

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

M10/92/3

Savukoski

Sokli

Heikki Paarma

30.6.1992

**ITÄ-LAPIN JA SOKLIN ALUEEN MALMIPOTENTIAALIN
ARVIOINTIA**

1. Tausta

Tässä raportissa esittämäni asiat perustuvat aloittamieni ja johtamieni Soklin tutkimusten aikana, vuosina 1967-1978 kertyneeseen ja myöhemminkin kokoamaani aineistoon. Kun Rautaruukki Oy lopetti Soklin tutkimukset vuonna 1978, jäi sekä massiivin sisällä että sen ulkopuolella sijaitsevia malmiaiheita tutkimatta. Kun lähinnä Geologian tutkimuskeskuksen toimesta ko. aluetta kattavaa tutkimusaineistoa kertyi koko ajan lisää, syntyi siihen perustuen tarvetta tehdä tarkennettu malmipotentialiarvio sekä ehdotus malminetsintätoimenpiteiksi. Kun olen ollut projektin "kaukokartoitusmenetelmien kehittäminen geologisessa tutkimuksessa" ohjausryhmän jäsen, tärjoutui tässä yhteydessä mahdollisuus uudelleenarviointiin myös tämän kertyneen tutkimusmateriaalin pohjalta.

2. Käytössä olleesta aineistosta

Koska useat Itä-Lappia koskevat malmipotentialiin liittyvät näkemykset ovat luonteeltaan rakennegeologisia, ei ollut syytä rajoittua käyttämään vain rajatun Soklin alueen tietoja, vaan yhtä hyvin huomattavasti laaja-alaisempaa materiaalia. Näin tehtiin myös silloin, kun Soklin massiivi ja etelämpää Laivajoen ja Kortejärven karbonaattiesiintymät löydettiin.

3. Kantalahden syvämurroksen jatke

Venäläisten yleiskarttojen perusteella Kantalahden syvämurros jatkuu kaakkoon läpi koko Euroopan puoleisen Venäjän. Tästä syystä on aina ollut aiheita kysyä, onko tällä murroksella jatkeensa myös Fennoskandian kilvellä, siis läpi Suomen Lapin. Liitteessä 1 on vahvennetuilla mustilla katkoviivoilla ja liitteessä 11 valkoisella viivalla esitetty eräitä jatkumista kuvaavia mahdollisuuksia. Alkalikivijono I-J (liite 1) voi jatkua Soklilta lounaaseen. Toinen mahdollisuus on, että jatketta pitäisi hakea seismotektonisin menetelmin. Kun otetaan huomioon episentrumit (liitteessä 1 on esitetty tärkeimmät), voisi jatkuminen noudattaa liitteen 1 suuntia A-B tai C-B. Suunnan I - J puolesta puhuu liitteen 5 painovoimakartta.

Edellä mainitut tektoniset lineamentit on esitetty liitteessä 12 mittakaavassa 1:1 000 000 peitepiirroksena Suomen lähi-inframosaiikille. Kuten liitteestä 13 nähdään, sijaitsee norjalainen Stjernöyan alkalikivimassiivi lineamentin C-B jatkeena. Tämän lineamentin varrella (liitteen 12 kohdissa I ja II) on lähi-inframosaiikilla heijastumamaksimi eli todennäköinen kasvillisuusrehevöitymä. Kuvankäsittelyprojektin loppuraportissa sivulla 32 kuvattu Paatarijärven geokemiallinen fosforianomalia on ohjannut esitystapaani, mutta tämä uusi anomalia saattaa antaa aiheita tutkia Kantalahden syvämurroksen jatkeita entistä ponnekkaammin. Huomionarvoisia ovat myös liitteen 13 geokemialliset anomaliaot.

Vaikka Sokli liittyykin selvimmin Kantalahden syvämurrokseen, on silti huomionarvoista, että massiivi sijaitsee usean syvämurroksen risteysalueella. Tässä mielessä voidaan tarkastella liitteissä 1 ja 6 esitettyä lineamenttia G1-G2-H. Lineamentti G2-H on epävarma ja perustuu paitsi Soklin alueen lämpökanavalla otettuun satelliittikuvaan (liite 8) myös Kuolan alueen tektonisiin tietoihin (Negrutza, 1978, kuva 3b).

4. Submeridiaaniset syvämurrokset

Viime vuosien aikana olen selvittellyt pohjois-eteläisten syvämurrosten metallogenista merkitystä. Tässä suhteessa kiinnitän huomiota liitteen 3 aeromagneettisen kartan lineamentiin D-E, jonka paikka on myös osoitettu liitteissä 1, 2A ja 4. Tähän murrokseen voi liittyä prekambrisia intruusioita (kts. Ni-lohkare liitteessä 2A). Liitteen 3 lineamentin D-E varrella on useita magneettisia anomaliaita, jotka vaatisivat huomiota maanpintatutkimusmenetelmin. Saattaa olla kuitenkin rohkeata olettaa, että lineamentin D-E jatke pohjoisempaan edustaisi Kuolan Ni-malmialueen länsirajaa (vrt. liite 7) Tämän mukaan projektin tutkimusalue komatiitti- ja Ni-lohkaretietoineen on kiinnostava Ni-malmien etsinnän kannalta.

