikaattorimineraalit - fluidimuutokset.
- Kivilajin ja fluidien koostumus vaikuttaa muuttumiseen - mafisten mineraalien muutokset - maasälvän muuttuminen.
- Mineraalireaktiot edistävät deformaation kehitystä, fluidien koostumusmuutoksia sekä sitä kautta mineralisaatioon liittyvien siliikaatti- ja malmimineraalien kiteytymiseen (esim. Valkeakoski; amfiboli-biotiitti-reaktiot, vapautuu mm. Si, Fe, Ca, Mn, saostuu As, S, Au). Edistää muutosta hauraasta deformaatiosta plastiseen.

KOHTEELLISET ELI GEOLOGISET VALINTAKRITEERIT (B)



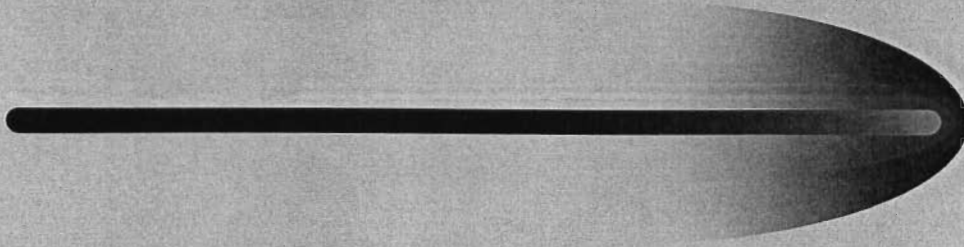
• PIENRAKENTEET

- Kanavoivat rakenteet - Au-pitoisten fluidien kanavoituminen - sekundääriset rakenteet, risteävät tai leikkaavat rakenteet.
- Tensionaaliset avaavat rakenteet - juonimuodostus.
- Rakojuonien ja hirtovyöhykkeiden esiintyminen ja niiden tunnistaminen - ikäsuhteet - tunnistettava mineralisoitumisen ajankohtaan liittyvät tapahtumat ja merkit.
- Fluidien virtausta konsentroivat tai ohjaavat rakenteet - eli hirtovyöhykkeet yleensä tai läpäisemättömien ja läpäisevien rakenteiden tai kivilajien rajapinnat.
- Mahdolliset myöhemmät deformaatorakenteet - poimutusremobilisaatio - konsentroituminen jne.

• METAMORFINEN KEHITYS JA YMPÄRISTÖ

- Plastinen-hauras-deformaatio edellyttää sopivia P-T-olosuhteita sekä kivilajien fysikaalisia ominaisuuksia - malminmuodostuksessa vaikuttavat toisiinsa yhdessä fluidivirtauksen kanssa ?
- Fluidin mahdolliset osapaineen muutokset ... liittyy malminmuodostukseen.
- Pyrittävä tunnistamaan myös mineralisoitumisen aikaiset olosuhteet ? Vanhat mineralisoitumisprosessit ? Metamorfoituneet malmit ?

KOHTEELLISET ELI GEOLOGISET VALINTAKRITEERIT (C)



• IKÄSUHTEET

- Tunnistettava mineralisoitumisen ajankohtaan ja mineralisaatioihin liittyvät rakenteet ja kivilajit (esim. Lempäälän Kalliojärvi, kahden varhaisen poimuvaiheen interferenssirakenne, Valkeakosken Kaapelinkulma; kullan isäntäkivenä dioriitti-kvartsidioriitti - ei tonaliitti).

• KOMPETENSSIEROT

- Fysikaalisten kivilajiominaisuuksien (mineralogian-rakenteen-raekoon) vaikutus rakenteiden syntyyn ... käyttäytyvät deformaatioissa eri tavalla (esim. Nokian Metsäkylä).
- Granitoideihin liittyvissä juonimineralisaatioissa kompetenssierot merkittäviä. Myös mineralisoitumisen ajankohta vaikuttaa (P-T-olosuhteet) (esim. Kaapelinkulma)
- Granitoideihin liittyvissä mineralisaatioissa otollinen kivilajiympäristö; dioriitti, kvartsidioriitti, montsoniitti, kvartsimontsoniitti, tonaliitti (esim. Valkeakosken Kaapelinkulma; seurue dioriitti-kvartsi-dioriitti-tonaliitti).
- Mafiset-happamat vulkaniitit ja niiden kompetenssierot.
- Suprakuorustisten kivien raekoko ja kompetenssierot - migmatiitikiillegneissi-kiilleliuske-grauvakka (esim. Lempäälän Kalliojärvi).

KOHTEELLISET ELI GEOLOGISET VALINTAKRITEERIT (D)

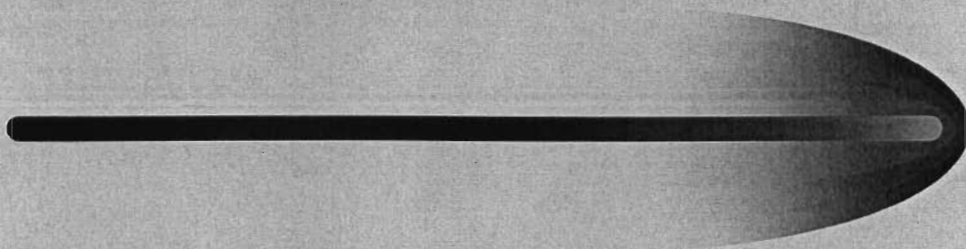
- PT-OLOSUHTEET-AIKA

- P-T-olosuhteet/metamorfinen ympäristö vaikuttavat malminmuodostukseen - plastinen-hauras deformaatio.
- Tärkeää mineralisoitumisen ja metamorfoosiin ajankohta. Metamorfoosi vaikuttaa kivilajien raekokoon ja mineralogiaan, malmimineraalien kiteytymiseen, fluideihin (mahdolliset osapaineen muutokset), fluidien koostumuksen muutoksiin, jne.
- Plastisen-hauraan-deformaation mahdollistavat olosuhteet tärkeässä asemassa epigeneettisissä mesotermisissä Au-esiintymissä.
- Malminmuodostuksen edellytyksenä ilmeisesti myös pitkäaikainen fluidivirtaus-suuret fluidimäärät.

- GRANITOIDIEN JA JUONIKIVIEN ESIINTYMINEN

- Tonaliittinen tai sitä vanhempi mafisempi magmatismi grani-toideihin liittyvissä juonimineralisaatioissa.
- Monivaiheiset intruusiot/toistuva tai pitkäaikainen magmaattinen toiminta - fluidivirtaus- lämmön lähde-avoin "kanava" kuoren alaosista.
- Graniittinen juonimuodostus - heijastelee maankuoren heikkousvyöhykkeitä ja sopivia rakenteellisia olosuhteita. (Lempäälän Kalliojärven ja Pirkkalan tapauksissa kuitenkin mineralisaatiota nuorempia).
- Mafinen monivaiheinen juonimuodostus - Au-esiintymien läheisyydessä - saattaa olla tärkeä indikaatio otollisesta tektoonis-magmaattisesta kallioperän kehityksestä (Valkeakosken Kaapelinkulma)

VALINTAKRITEERIEN MERKITYS



- TUNNISTAA MALMINETSINNÄLLISESTI OTOLLISET ALUEET.
- KOHDENTAA KÄYTETTÄVISSÄ OLEVAT RESURSSIT VALITUILLE ALUEILLE.
- PRIORISOIDA KOHTEET.
- OHJATA MALMINETSINTÄÄ.
- VALITA SOVELTUVAT MENETELMÄT.
- HYÖDYNTÄÄ TUTKIMUKSELLISTA JA KOKEMUSPERÄISTÄ "MALLIA" UUSIEN ESIINTYMIEN LÖYTÄMISEKSI. ANALOGIAT.

Svekofenninen nikkeli ja kulta
GTK:n työkokous 13.5.1998
Tarmo Jokinen ja Tuire Valli

ETELÄ JA LÄNSI-SUOMEN KAARIKOMPLEKSIIN GEOFYSIKAALINEN DATA MALMINETSINNÄN JA GEOLOGISEN MALLINTAMISEN KANNALTA

SUURALUEELLINEN GEOFYSIKAALINEN DATA

ALUEELLINEN

KOHTEELLINEN

KOHDISTAVAT ERIKOISMITTAUKSET

REIKÄMITTAUKSET

SUURALUEELLINEN DATA

Kattaa koko alueen
Geologisten suurrakenteiden selvittäminen

- Lentomittaukset (korkea- ja matalalento)
- Geodeettisen laitoksen painovoimamittaukset (koko Suomi 1 piste/ 25 km**2)
- GTK:n petrofysikaalinen rekisteri

ALUEELLINEN

Geologisten rakenteiden selvittäminen ja malmikriittisten alueiden rajaaminen
Emäksisten intruusioiden paikantaminen, ruhjeet

- Matalalentomittaukset
- GTK:n alueelliset painovoimamittaukset (6 pistettä/ km**2)

KOYTEELLINEN GEOFYSIKAALINEN DATA

Malmikriittisen alueen geologian selvittäminen
Intruusioiden tarkempi rajaaminen ja sisäisen rakenteen selvittäminen
Kairauskohteiden valinta

Paljastumanäytteiden ja lohkkareiden petrofysikaaliset mittaukset
Hajaprofiilit
Systemaattiset tiheät mittaukset
- Magneettiset
- Slingram
- Gravimetriset
- IP-mittaukset

KOHDISTAVAT ERIKOISMITTAUKSET

Malmiaiheen tarkempi tutkiminen
Kairauksen suunnittelu

SAMPO-laajakaistaluotaukset
Spektri-IP

REIKÄMITTAUKSET

Kairausten aikana ja kairausten jälkeen
Kairausten ohjaus
Geofysikaalisten tulkintojen tueksi

Petrofysikaaliset loggaukset
- Magneettinen susceptibiliteetti
- Johtavuus
- Säteilymittaukset
Sydännäytteiden petrofysikaaliset mittaukset
- Tiheys, susceptibiliteetti, johtavuus, IP-efekti
3-komponentti magnetometraus
Latauspotentiaali
Sähkömagneettinen kairanreikä-slingram (tulossa)

HENKILÖRESURSSIT

ESA:n ERITYISTOIMINTOJEN
SOVELLETTU GEOFYYSIIKKA
(HA2041003)

TEKNISET PALVELU

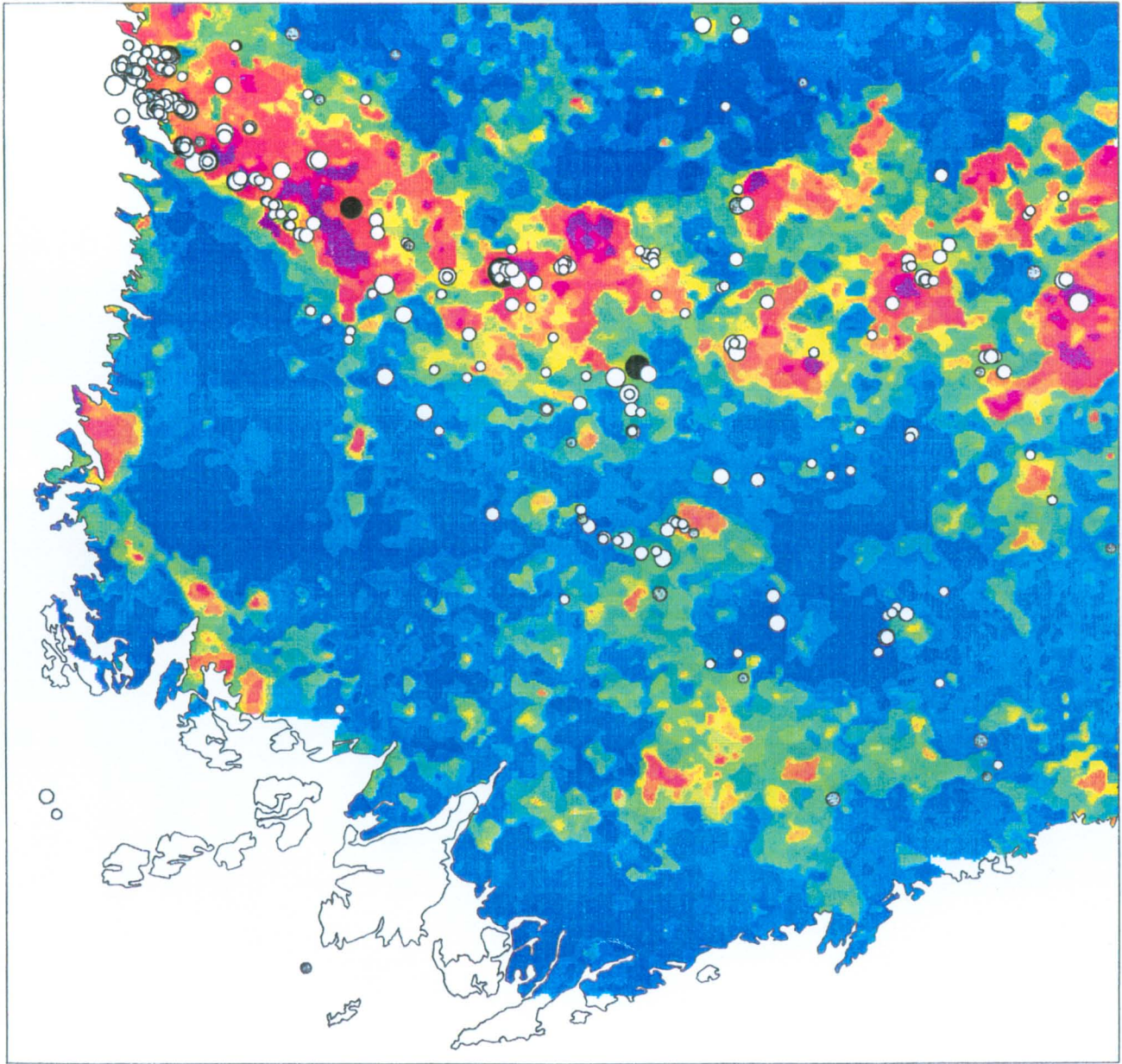
Geofyysikot:
Tarmo Jokinen
Jukka Lehtimäki
Jaana Lohva
Annina Mattsson
Tuire Valli

Geofysiikan kenttämiehet:
5 Vakioryhmä
6 alueelliset painovoimamittaukset

Yhteistyö tärkeää muiden aluetoimistojen geofyysikkojen ja T&K:n geofysiikan linjan kanssa kehitystyössä, erikoislaitteiden hankimisessa ja tulokäsittely- ja tulkintaohjelmien suhteen

Suunnitteilla laatu järjestelmän kehittäminen

100 km



TILL GEOCHEMISTRY
SIMILARITY ANALYSIS
MODEL: THE ENVIRONMENT
OF VAMMALA AND
KYLMAKOSKI Ni DEPOSITS

Ni indication

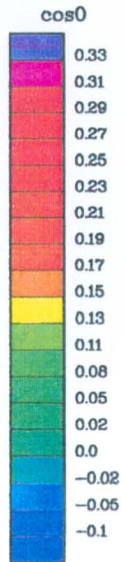
No. of samples: 325



Ni indication (quality)

Type of indication

- 1. ORE DEPOSIT
- ⊞ 2. OUTCROP
- 3. BOULDER

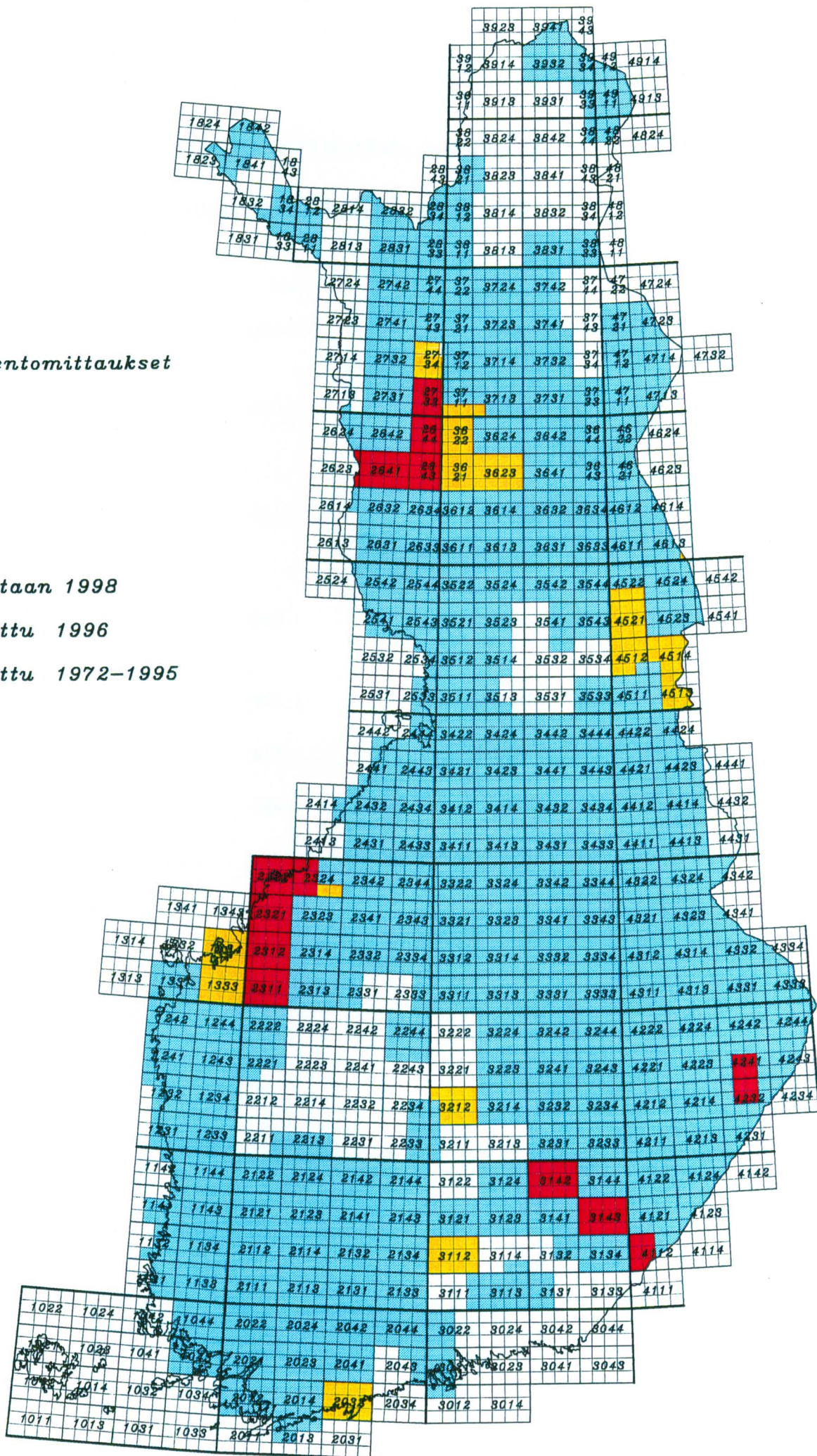


Date of plotting: 25.10.1991 GSF

GTK

Matalalentomittaukset

- Mitataan 1998
- Mitattu 1996
- Mitattu 1972-1995



MATALALENTOMITTAUKSET

Vuonna 1998 mitataan seuraavilla karttalehdillä ja alueilla:

	Km2	Lentosuunta
2311 01-12 Lapua	2 400	E - W
2312 01-12		
2321 01-12 Kokkola	3 000	E - W
2322 01-12		
2324 01-06		
2623 10-12 Pello	2 400	E - W
2641 01-12		
2643 01-09		
2644 01-09 Lohiniva	1 800	E - W
2733 01-09		
3142 01-12 Mikkeli	1 200	E - W
3143 01-12 Puumala	1 200	N - S
4112 01-06 Imatra	600	N - S
4232 05-06 Kiihtelysvaara2	800	N - S
08-09		
4241 04-05		
07-08		
Yhteensä	13 400	

Geologian tutkimuskeskus

Alueelliset

painovoimamittaukset

Ohjeellinen

 *Outokumpu Mining Oy*

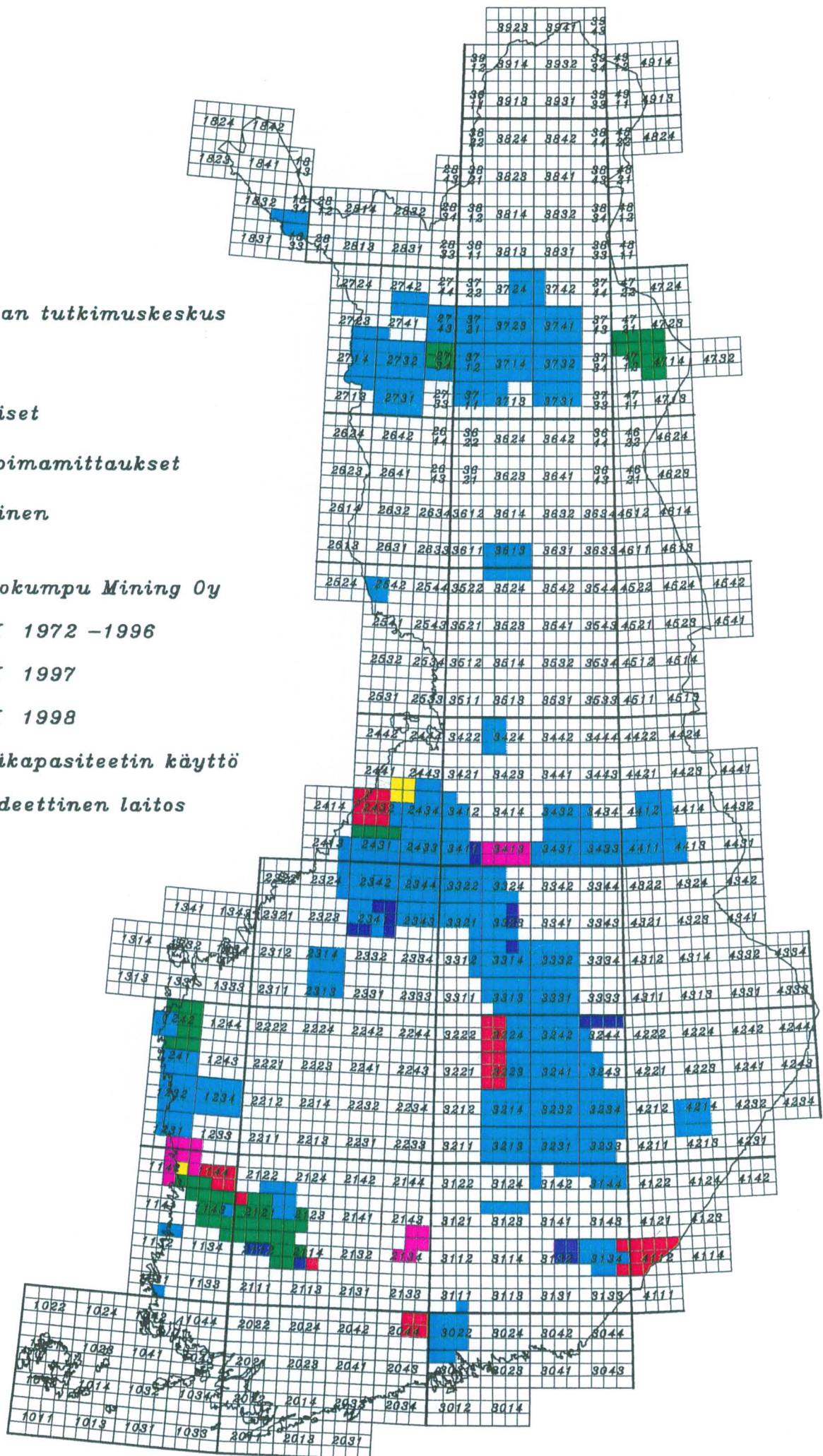
 *GTK 1972 -1996*

 *GTK 1997*

 *GTK 1998*

 *Lisäkapasiteetin käyttö*

 *Geodeettinen laitos*

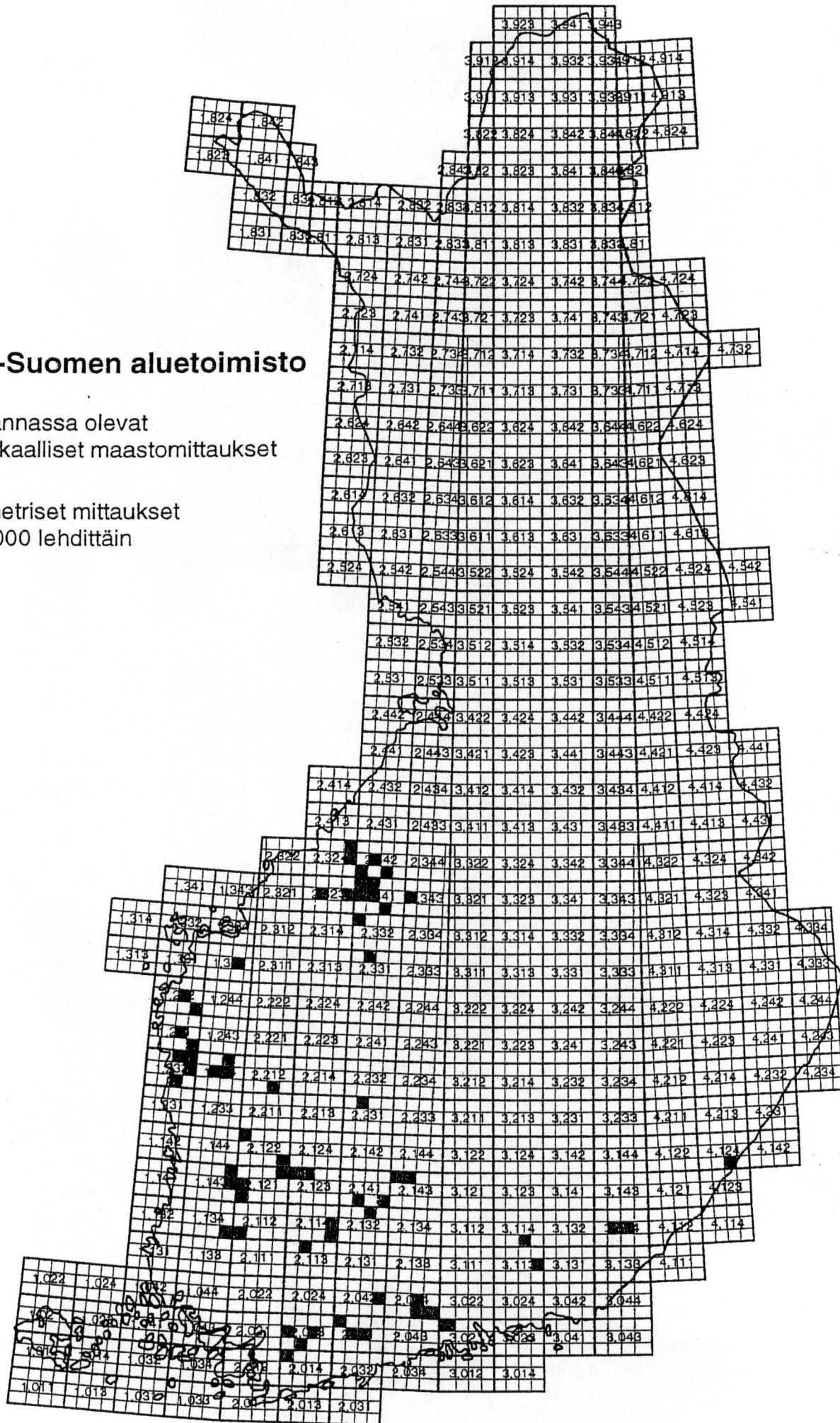


ESA

Etelä-Suomen aluetoimisto

Tietokannassa olevat
geofysikaalliset maastomittaukset

Gravimetriset mittaukset
1 : 20 000 lehdittäin

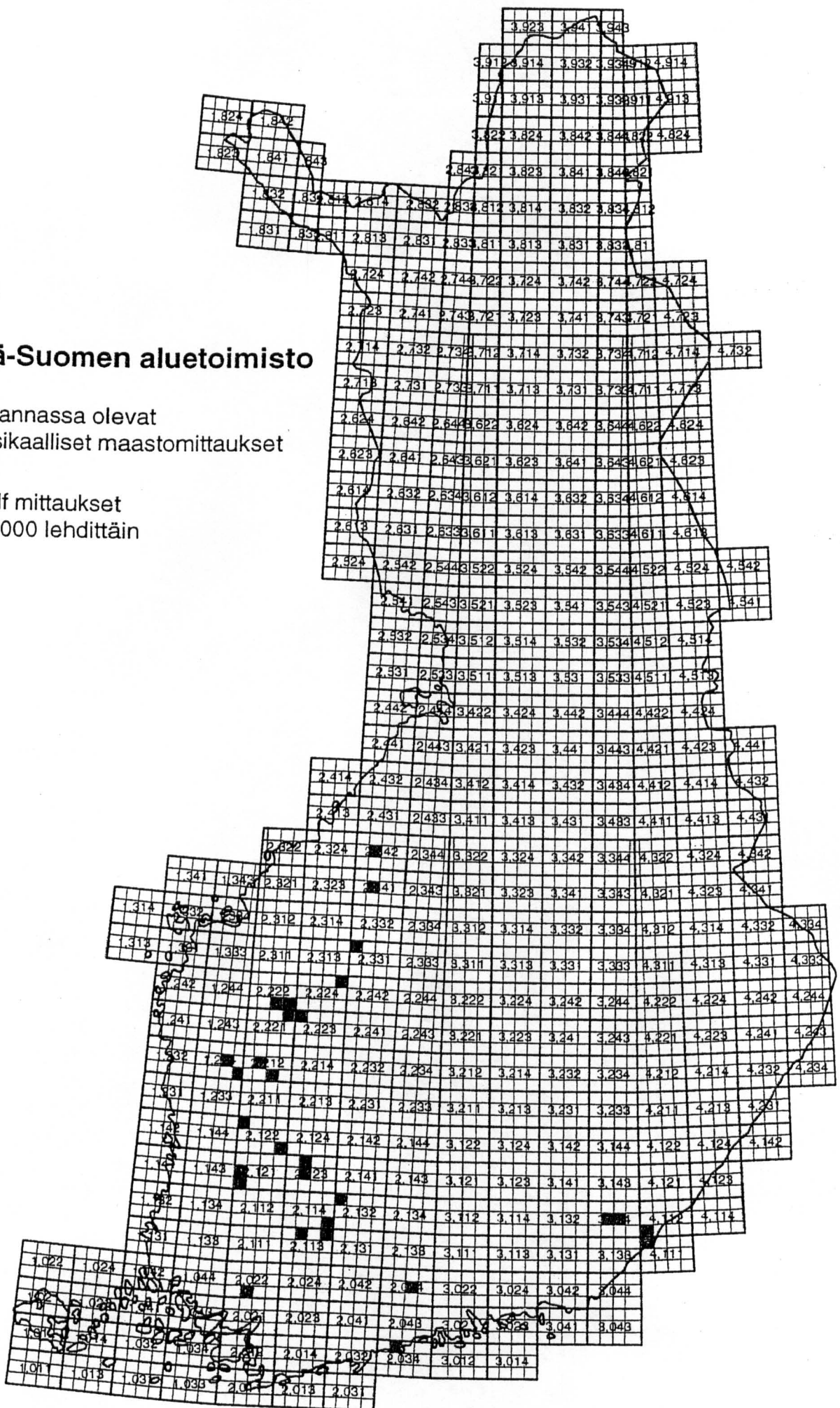


ESA

Etelä-Suomen aluetoimisto

Tietokannassa olevat
geofysikaalliset maastomittaukset

lp ja vlf mittaukset
1 : 20 000 lehdittäin

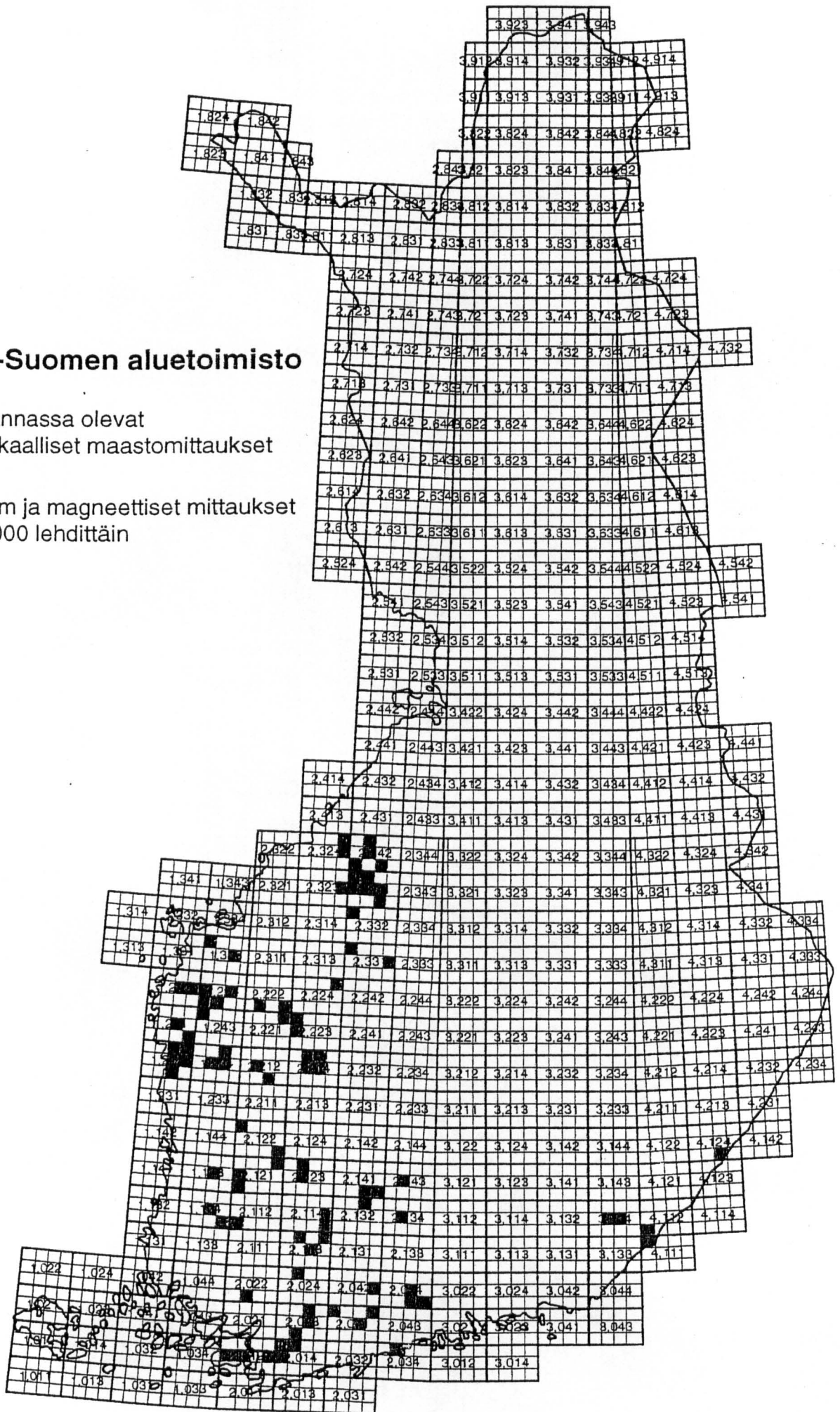


ESA

Etelä-Suomen aluetoimisto

Tietokannassa olevat
geofysikaalliset maastomittaukset

Slingram ja magneettiset mittaukset
1 : 20 000 lehdittään



Etelä- ja Länsi-Suomen kaarikompleksi: geotektoninen mallinnus

Mikko Nironen

Kallioperän kehitysmalleja laadittaessa pyritään hahmottamaan, millä tavalla kivilajiyksiköt ovat kehittyneet ja miten eri syntyolosuhteita edustavat kivilajiassoosiaatiot, "terraanit", ovat kasautuneet nykyiseen asemaansa. Mallintaminen auttaa myös ymmärtämään, miksi jotkut malmityypit ovat siellä missä ovat, ja niiden avulla voidaan rajata malmiprovinssseja eli tietyille malmityypeille otollisia alueita. Tämä onkin se mittakaava, johon mallintaminen rajoittuu; yksittäisten malmien sijaintia ei mallin avulla voida ennustaa.

Fennoskandia voidaan jakaa lyijy-isotooppikoostumusten perusteella kahteen noin 1900 miljoonaa vuotta vanhaan vulkaaniseen kaarisysteemiin: 1) pohjoiseen systeemiin, johon kuuluvat Skellefte-alue ja Tampereen vyöhyke, mahdollisesti myös Etelä- ja Keski-Pohjanmaan liuskeet; ja 2) eteläiseen systeemiin, johon kuuluvat Hämeen ja Korppoon-Pellingin vulkaniittivyöhykkeet sekä niiden jatkeena Bergslagen-alue (kuva 1a). Savon vyöhykkeessä ja Skelleften-alueen ympäristössä on 1950-1910 miljoonaa vuotta vanhoja kiviä, joten alue edustaa vanhempaa kaarimagmatismia. Keski-Suomen granitoidikompleksi, Suomen etelärannikon gneissit ja eräät Bergslagenin kivet saattavat neodyymi- ja lyijy-isotooppikoostumuksiensa perusteella sisältää 2100-2000 miljoonaa vuotta vanhaa kuorikomponenttia - tämän ikäisen kuoren olemassaoloon viittaavat myös svekofennisten sedimenttikivien detritaalisista zirkoneista tehdyt iänmäärytykset.

Edellä esitetyn aineiston pohjalta voidaan hahmotella kaksi kaarikompleksia, joista pohjoiseen kuuluvat Keski-Suomen granitoidikompleksi (vanhempi "ydin"), Savon vyöhyke Skelleften ympäristöön ulottuvine jatkeineen sekä Tampereen, Pohjanmaan ja Skellefte-alueen vulkaniitit (kuva 1b). Eteläiseen kaarikompleksiin kuuluvat Hämeen ja etelärannikon vulkaniitit sekä Keski-Ruotsin vulkaniitit. Komplexkien väliin jää merellisten sedimenttikivien luonnehtima alue ("Bothnian belt"), joka on Ruotsissa leveä, mutta kapenee Suomessa Pirkkalan vyöhykkeeksi (Vammalan migmatiittivyöhykkeeksi). Lahtinen (1994) hahmotteli Pirkkalan vyöhykkeeseen sutuurin eli muinaisten laattojen törmäysvyöhykkeen. Lahtisen (1994) ja Nirosen (1997) malleissa laattojen törmäyksen on oletettu tapahtuneen 1890 miljoonaa vuotta sitten.

Paras nykyinen analogia svekofennisille laattojen liikkeille ja törmäyksille on Tyynenmeren alue, etenkin Indonesian saaristo (kuva 2a). Bandanmeren alueella kaarisysteemi puristuu kasaan Australian laatan liikkua kohti pohjoista. Bandanmeren tulevaisuusennuste vastaa mallia svekofennisen kuoren kahden kaarikompleksin muinaisesta törmäyksestä. Molluccameren alueella (kuva 2b) kahden lähenevän laatan välissä oleva merellinen laatta on kuroutumassa, ja sen ennustetaan painuvan joidenkin miljoonien vuosien kuluttua kokonaan vaippaan. Vastaavasti Etelä-Suomessa kahden kaarikompleksin välissä olleen merellisen laatan on oletettu hävinneen, jolloin Pirkkalan vyöhyke edustaa kahden toisiinsa kiinnittyneen subduktiokompleksin muodostamaa kokonaisuutta.

Mesotermisten, tai orogeenisten juonikultamalmien katsotaan syntyneen toisiaan lähenevien laattojen rajalla, kompressio- tai transpressio-olosuhteissa. Niitä luonnehtii lisäksi esiintyminen metamorfisessa ympäristössä, joka on yleensä vihreäliuskefasies tai alempi amfiboliittifasies. On huomattava, että nykyisillä konvergenteilla laattarajoilla olevat kultamalmit ovat epitermisiä; mesotermiset malmit ovat syvemmällä (20-2 kilometrin syvyydessä).

Skellefte-alueen malmiesiintymille on esitetty tektoninen tulkinta, jossa merellisen laatan subduktio on tapahtunut pohjoiseen. Kultamineralisaatiot ja polysulfidiesiintymät sijaitsevat pohjoisempana, muinaisen mantereen reunalla olevalla vulkaanisella kaarella, kun taas nikkeliyesiintymät sijaitsevat etelämpänä, merellisten sedimenttikivien yhteydessä. Tätä tulkintaa voisi soveltaa myös Tampereen-Vammalan alueelle (kuva 3). Tällöin Tampereen vyöhyke edustaisi mantereen reunalle pohjoiseen tapahtuneessa subduktiossa kehittynyttä vulkaanista kaarta (mantereena Keski-Suomen granitoidikompleksin 2100-2000 miljoonaa vuotta vanha ydin), ja kultaesiintymät olisivat syn/postmetamorfisia orogeenisia mineralisaatioita. Vammalan-Kylmäkosken nikkeliyesiintymät puolestaan sijaitsevat merellisten sedimenttien sekaan tunkeutuneiden basalttisten kaarimagmojen syöttökanavissa, jotka ovat katkeilleet tektonisissa liikunnoissa (Peltonen 1995). Mikäli Etelä-Suomi vastaa muinaiselta kehitykseltään nykyistä Mollucca-merta, vastaava kulta-nikkeliyhteys voisi olla mahdollinen myös etelämpänä, Hämeen vulkaniittien alueella.

Kirjallisuusviitteet:

Hall, R., Jason, R.A., Anderson, C.D. & Baker, S.J. 1995. Origin and motion history of the Philippine Sea Plate. *Tectonophysics* 251, 229-250.

Lahtinen, R. 1994. Crustal evolution of the Svecofennian and Karelian domains during 2.1-1.79 Ga, with special emphasis on the geochemistry and origin of 1.93-1.91 Ga gneissic tonalites and associated supracrustal rocks in the Rautalampi area, central Finland. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 378, 128 p.

Nironen, M. 1997. The Svecofennian Orogen: a tectonic model. *Precambrian Research* 86, 21-44.

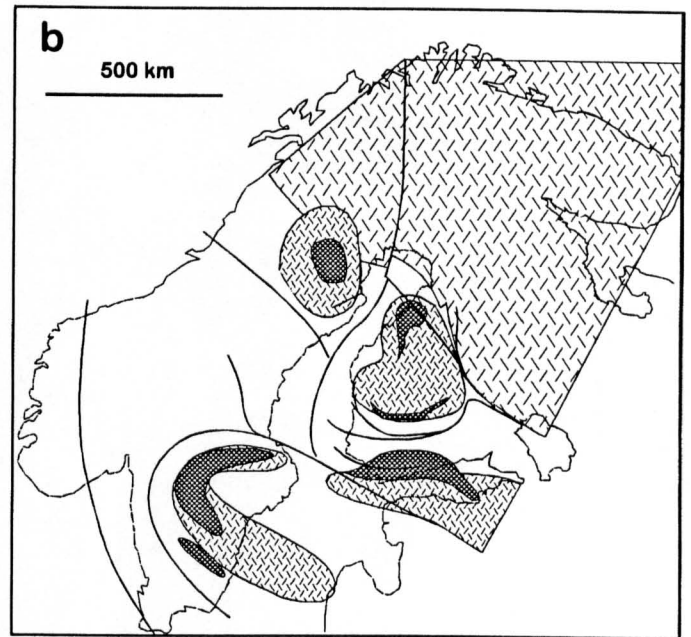
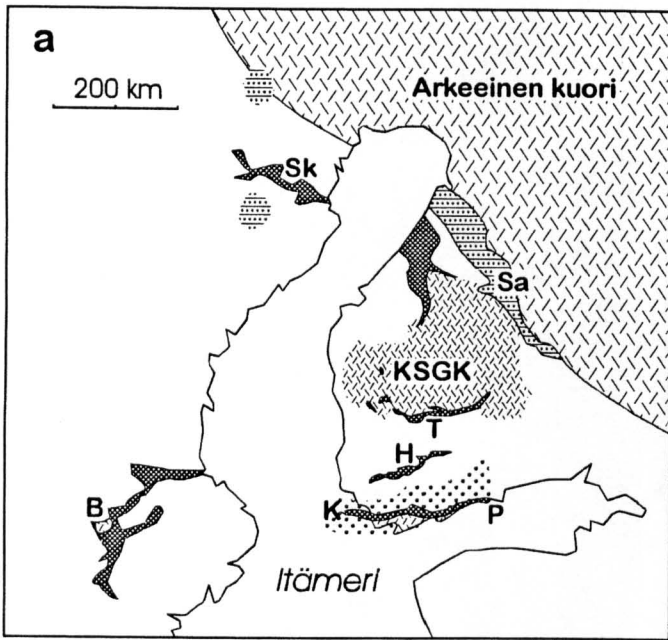
Peltonen, P. 1995. Petrogenesis of ultramafic rocks in the Vammala Nickel Belt: Implications for crustal evolution of the early Proterozoic Svecofennian arc terrane. *Lithos* 34, 253-274.





Kuvat:

Kuva 1 (Geologi 50/2, 1998, s. 20). a) Eräitä Fennoskandian svekofennisen kuoren kivilajiyksiköitä ja niiden ikävaihtelua. Sk = Skellefte-alue, Sa = Savon vyöhyke, KSGK = Keski-Suomen granitoidikompleksi, T = Tampereen vyöhyke, H = Hämeen vyöhyke, B = Bergslagen-alue, K = Korppoo, P = Pellinki. b) Tulkinta svekofennisestä kuoresta 1800 miljoonaa vuotta sitten (Nironen 1997). Päällemerkinnät kuten kuvassa 1a, alueet ilman päällemerkintää ovat sedimenttikivivaltaisia (1890-1820 Ma syväkivet eivät näy kuvassa). Viivat esittävät merkittävimpiä tektonisia vyöhykkeitä.

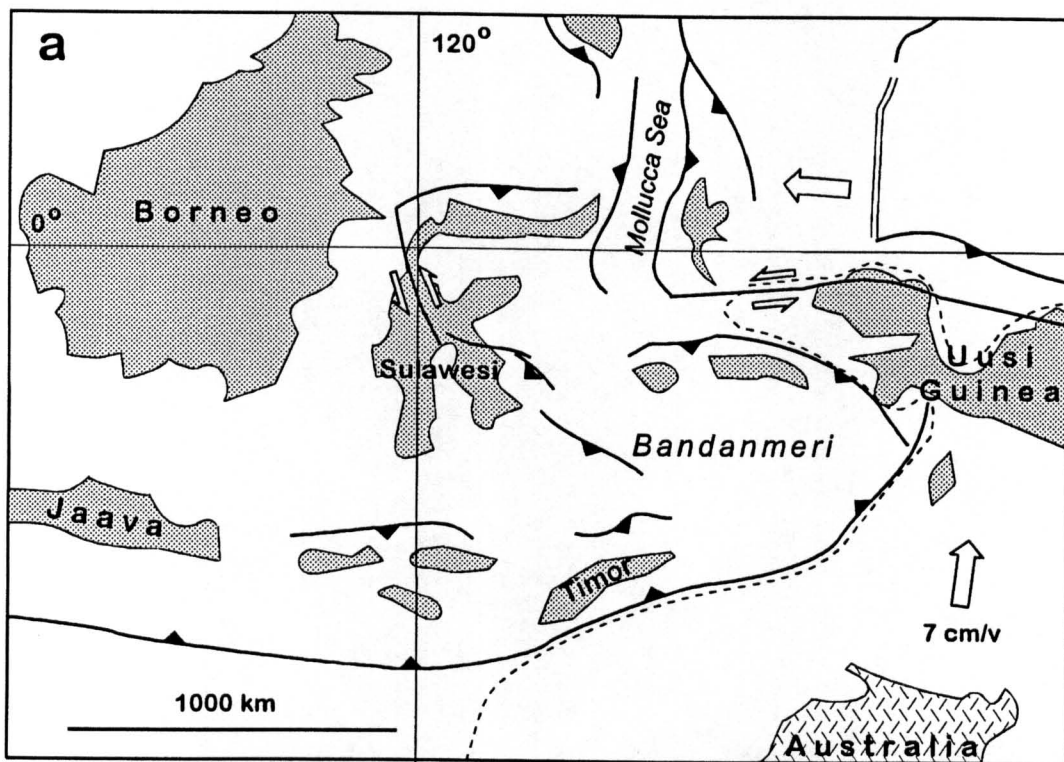
Kuva 2. a) Indonesian saariston itäosan tektoniikkaa. Laatojen liikesuunnat on osoitettu valkoisilla nuolilla, Australian laatan raja katkoviivalla. Subduktiovyöhykkeet paksuilla viivoilla, mustat kolmiot osoittavat subduktiosuunnan. b) Mollucca-meren tektoninen tulkinta (Hall et al. 1995 mukaan).

Kuva 3. Tampereen-Vammalan alueen yksinkertaistettu tektoninen kehitysmalli (poikkileikkaus pohjois-eteläsuunnassa).

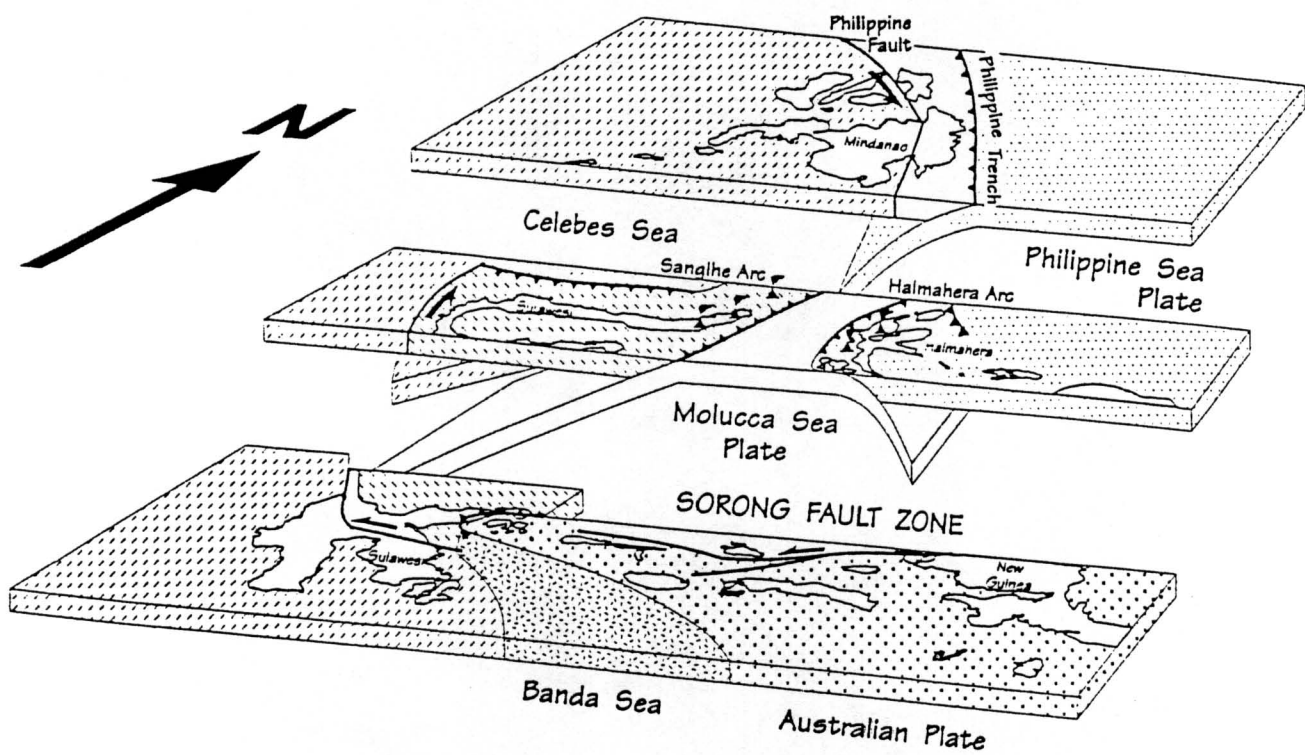


- | | | | |
|--|-----------------------------|---|----------------------------------|
|  | 2100-2000 Ma maankuorta (?) |  | 1900-1870 Ma vulkaaninen vyöhyke |
|  | 1950-1920 Ma maankuorta |  | Kalkkikivi-välikerroksia |

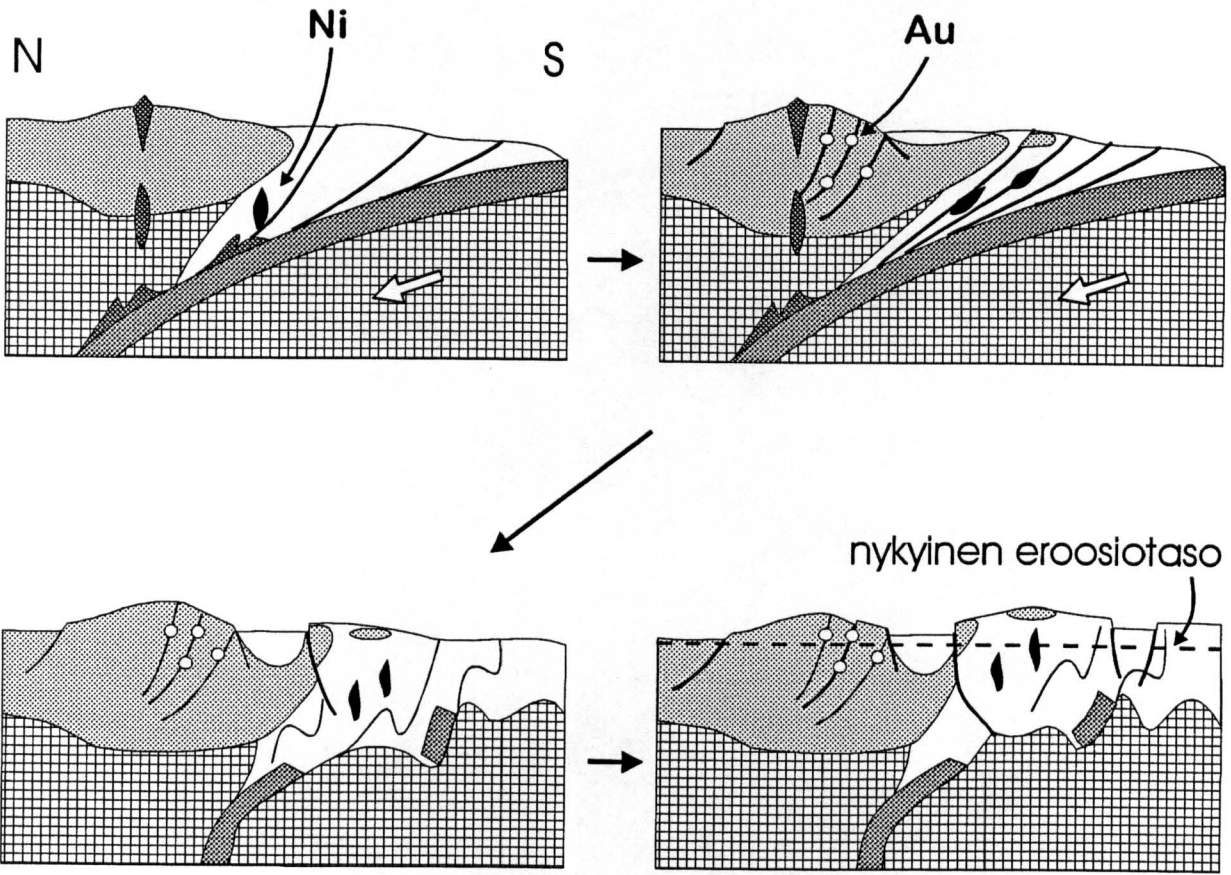
Kuv 1



Kuv 2a



Khr 26



Kuv 3

GTK:n työkokous "Svekofenninen nikkeli ja kulta", Espoo 13.5.1998

Pentti Grönholm

Helsingin yliopiston geologian laitos

Svekofenniset kultamalmit, mahdollisuudet ja etsinnän keskeisimmät tekijät

Tunnetut kultakriittiset alueet

1. Tampereen seutu

- Oriveden Kutemajärvi
- Ylöjärven Järvenpää
- Viljakkalan Haveri

2. Pohjanmaa

- Raahen Laivakangas
- Haapajärven Kopsa

3. Etelä-Savo

- Rantasalmen Osikonmäki
- Rantasalmen Pirilä

4. Muut

- Huittisten Jokisivu
- Valkeakosken Kaapelinkulma

Lisäksi massiiviset sulfidimalmit ja niiden lähiympäristöt

1. Vihanti-Pyhäsalmi

2. Outokummun jakso

3. Orijärven alue

Kultamalmeja kontrolloivia tekijöitä

1. Geotektoninen asema

- Saarikaarimiljö
- Intruusiot
- Ruhjevyöhykkeet

2. Metamorfoosi ja deformaatiot

- Metamorfiset fluidit
- Monivaiheiset deformaatiot

3. Hydroterminen muuttuminen

- Monivaiheiset hydrotermiset fluidipulssit
- Sivukivien muuttumisvyöhykkeet

Kvartsiutuminen

K -muuttuminen (SER, BT, KMS)

Kloriittiutuminen

Sulfidisaatio (SK, FEK, ASK, CUK)

Turmalinisaatio, topaasiutuminen, fluoriittiutuminen

Malminetsintä

1. Yleiset geologiset puitteet ja niiden soveltaminen

- Kaarikompleksit
- Intruusiot
- Ruhje- ja hiertovyöhykkeet
- Hydrotermiset muuttumisvyöhykkeet

2. Menetelmät

- Geokemia (moreeni- ja litogeokemia)
 - kullan seuralaisalkuaineet
(Te, Bi, As, Ag, Pb, Cu, Zn, W, Se, Sb, B, U)
- Geofysiikka
 - rakennekontrolli, kiisuuntumat
- Moreenitutkimukset
 - raskasmineraalit (kiisut, U-min., RUT, TUR, TO, AP)
 - minikivet ja lohcareet
- Geologinen kartoitus
- Kairaus ja RC-poraus

Menetelmien kehittäminen

1. Optimaalisen kairaussuunnan ja profiilivälin selvittäminen

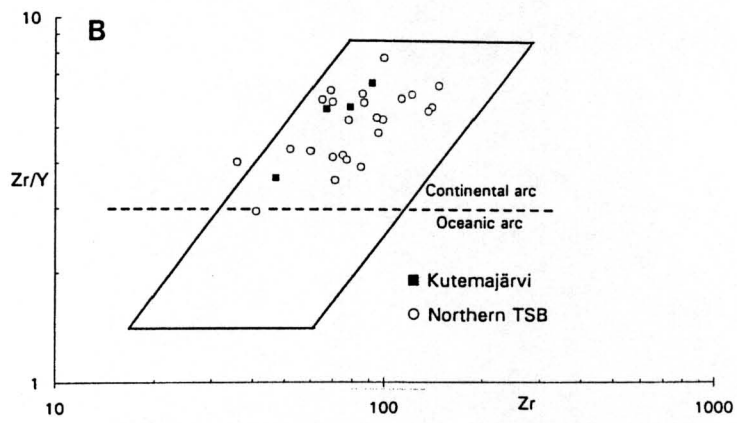
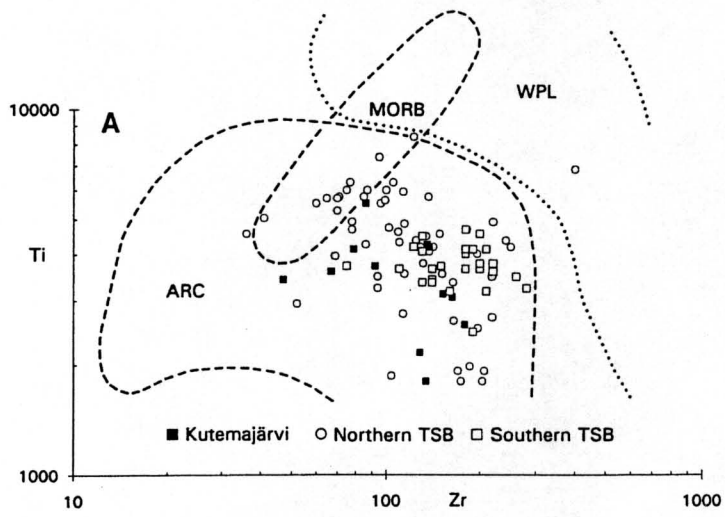
- detaljikartoitus
- geostatistiikka (semivariogrammianalyysi)

2. Irtomaakerrosten peittämien muuttumisvyöhykkeiden tunnistaminen

- geokemia
- lohkat, minikivet ja raskasmineraalit

3. Fluidisulkeumatutkimukset

- CO₂-CH₄ -fluidisulkeumat yleisiä Au-esiintymissä
- dekrepitaatiolaitteisto



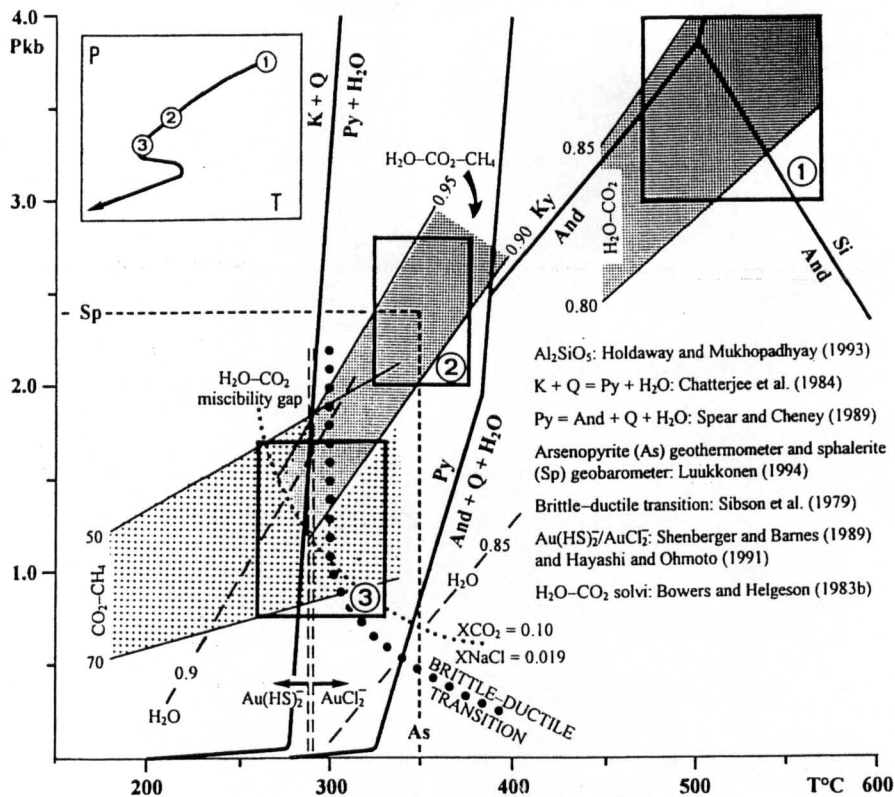


FIG. 13. P-T diagram showing sets of isochores (shaded) for the three main fluid types ($\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2 \pm \text{CH}_4$, CO_2-CH_4 , and H_2O) encountered in the Kutemajärvi gold deposit. The numbers refer to fluid densities in g/cm^3 , except those for the CO_2-CH_4 fluid inclusions (cm^3/mole). For aqueous fluid inclusions, only the high-temperature isochore ($0.85 \text{ g}/\text{cm}^3$) and the H_2O isochore for the mean density of $0.9 \text{ g}/\text{cm}^3$ (derived from Fig. 12) are shown. The isochores were calculated using the program FLINCOR (Brown, 1989). Phase relationships (thick lines) of andalusite (And), kaolinite (K), kyanite (Ky), pyrophyllite (Py), and quartz (Q) relevant to the Al-Si-O-H (AHS) system, are also shown for reference. Rectangles: 1 = P-T range for the metamorphism of the Tampere schist belt (Kilpeläinen et al., 1994) in conjunction with the isochores for the primary $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ fluid inclusions in apatite of the phlogopite-chlorite schist, 2 = estimated conditions for the pseudosecondary-secondary $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{CH}_4$ fluid inclusions related to sulfide-quartz veins, 3 = estimated conditions for the secondary CO_2-CH_4 fluid inclusions related to Au-Te-bearing quartz veins. Possible fluid evolution path for the deposit (schematic) is shown in an inset. See text for discussion.

a dramatic effect on the aqueous solubility of quartz (Walther and Helgeson, 1977) and on mineral precipitation in general (Helgeson and Lichtner, 1987). The remaining aqueous phase was enriched in dissolved salts but became diluted by circulating meteoric water during uplift and deformation of the rocks. Intense microfracturing facilitated infiltration of surface-derived waters to a considerable depth.

The varying phase ratios and CO_2 content (ca. 7–60 mole %) in the $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{CH}_4$ inclusion assemblages at or near the intersections of CO_2 -rich and H_2O inclusion trails indicate that most of them were trapped deep within the immiscibility (two-phase) region as mixtures of CO_2 liquid and aqueous liquid of variable salinity. Therefore, the pressure at the time of entrapment must have been too low to permit mixing between these two different fluids for most compositions reflected by the inclusions.

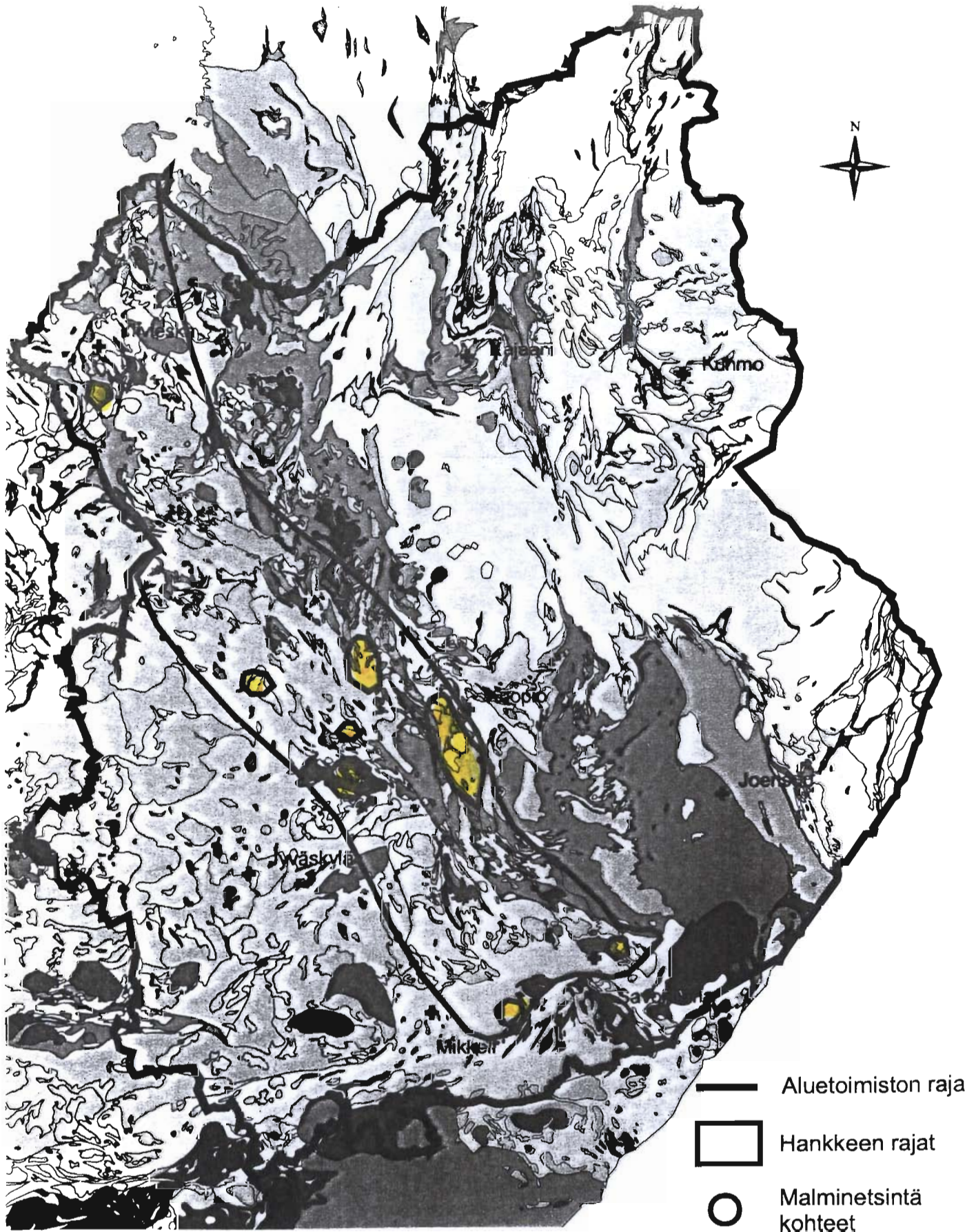
The relationship of secondary type I $\text{CO}_2-\text{CH}_4 \pm \text{N}_2$ gaseous fluid inclusions to ductile and brittle microstructures allows the interpretation of fluid inclusion density (molar volume) data in terms of the P-T conditions of deformation. Although the fluid composition of type I inclusions may not reflect the original intergranular fluid composition (i.e., $\text{H}_2\text{O}-$

$\text{CO}_2 \pm \text{CH}_4$) owing to extraction of H_2O , they have densities appropriate for the P-T conditions of entrapment during recrystallization and microfracturing (cf. Hollister, 1990). However, the low-density ($T_h \rightarrow V$) grain boundary fluid inclusions may have formed by decrepitation and reequilibration due to deformation and later thermal pulse giving erroneous and too low P-T estimates for their entrapment (e.g., Hollister, 1988; Sterner and Bodnar, 1989). The type I gaseous inclusions within recrystallized quartz grains have a range of molar volumes (50–70 cm^3/mole) similar to that of inclusions in microfractures. This range of molar volumes is interpreted to reflect pressure fluctuations during their trapping, possibly at or below the conditions of the brittle-ductile transition. Assuming a critical isotherm of 300°C for the brittle-ductile transition of quartz-rich rocks (Sibson et al., 1979; White and White, 1983), together with the calculated isochores, a maximum pressure estimate of 1.9 kbars is obtained for the inclusions (Fig. 13).

The highest content of type I gaseous fluid inclusions along healed microfractures which cut grain boundaries is accompanied by the highest Au-Te content of the rocks. The correlation between $\text{CO}_2-\text{CH}_4 \pm \text{N}_2$ and zones of enhanced Au-Te

RAAHE-LAATOKKA VYÖHYKE, NIKKELIN JA KULLAN ETSINTÄ - HANKE

HANNU MAKKONEN



Henkilöt

HANNU MAKKONEN

Hannu Makkonen, geologi, hankepäällikkö

- kohteelliset tutkimukset
- nikkelimalmien geologia

Olavi Kontoniemi, geologi, hankepäällikön sijainen

- kohteelliset tutkimukset
- kultamalmien geologia

Heikki Forss, geofyysikko

- kohteelliset tutkimukset
- menetelmäkehitys

Pekka Lestinen, geokemisti

- kultamalmien geokemia
- alueellinen moreeni- ja litogeokemia

Jouni Luukas, geologi

- rakennegeologia
- kohteelliset tutkimukset

Jari Mäkinen, geologi

- nikkelimalmien geokemia
- kohteelliset tutkimukset

Hannu Koskivuori, tutkimusavustaja

- malminetsintätyöt

Rauli Lempiäinen, tutkimusavustaja

- malminetsintätyöt

Raahe-Laatokka -vyöhyke, nikkelin ja kullan etsintä

- Svekofennialaisten (1.9 Ga) nikkelimalmien etsintä ja tutkimus
- Svekofennialaisten kultamalmien (1.9-1.8 Ga) etsintä ja tutkimus
- Nikkeli- ja kultamalmipotentialisten alueiden osoittaminen Raahe-Laatokka -vyöhykkeeltä
- malminetsintämenetelmien kehittäminen
- malmimallit
- Raahe-Laatokka -vyöhykkeen kehitys

Ni-intruusiot

- useita intruusioita jonossa (voi olla poimuttunut jono); koko vaihtelee murskaleista suuriin intruusioihin
- alueen metamorfoosiaste yleensä korkea ---> alueellinen gravimetrinen maksimi
- etsinnässä geofysiikka (grav+magn) +Poka paras yhdistelmä
 - myös perinteinen prospektaus muistettava

- monivaiheinen intrudoitumishistoria ---> kompleksisia muodostumia (gabro+nuorempi peridotiitti, pelkkä peridotiitti, pelkkä gabro), sulfidifaasin koostumus ja oliviinin Ni-pitoisuus vaihtelevat
- kiteytyminen vaakoina tai lähes vaakoina muodostumina ---> malmit pohjalla, kerroksellisuus
- malminmuodostuksen ajankohta -- ko.intruusiossa vai alempana
- sivukivikontaminaatio -- malmipitoiset intruusiot voimakkaammin kontaminoituneet kuin tyhjä
- magmamäärän arviointi -- intruusion koko, kumulaatin osuus, eroosiotaso

Olavi Kontoniemi, 1998. Svekofennisten kultamalmien etsintä Keski-Suomen kaarikompleksilla tehtyjen tutkimusten valossa.

GTK:n Väli-Suomen nikkeli-hankkeen nimen muuttuessa vuoden 1998 alussa "Raahe-Laatokka vyöhyke, nikkelin ja kullan etsintähanke"-nimiseksi tulee ko. alueella tehtäviin malmitutkimuksiin vähitellen mukaan myös kulta. Tuleva etsintä, aluevalinnat ja tutkimusstrategia pohjautuvat paljolti 1980-luvulla ja 1990-luvun alussa tehtyihin kultatutkimuksiin Juva-Rantasalmi -alueella. Silloin luotua malmimallia voitaneen soveltaa koko vyöhykkeelle ottaen huomioon paikalliset vaihtelut esim. kallioperän nykyisessä leikkaustasossa. On mahdollista, että Pihtiputaan SE-puolisella alueella esiintymät olisivat voittopuolisesti Osikonmäki-tyyppisiä plastisen deformaation hiertovyöhykesidonnaisia esiintymiä ja Pohjanmaalla taas hauraan deformaation juonityypin esiintymiä. Tällaista siis odotetaan, mutta mitä mahtaakaan löytyä.

KULTAMALMIEN ETSINTÄ JA ESIINTYMÄN TUTKIMINEN

(esimerkkikohteena Rantasalmen Osikonmäen Au-esiintymä)

1. Aluevalinta ja strategia
2. Lohkare-etsintä ja esikartoitus
3. Moreenitutkimukset / raskasmineraalit
 - voimakkaan jäätikkökuljetuksen alueilla “perinteisellä” moreenitutkimuksella vaikeuksia, Au-anomaliat aivan kallion pinnassa, hippuefektin torjumiseksi käytettävä raskasmineraalifaasia tai “runsaampaa” kullan seuralaismetallia
4. Geofysiikka
 - IP-mittaukset soveltuvat hyvin pirotemalmeille syväkiviympäristössä
5. Detaljikartoitus, montutus, kairaus malmin rajojen ja rakenteen selvittämiseksi
6. Petrologia, mineralogia, litogeokemia, fluiditutkimus malmimallin selvittämiseen (mahdollista myös kohdassa 2)

KULTAMALMIEN YLEISPIIRTEITÄ

- **Epigeneettisiä**
- Suurimmat varannot arkeeisilla **vihreäkivi- ja fanerotsooisilla saarikaarivyöhykkeillä**
- Yleensä **alhaisen tai keskiasteen metamorfisilla** alueilla
- Tavallisesti **syn- tai postmetamorfisia**
- Vahva **rakenteellinen kontrolli**:
 - kuorenmittakaavaiset deformaatiovyöhykkeet, **törmäsvyöhykkeet**
 - **hiertovyöhykkeet**, varsinkin konjugaatorakenteet
 - **poimurakenteet**, varsinkin antiformit
 - **hauras / plastinen deformaatio**
 - **kompetenssierot / kivilajikontaktit**
 - yleisesti ottaen rakenteet, jotka "avaavat" **kanavia fluideille**
- Isäntäkiven **muuttuminen** riippuen PT-oloista ja litologiasta
- Kompleksinen kullan historia

KESKI-SUOMEN KAARIKOMPLEKSIIN KULTAPOTENTIALI

- Raahelaatokka **deformaatiovyöhyke**
- Törmäysvyöhykkeen intermediäärinen-felsinen magmatismi ja **1900-1850 Ma:n syntektoniset intruusi**
- Syntektoniset intruusi
- yleensä **TON - GRDR, suuntauneita** ja sisältävät **MME**:ja
- Päärhjesuuntaan nähden **vinot hierrot**, jotka leikkaavat ympäristöään hauraammin murtuvaa **kivilajia, kivilajikontaktit**
- Hiertovyöhykkeiden **taipumat, haaraumat**
- Monivaiheinen kvartsijuonien muodostuminen
- Sopiva leikkaustaso ja **metamorfoosiaste**
- **As-riikkaat juonet tai hiertovyöhykkeet** saattavat kieliä kultaa kántaneista fluideista

Petrologiset ja mineraalikemialliset menetelmät Etelä-Suomen svecofennisten intruusioiden Ni-Cu malmipotentialin arvioinnissa

Petri Peltonen

Geologian tutkimuskeskus

02150 Espoo

Johdanto

Edellytys magmaattisten sulfidimalmien muodostumiselle on sulfidisen rikin liukoisuuden ylittyminen magmassa. Koska rikin liukoisuus magmaan on riippuvainen lämpötilasta, magman koostumuksesta ja vesipitoisuudesta, hapen ja rikin fugasiteeteista sekä mahdollisesti myös paineesta, saattaa minkä tahansa em. tekijän muutos johtaa erillisen metallirikkaan sulfidisulan (malmaineksen) erkaantumiseen silikaattisulasta [1]. Malminetsintästrategian kannalta on ensiarvoisen tärkeää määrittää onko emäksisen-ultraemäksisen muodostuman synnyttänyt magma ylipäättään ollut sulfidien suhteen kylläinen, ja mikä johti erillisen sulfidifaasin syntyyn. Toinen tarkastelemisen arvoinen seikka on sulfidifaasin erkaantumisen ajankohta. Esimerkiksi, jos muodostumasta tunnistettu sulfidifaasin erkaantuminen tapahtui magmaattisen kehityksen varhaisvaiheessa (vai-passa, syvällä magman tulokanavissa), ei merkittävän mineralisaation löytyminen muodostumasta ole todennäköistä.

Malli

Tutkitut Vammalan Ni-vyöhykkeen mafiset-ultramafiset intruusioidet muodostuivat orogeenin huippuvaiheen aikana lyhytikäisiin ekstensorakenteisiin purkautuneesta basalttisesta magmasta ja kiteytyivät keskikuorelle ominaisissa paine-lämpötila olosuhteissa [2]. Geokemiallinen ja mineraalikemiallinen tutkimus osoittaa, että merkittävä osa malmien rikistä on peräisin sivukivistä (mustaliuskeista). Valtaosa assimiloidusta rikistä kulkeutui intruusioihin kuumien C-O-H-S fluidien välityksellä, joiden konvektion orogeenin aikainen lämpövuoto ja kiteytyvien magmojen vapauttama lämpö mahdollisti. Fluidien magmaan kuljettama rikki johti malminmuodostukseen Vammalan Ni-vyöhykkeen intruusioissa [3]. Oliiviinin koostumuksen perusteella sulfidisen rikin liukoisuustulo on ylitetty kaikissa tutkituissa intruusioissa; rikin saatavuus ei siten ole ollut malminmuodostusta rajoittava tekijä. Yleinen sulfurisaatio johti siihen, että Ni-Cu mineralisaatioita esiintyy pääsääntöisesti vain kaikkein primitiivisimmissä intruusioissa, joilla on lisäksi taipumus esiintyä syvintä kuoren leikkausta edustavilla blokeilla. Korkeammille kuoren tasoille kohonneet magmat muodostivat fraktioituneempia ja mineralisoitumattomia intruusioita, koska niiden kapasiteetti muodostaa hyvälaatuisia mineralisaatioita nykyisellä eroosiotasolla oli alentunut jo syvemmällä kuorella tapahtuneen sulfidien erkaantumisen johdosta.

Sovellutuksia

Magman kontaminoituminen sedimenttisillä sulfideilla ja sulfidifaasin erkaantuminen magmasta heijastuvat oliviinin, kromiitin ja sulfidifaasin koostumuksissa, joiden avulla voidaan arvioida onko tutkittava mineralisoitumaton kivinäyte peräisin täysin mineralisoitumattomasta intruusiosta vai mineralisoituneen intruusion sulfidittomasta horisontista. Malmikriittisissä intruusioissa oliviinin nikkelpitoisuuden tulee olla alhaisempi kuin sulfidialikylläisistä magmoista kiteytyneessä oliviinissa, mutta toisaalta hyvin alhainen nikkelpitoisuus viittaa liian varhaiseen malminmuodostukseen ja alhaiseen silikaattisula/sulfidisula suhteeseen. Jälkimmäisessä tapauksessa sulfidikasautumat todennäköisesti sijaitsevat saavuttamattoman syvällä magman tulokanavissa ja niiden metallipitoisuus on alhainen. Mikäli oliviini on täysin muuttunutta tai se on synnyltään metamorfista, voidaan sulfidien erkaantumista magmasta tarkastella kromiitin nikkelpitoisuuden avulla, minkä tulkinta on analogista oliviinin nikkelpitoisuuden kanssa.

Magman kontaminoituminen sedimenttikivien sulfideilla kohottaa sen sinkkipitoisuutta, mikä johtaa sinkkipitoisen kromiitin kiteytymiseen. Sinkkirikkaan kromiitin esiintyminen tutkittavassa muodostumassa osoittaa, että malminmuodostukselle sinänsä suotuisaa ulkoisen rikin lisääystä on tapahtunut, mutta ei ole todiste mineralisaation olemassaolosta ko. muodostumassa. Tämä johtuu siitä, että myös sellaiset magmat, jotka ovat menettäneet valtaosan metallisisällöstään (ja siten malminmuodostuskapasiteetistaan) jo varhain tapahtuneen sulfidifaasin erkaantumisen johdosta, voivat kontaminoitua sedimenttisillä sulfideilla. Vaikka kiteytyvä kromiitti tällöinkin on anomaalisen Zn-pitoista on mahdollisesti erkaantuvien sulfidien metallisisältö on alhainen. Kromiitin koostumuksesta saatava malminetsinnällinen informaatio on kuitenkin melkoinen: sen Zn-pitoisuutta voidaan käyttää sulfurisaation ja Ni-pitoisuutta sulfidifaasin erkaantumisen indikaattorina.

Mineralisoitumattomissakin mafisissa-ultramafisissa kivissä on aina hiukan sulfideja, joiden koostumus voidaan kehittynein analyysimenetelmin (esim. ICP-MS) määrittää. Vammalan alueen mineralisoitumattomissa intruusioissa metalli/S suhteet ovat varhaisen sulfidien segregoitumisen ja runsaan sedimenttisen rikin lisäyksen johdosta alhaisempia kuin malmiutuneiden intruusioiden mineralisoitumattomissa osissa. Metalli/S suhteiden avulla on siten mahdollista arvioida miten malmikriittisestä intruusiosta tutkittava mineralisoitumaton näyte on peräisin. Tarkastelu tulee rajoittaa vain sulfideissa esiintyviin alkuaineisiin kuten Cu, Se ja PGE, sillä niukasti sulfideja sisältäviä näytteitä uutettaessa on silikaateista liukenevan nikkelin osuus huomattava.

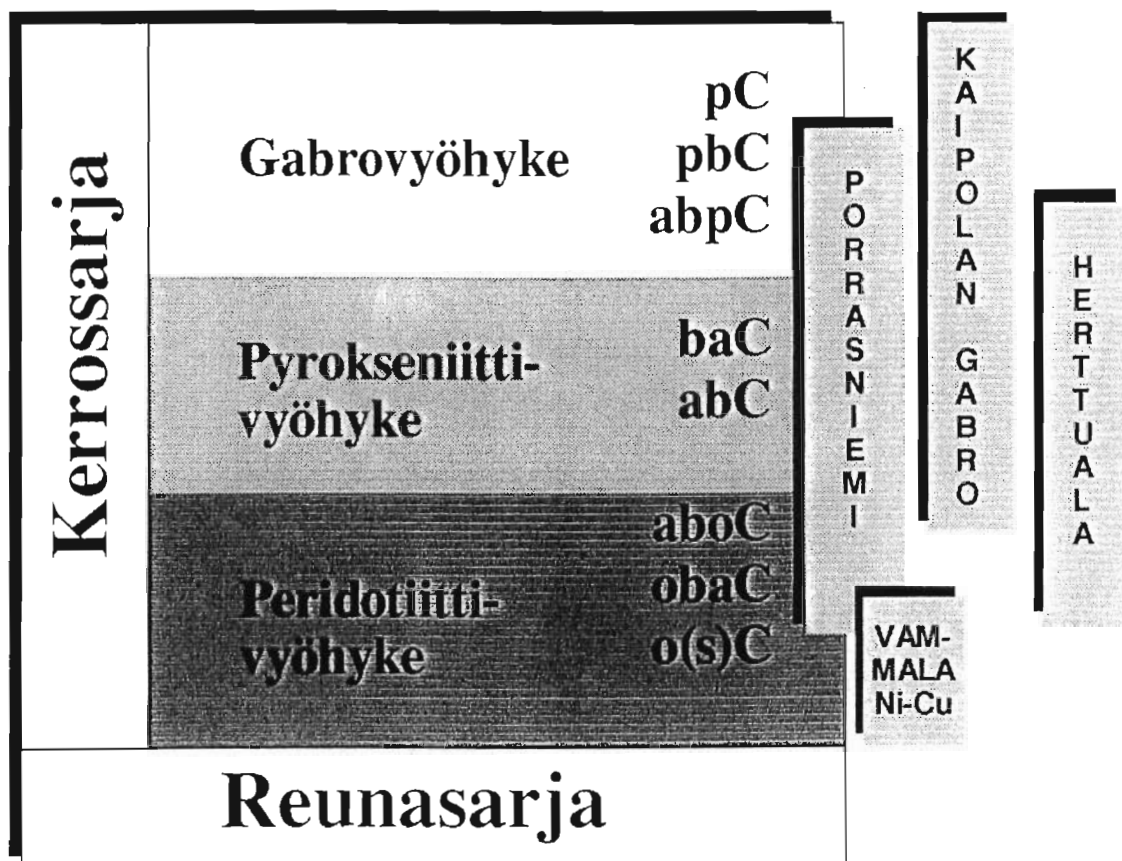
Kirjallisuus

- 1 Poulson, S.R. & Ohmoto, H. (1990) An evaluation of the solubility of sulfide sulfur in silicate melts from experimental data and natural samples. *Chemical Geology* 85, 57-75.
- 2 Peltonen, P. (1995a) Petrogenesis of ultramafic rocks in the Vammala Nickel Belt: Implications for crustal evolution of the early Proterozoic Svecofennian arc terrane. *Lithos* 34, 253-274.
- 3 Peltonen, P. (1995b) Magma-country rock interaction and the genesis of Ni-Cu deposits in the Vammala Nickel Belt, SW Finland. *Mineralogy and Petrology* 52, 1-24.

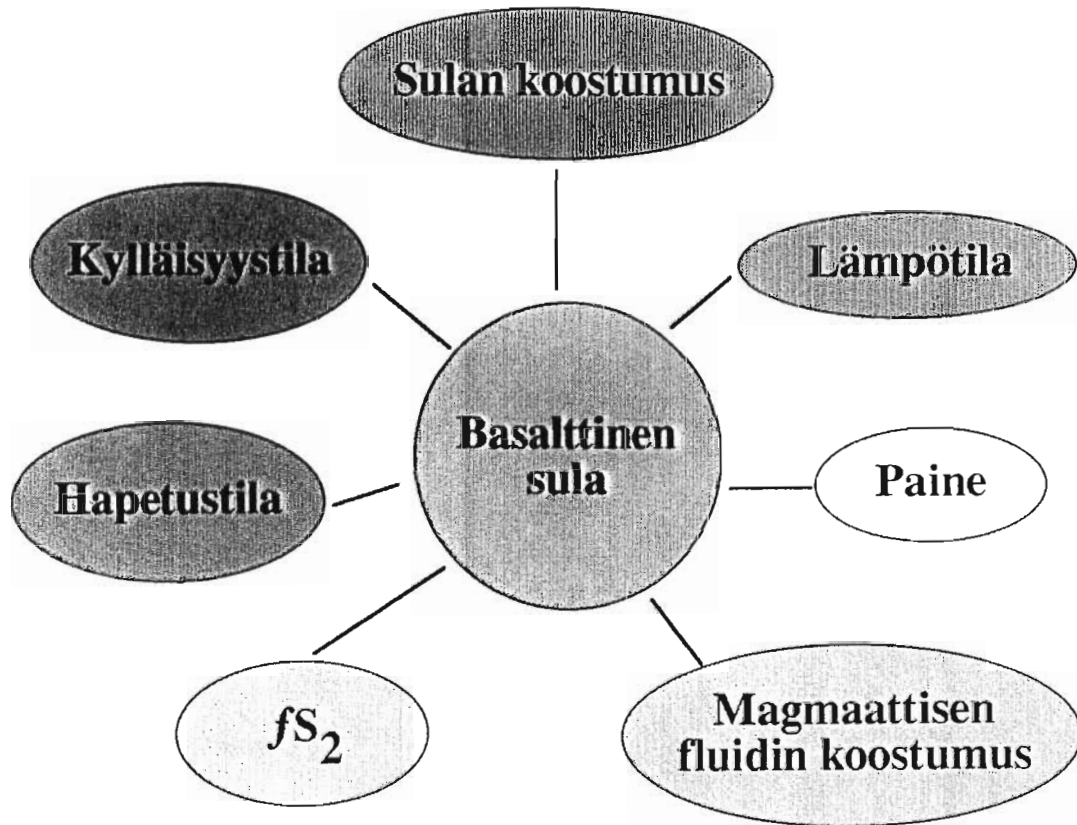
Mine	Mining period	t ore	Ni (%)	Cu (%)
Petchenga	1940-1944	461 990	3.87	1.96)
Makola	1941-1954	414 796	0.72	0.43
Kotalahti	1957-1987	12 349 511	0.66	0.26
Hitura	1965-	8 103 660	0.55	0.2
Telkkälä	1969-1992	605 396	1.37	0.35
Kitula	1970	18 785	0.67	0.24
Kylmäkoski	1971-1974	689 616	0.36	0.27
Vuonos	1972-1977	5 495 761	0.2	0.04
Petolahti	1972-1973	85 738	0.47	0.38
Vammala	1974-1994	7 593 342	0.68	0.42
Laukunkangas	1984-1994	6 658 841	0.78	0.22
Hälvälä	1988-1992	249 133	1.56	0.39
Tainiovaara	1989	19 984	1.4	0.12

IDEAALINEN STRATIGRAFIAPYLVÄS

ESIMERKKEJÄ



RIKIN LIUKOISUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

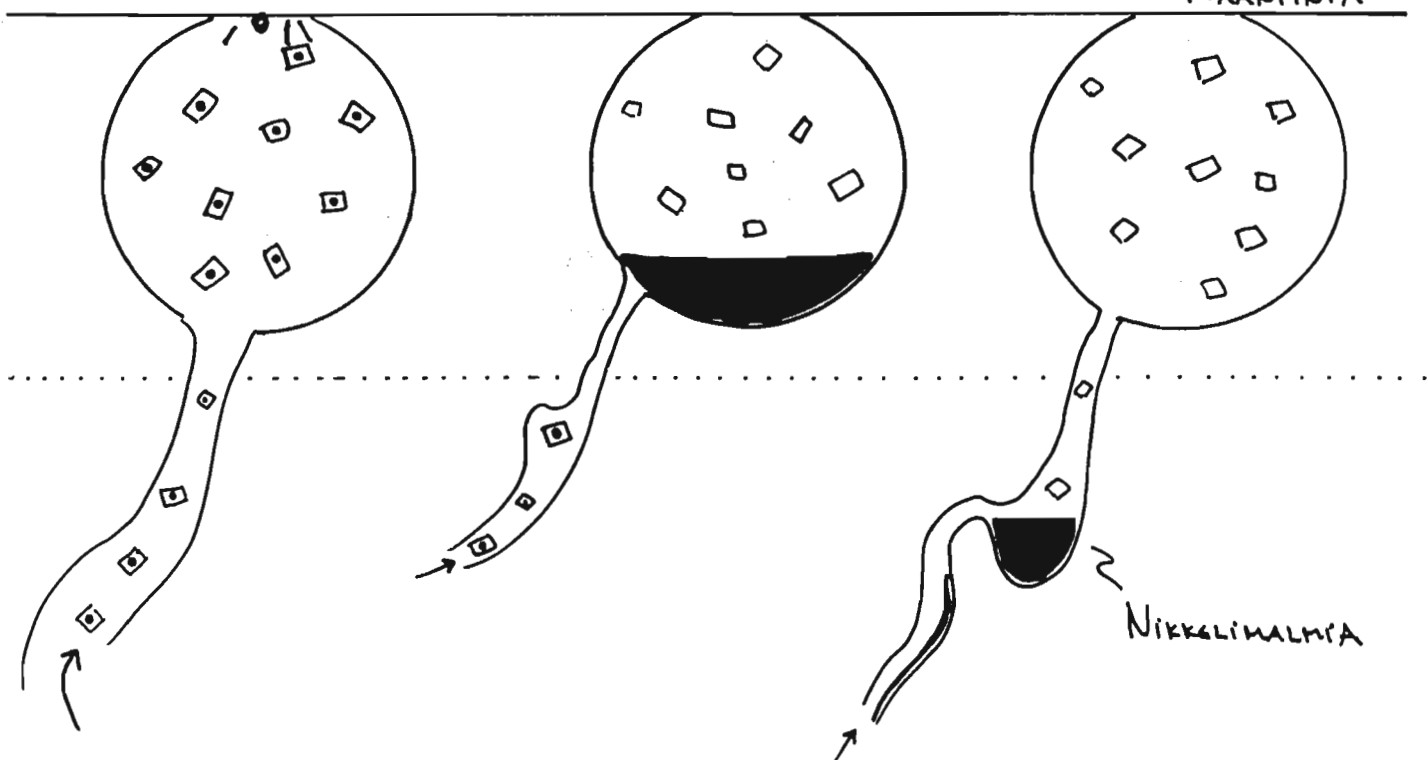


A

B

C

MAANPINTA



TO FEED UPPER CRUSTAL INTRUSIONS

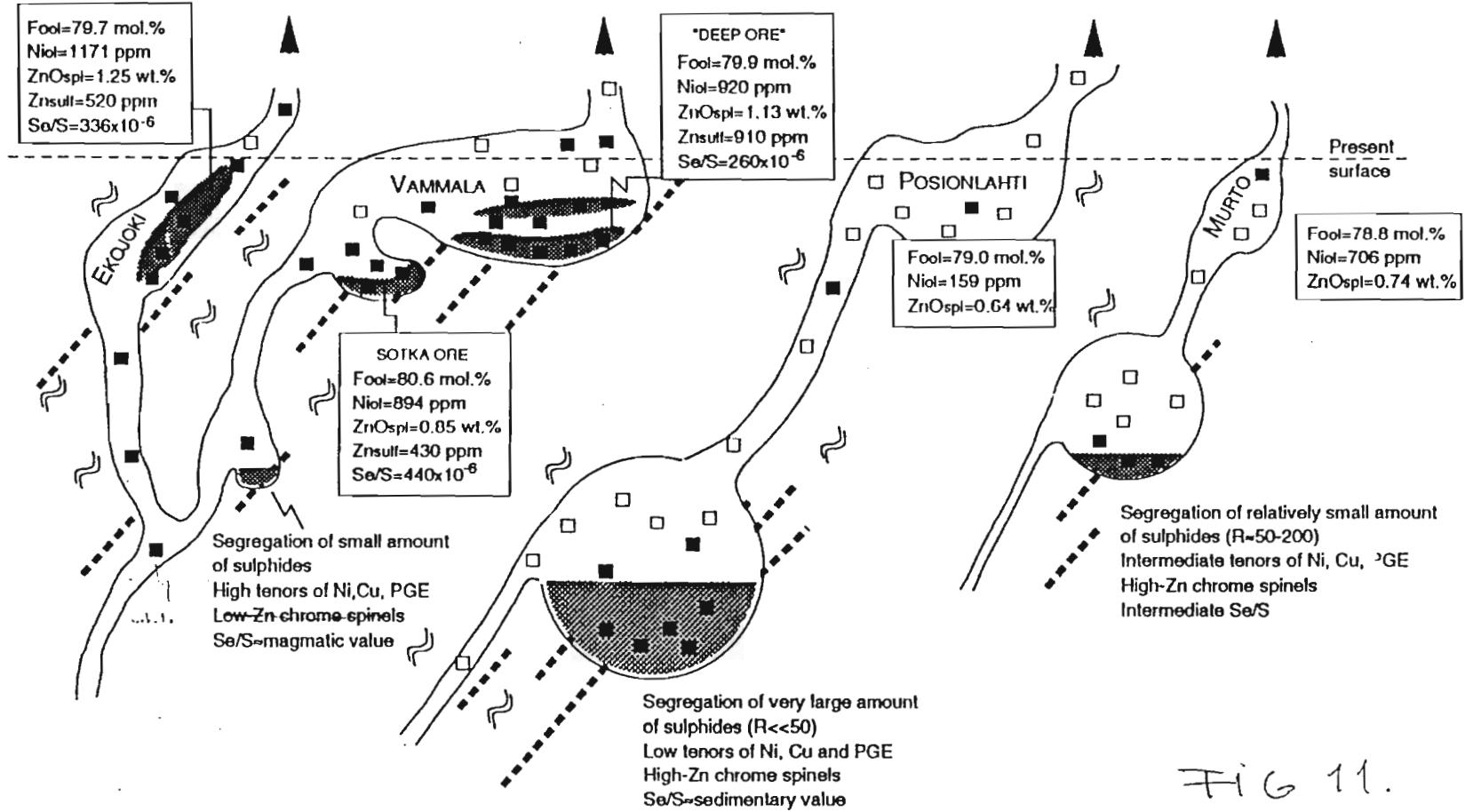


FIG 11.

TO FEED UPPER CRUSTAL INTRUSIONS

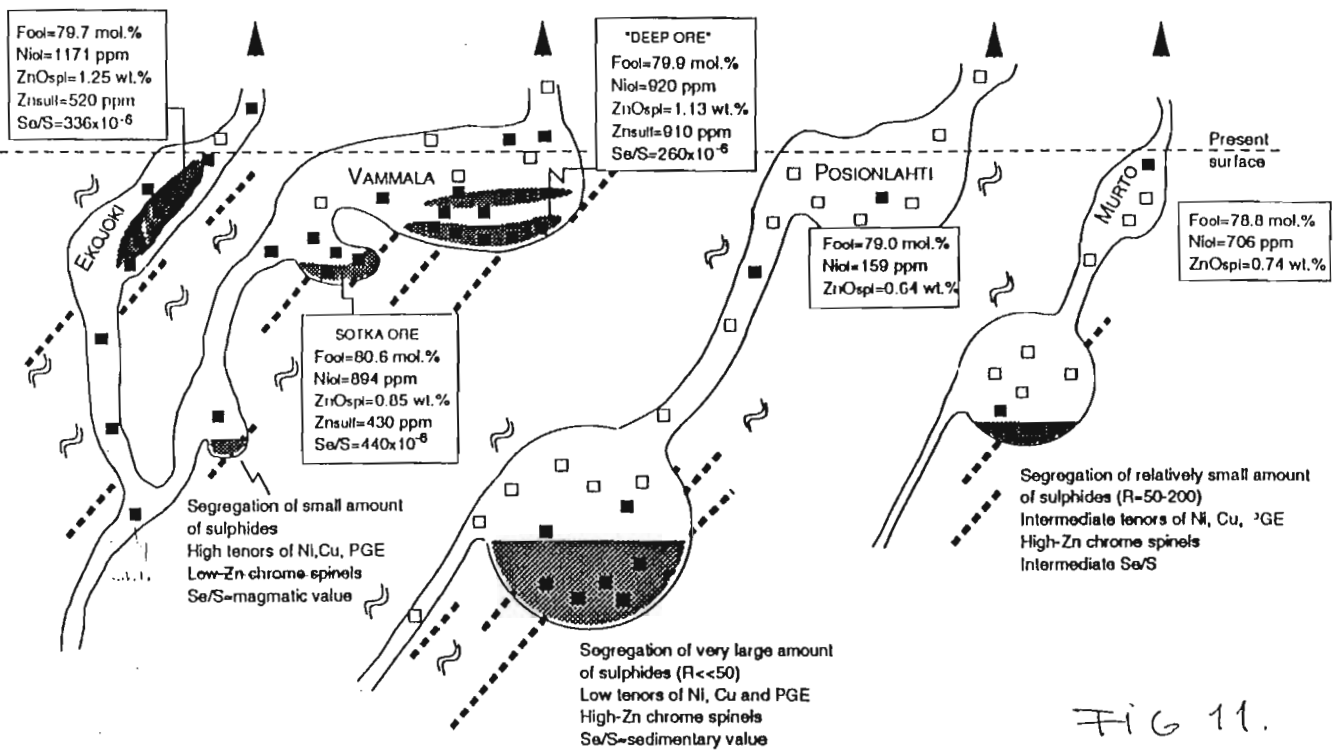


Fig 11.

Magma-country rock interaction and the genesis of Ni–Cu deposits in the Vammala Nickel Belt, SW Finland

P. Peltonen

Geological Survey of Finland, Espoo, Finland

With 11 Figures

Received September 27, 1993;
accepted January 31, 1994

Summary

Ultramafic cumulate bodies in the Vammala Nickel Belt, some of which host small magmatic Ni–Cu sulphide deposits, are remnants of synorogenic intrusions that were emplaced into the early Proterozoic Svecofennian arc terrane and became progressively boudinaged by continuing tectonic movements.

Mineral and sulphide compositions of mineralised Svecofennian intrusions require that sedimentary sulphides (0.5 wt.% Zn; $\text{Se/S} \approx 100 \times 10^{-6}$) played an important role in ore genesis. It is proposed that when ascending magmas encountered sedimentary formations containing abundant sulphidic black schists, they assimilated external sulphur, which led to the formation of an immiscible sulphide phase in the magma. The high Zn contents of interstitial sulphides (280–450 ppm) and liquidus chrome spinels (0.7–1.0 wt.%) indicate that the parental magma contained much more Zn than conventional assimilation processes would allow. Probably, S and Zn were selectively transferred by C–O–H–S fluids from the black schists into the cooling magma. Desulphidisation (involving conversion of pyrite to pyrrhotite) in the country rocks was driven by thermal energy provided by both the intrusions themselves and the concomitant regional metamorphism. Magma-country rock interaction during ore genesis is also indicated by the presence of minor phases such as graphite, ZnS, PbS, MoS₂, an unknown Re–Mo–Cu–Os sulphide and numerous tellurides among the Fe–Ni–Cu sulphides.

During the peak of regional metamorphism small felsic dykes intruded the cumulate bodies and remobilised the interstitial Fe–Ni–Cu sulphides into thin massive ore veins. Compared to interstitial ore, vein sulphides are depleted in Cu, Se, and Zn. Some Fe–Ni–Cu sulphides also migrated, probably due to regional strain effects, into the country rocks and mixed with sedimentary sulphides.

Those magmas that formed unmineralised intrusions had already intruded sulphidic black schists and assimilated external S and Zn prior to final emplacement, and had

Olivines in the mineralised and unmineralised intrusions have Fo contents between 76–82 mol.% (Fig. 3). All the analysed olivines are depleted in Ni when compared to the population of natural olivines equilibrated with sulphide-undersaturated magmas (e.g. 1800 ppm Ni at Fo₈₀; *Simkin and Smith, 1970*). In mineralised intrusions olivines from the sulphide-bearing cumulate units have higher Fo and Ni contents than olivines outside the ore. This finding is consistent with primary accumulation of the earliest olivines within sulphide-bearing units and conversely, is inconsistent with extensive subsolidus reequilibration of Ni between olivine and interstitial sulphides. At the time of accumulation all olivines were more magnesian due to the relatively high porosity of these cumulates. Solidification of trapped liquid (*Barnes, 1986*) shifted the composition of olivines to somewhat less forsteritic com-

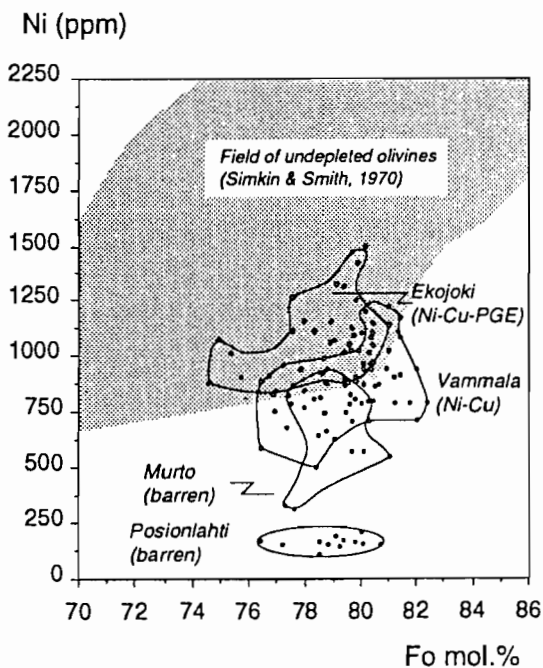


Fig. 3. Compositions of olivines compared with the field of olivines in equilibrium with sulphide undersaturated magmas (*Simkin and Smith, 1970*). Posionlahti analyses after *Vesanto (1989)*, others by this study

KESKUSTELUA

Seuraavaan on koottu kysymyksiä ja vastauksia eri esitelmien pohjalta. Keskustelu oli avointa ja vilkasta, ja vain osa keskustelusta saatiin kirjattua muistiin. (Otteen lipsuminen näkyy seuraavassa viimeisten alustusten kohdalla, todellisuudessa keskustelu oikeastaan vain kiihtyi loppua kohden). Korsmanin esityksestä on tähän kirjattu lauseita myös alustuksesta. Keskustelu on kronologisessa järjestyksessä.

Ekdahlin esitelmä

- Nironen: Kuka tekee tutkimusta orogeniavyöhykkeen kehityksestä, T&K, kartoitus vai hanke?

Ekdahl: Kaikki osallistuvat tutkimukseen osana tätä hankerypystä. Etsintästrategian pohjana on Suomen geologian mallinnus sisältäen maankuoren geotektonisen mallinnuksen sekä orogenian ja metallogenian kehityksen. Kaikessa on tutkimuksellinen ote, potentiaalinen arviointi, verkottuminen (myös yliopistot) ja etsinnän keskittäminen ovat tärkeitä

- **Korsmanin esitelmä (alussa koottu esitelmän antia, ks myös asiaa käsittelevä**

Korsmannin hyvä yhteenveto Peltonen & Korsman Turun yliopiston

Papunen-60-vuotis-julkaisussa)

- Edellä esitetty malli kaarikompleksista on tulkinnallinen, malleja voi olla useita. GGT-hankkeen mallia käytettiin Suomen kallioperäkartassa

- Svekofenninen kallioperä edustaa kuoren yläosan tasaista leikkausta (10 - 20 km syvyydeltä), samassa paineessa on sekä korkean lämpötilan ja matalan lämpötilan alueita (ks. Kilpeläisen vk.): esimerkiksi Tampere: matala T; Vammala: korkea T; Mouhijärvi: matala - kohtalainen T. Siispä MANNER-MANNER-tyyppistä törmäystä ei tavata

- Ni-intruusiot sijaitseva migmatiittialueilla (Aarnisalons malli), kun taas Au+VMS alhaisen metamorfoosiasteen alueilla

- malmit ovat ainakin osin tektonis-metamorfisia (epigeneettisiä), esimerkkinä Pajusen tutkimukset Pyhäsalmen alueelta

Kultamalmit sijaitsevat kalimaasälpä-sillimaniitti-isograadin alapuolella ja andalusiitti-stauroliitti-isograadin yläpuolella. Metamorfoosin etenemisen pysähtyi huokaisemaan KMAA-SILL-isograadilla, ja ennen metamorfoitumista oli ajanjakso erittäin voimakasta fluidin virtausta. Sen seurauksena on kullan voimakas esirikastuminen liittyen kullan varhaisen vaiheen liikkeellelähtoon/saostumiseen;

Nikkelistä on paljon tutkimuksia; esimerkiksi Vammala-Kylmäkoski syvä leikkaus, korkea metamorfoosiaste

- Ni-malmeihin tarvittava rikki saadaan ympäröivistä liuskeista

- Ni-kumulaatit samaa magmatismia kuin Tampereen alueen vulkaniitit: jos Vammalan alueella olisi matalampi leikkaus siellä olisi paljon vulkaniitteja (siis nyt ne ovat kuluneet pois!)

- Nvkvinen eroosiotaso = yläpinta johon viimeiset intruusiot asettuivat (n. 17 km), vähän vaihtelua,

Ni-malmit piilevät syvyyksissä

- Alueella on poikkeuksellisen hyvin tutkittu metamorfoosin ja tektoniikan suhdetta. Sen sijaan

malmiutumisen ja metamorfoosin tutkimusta on tutkittu vähän, joskin muualtakin sitä kuvattu niukasti. Tarvittaisiin malmimalli tältä pohjaltakin. Sovellettu ja kehitelty malminetsintään mm. Rantasalmen-Juvan alueella.

- Kannattaisikohan Vammalan alueella etsiä syvämalmeja? OKU kyllä kairasi paljon gravim. anomalioita, mutta mitään ei löytynyt. Seppo Elo vastaa: OKU:n työ jäi keskeneräiseksi, ei ole kairattu tarpeeksi. OKU:n profiilit pitäisi saada GTK:n geofyysikoiden tarkistettavaksi ja tulkittavaksi, jotta nähtäisiin mitä on selvitetty ja mitä ei. Tarmo Jokinen : alueella on tehty SAMPO-syväluotauksia.

Tiaisen esitelmä

- Korsman: Onkohan Kauvatsan alue (Lavia-Kiikoinen) väärää eroosiotaso?
- Ekdahl: Ni-etsinnän käyttämä malli olisi integroitava Korsmannin malliin
- Tiainen: Mallin testaamiseksi tarvittaisiin 3 miehen maastoryhmä (niiden lisäksi joita nyt on), jotta saataisiin selvitettyä 20 - 30 kohdetta/v. Siis intruusion paikantamiseen ja alustavaan prospektaukseen
- Tiainen: Lammi liittyy Kuohijärven vyöhykkeeseen, jossa Porrassalmen intruusio (ks. Lambergin gradu)
- Korsman: Vammalan alue serpentiiniytynyt ja peridotiitin tiheysarvo vaihtelee
- Elo: Tiheä pisteväli tuottaa tarkemman mittauksen ja maapeiteluotaus (maapeitten paksuuden varmentaminen) tarvitaan jos tiheyserot luokkaa 0.2 mGal

Rosenbergin esitelmä

- Nurmi: Valtavien Au-anomalioiden (moreeni) täytyy johtua Au:sta kalliosta. Björkdahlin luokkaa oleva esiintymä voisi olla mahdollinen, mutta tarvittaisiin iso kohdentavan Mr-geokemian ohjelma (Kärkkäinen: Etelä-Suomessa systemattisesti tihennettyä geokemiaa tehtiin aikoinaan vain Seinäjoen Sn-Sb-tutkimuste alueella ja Kuopiosta käsin, koskapa ESA:ssa ei koskaan ole ollut geokemian ryhmää tahi geokemistiä)
- Nurmi: olisi käytettävä RC-kairausta; Pekkala: jatkossa tulee
- Kärkkäinen: Mikä on metamorfoositutkimuksen mukaan erilaisilla Au-kartoilla näkyvä NW-SE-suuntainen vyöhyke? Korsman: NW-SE-suuntainen Au-vyöhyke on alueellismetamorfinen piirre, KMAA-SILL-isograadi. Rosenberg: NW-SE-suuntainen vyöhyke on muinainen syvämurrosvyöhyke, joka menee eri geotektoonsten/metamorfisten vyöhykkeiden yli ja läpi
- Saltikoff: Mantteliperäinenkö Au? (vrt. Ni!)

Jokisen ja Vallin esitelmä

- Makkonen: Onko Ni-kiisuuntumia, jotka eivät näy johteina?
- Jokinen: On, näkyvät IP:llä ja magnetisina
- Elo: Painovoimamittauksissa GPS-menetelmätestit onnistuneet hyvin, alle 2 cm:n tarkkuus. Vaikeutena on tiheä metsä. Paikannuslaitteisto maksaa 0.1 - 0.2 milj. MK. Kaksi asemaa, eli mittaukset kannattaisi tehdä kerrallaan pienillä alueilla

Nirosen esitelmä

- Korsman: Metamorfoosi stabiloitui hyvin nopeasti Tampereen alueella; 1880 Ma, samoin Raahe-Laatokka-vyöhykkeellä (1885 Ma piikki). Etelä-Suomessa metamorfoosi paljon nuorempi, vaikka deformaatio hyvin samankaltainen
- Ekdahl: Kaaren itäreuna? Nironen: Sulkavan alueella on doomi-rakenne, sedimentit selvästi kasaantuneet
- Kontoniemi: Mikä on 1850 Ma magmatismi? Vastaus: paikallinen

Grönholmin esitelmä ^(*)

- Nurmi: Kutemajärvi ei ole tyypillinen Svekofenninen esiintymä. Enäsen Ruotsissa samantyyppinen. Ei näy Mr-geokemiassa.

- Nironen: Kvartsiutuminen runsas, piippuje ympärillä ANDA(-TOPA) (sisempi) ja ulompana Klor-SERI; monivaiheinen kvartsiuonten muodostus

Nurmi: Tässä laaja-alainen, satojen metrien muuttumisvyöhyke; esimerkiksi Jokisivun ympärillä ei ole muuttumisvyöhykettä

Lahtinen: Muuttuminen menee läpi Treen liuskevyöhykkeen. Siispä, miten näkyvät

muuttumispiiput, joissa on Au? Grönholm: Kvartsi määrä kasvaa (ja ehkä fluidisulkeumissa)

Haapala: Matti Poutiaisella hyviä tuloksia fluiditutkimuksista, esimerkiksi kvartsin eheytyneissä raoissa on fluidisulkeumataso+Au. H.Y:SSä meneillään Treen alueen fluiditutkimukset (CH4) (ks. ECON GEOL 1997)

Appelqvist: GTK:ssa on mikroskoopin varustuksen 'murskauslaitteisto', jossa näkee kvalitatiivisesti onko vaiko ei CO₂

Kontoniemen esitelmä

- Kojonen: Jo lohkarista pitäisi alkuvaiheessa määrittää mineralogia. Saataisiin mm. käsitys alkuaineista, joita voi käyttää Mr-geokemiassa

- ~~Morren: geokemialk~~ vaiheita paikantaa esiintymä

x) Orijärven esiintymä: - 5 piippua, 11 Mt 9ppu Au

- seris. kvartsiitit, apatiti- andalusitiitit.
topaani-kvartsiitit

- voimakas deformaatio, piiput lineatio-
suuntainen, metamorfitei rikastunut

— L O P P U —

TUTKIMUS JA MALMINETSINTÄ

- Tutkimuksen tavoitteena on Suomen geologinen mallinnus, joka luo teoreettista pohjaa ja tukee etsintätoimintaa. Tutkimuskohteina ovat kallioperän kehityksen kannalta keskeisimmät ja samalla malmipotentialisimmat kokonaisuudet.
- Malminetsintä suuntautuu entistä enemmän pintaan puhkeamattomien esiintymien löytämiseen, jolloin malmeja muodostavien prosessien ja kallioperän tektonisen kehityksen ymmärtäminen ja mallintaminen muodostuvat tutkimuksen keskeisiksi haasteiksi.
 - Luotettava geotektoninen mallintaminen edellyttää syväseismistä heijastusluotausta.
 - Malmimallien laatiminen keskittyy Vihanti - Pyhäsalmi- sekä Outokumpu-tyyppisiin malmeihin ja kultaesiintymiin.
 - Suomen metallogeeninen kartta uudistetaan.
 - Uuden teknologian kehittämisalueita ovat lentogeofysiikka, GeoNickel -ohjelma, lito-geokemia ja seisminen heijastusluotaus.
 - Aktiivisella markkinoinnilla luodaan edellytyksiä investoinneille.
 - Ulkopuolisella, erityisesti EU:n ja Tekesin kautta tulevalla rahoituksella vahvistetaan kehitystyötä ja tuotteistamista.

- GTK:n malminetsinnälle asetetaan uusi rooli. Sen tehtävänä on luoda tutkimuksellinen tietoperusta malmipotentialisiin muodostumiin suuntautuville etsintäinvestoinneille.
- GTK:n malminetsintä tuottaa malmiprovinssien kehitykseen liittyvää tietoa sekä malmiaiheita, jotka luovutetaan heti kun tutkimuksille on nähtävissä ulkopuolista kiinnostusta ja rahoitusta.
- Malminetsinnässä keskitytään otollisimpien alueiden tutkimiseen. Teollisuusmineraalisektoria vahvistetaan olennaisesti.
 - Etsintätyössä korostetaan tutkimuksellista otetta.
 - Malminetsintähankkeiden tavoitteena on selvittää suuria geologisia prosesseja tai rakenteita ja niiden malmipotentialia.
 - Aiheiden jatkotutkimuksissa tulee voimakkaasti kehittää ulkopuolisia rahoitusmahdollisuuksia. Samalla huomioidaan käyttäjänäkökulma jo varhaisessa vaiheessa.
 - Vahvuuksia ovat tiimityöskentely, GIS-osaaminen ja verkottuminen.
 - Tutkimukseen ja mallintamiseen perustuva malminetsintä tarvitsee ulkopuolisia kairaus- ja mittauspalveluja 10 Mmk vuodessa. Mallinnustyön onnistuminen edellyttää erityisesti geofyysikkojen ja geofysikaalisen tulkinnan lisäämistä käytännön tasolla.

SVEKOFENNINEN NIKKELI JA KULTA

"Länsi- ja Etelä-Suomen kaarikompleksi"

Matinlahti 13.5.1998

KOKOUKSEN TAVOITTEET

- **Länsi- ja Etelä-Suomen kaarikompleksi?**
- **Onko alueella riittävä potentiaali?**
- **Ni- ja Au-malmien etsintään liittyvät teoreettiset perusteet**
- **Nikkelin ja kullan etsinnän keskeiset parametrit**
- **Strategia ja voimavarat**
- **Verkottuminen**