Liitteen 2B mukaan submeridionaalinen murrossysteemi (A - B) voi jatkua etelään Onkamojärven tasalle.

Liitteestä 9 käy selville, että Soklin massiivia lohkaa useampi murros. M. Punkarin prosessoimasta väärävärisestä satelliittikuvasta (liite 10) ilmenee terävä submeridionaalinen lineamenti E - F, jota vastaava murros on liitteessä 9 Soklin feniittialueen itäosaa leikkaavana. Tällaisilla mahdollisilla nuorilla murroksilla voi olla malminetsinnällistä merkitystä haettaessa nuoria rapautumia laajalla alueella Soklin ympäristössä.

5. Soklin alueen malmimahdollisuuksista

Kuvankäsittelyprojektin värillinen magneettinen kartta (loppuraportin sivulla 27) tuo esille Soklin massiivin ympärille laajan magneettisen rengassysteemin, jonka läpimitta on n. kaksi kertaa suurempi kuin massiivin läpimitta. Vastaavanlaisen laajahkon ympyrän näemme myös radioaktiivisen aineiston osoittamana (vrt. liite 9). Feniittialueella on useita pienialaisia ympyräkuvioita vääräväri-ilmakuvilla (liite 14, värikuvapienenös fotogeologi Dolivo-Dobrowolskin tulkintakartasta, jonka originaali on Kemira Oy:n hallussa). Matalalentomittauksessa, jonka linjaväli on 200 metriä näiden kuvioden kohdalle ei todennäköisesti ole aina osunut lentolinjaa. Siten feniittialueen radioaktiivinen tutkimus on puutteellinen, kun lisäksi otetaan huomioon, että mittaushavainnot on rekisteröity liukuvasti sekunnin välein.

Koko sen ajan, kun Soklin massiivia tutkittiin, oli olemassa eriäviä mielipiteitä siitä, merkitseekö aeroradioaktiivinen häntä välillä Ainijärvi-Kaulusharju paikallista mineralisaatiota vai onko radioaktiivinen aines kulkeutunut Soklilta. Kummankin vaihtoehdon puolesta löytyy perusteita. Fotogeologi Dolivo-Dobrowolski (liite 14) kiinnitti huomiota paikallisiin mahdollisuuksiin saaden tukea geohotaanisista havainnoista. Kun alueella glasiodynamiikka on heikkoa, tulisi radioaktiiviseen häntään suhtautua vakavasti, varsinkin kun tämä kuuluu osana Kantalahden syvämurrokseen (liite 9, lineamenti A-B).

Yksityiskohtana todettakoon, että heikko magneettinen anomalia on Kaulusharjun kohdalla samassa kohtaa kuin uraani- ja thoriummaksimit (kts. liite 9). Liitteessä 9 on osoitettu mahdollisuus, että Ainijärven kohdalla on pohjois-eteläinen oikeakätinen strike slip siirros (liite 9, C-D). Soklin eräitä siirrosnäkemyskuvia edustavat liitteen 9 lineamentit A-B, C-D, E-F, G-H, I-J ja K-L. Ehkä tarkemmalla tektonisella analyysillä saataisiin selvyttä esim. siihen, onko radioaktiivinen häntä tensionaalisessa asemassa.

Liitteeseen 9 on merkitty tunnetut fosforiesiintymät. Matalennon osoittamat sähköiset imaginäärikentän anomaliat muodostavat oman renkaansa. Kyseisiä anomaliaita on myös ulkopuolella

Soklin massiivin. Vaikka sähköiset anomaliat eivät mitenkään selvästi korreloi fosforirapaumien kanssa, olisi silti aiheellista huolellisesti selvittää, mitä merkitsevät kyseiset sähköiset anomaliat esim. liitteen 9 linjalla I-J. Tämä Matinlaakson ruhje on samalla kasvillisuusrehevöitymä.

Paatarijärven fosforianomaliaan liittyy myös La-anomalia. Valitettavasti Soklin alueelta ei ole tiettävästi sellaista geokemiallista karttaa, joka esittää alkuaineiden P, Nb, La, Th, Zr ja Ta jakautuman. Ehkä pitäisi analysoida myös Ag moreeninäytteistä, koska Soklin kuparikiisu on hopeapitoista. Pitäisi myös tarkistaa, sisältyykö Törmäojan geokemialliseen kuparianomaliaan anomaalista hopeapitoisuutta (vrt. liitteessä 9 kuparin merkki Törmäojan eteläpuolella).

Vuosi sitten sain pietarilaiselta geologilta kirjallisuustietoja venäjänpuoleisista kimberliittitutkimuksista. Tiettävästi kimberliittiesiintymä on löytynyt Kantalahden syvämurroksen jatkeelta Vienanmeren itäpuolelta. Aikanaan suunniteltiin kimberliittietsintöjen aloittamista mm. erikoisilmakuvauksia käyttäen. Tämän idean toteuttaminen kannattaisi ottaa uudelleen harkittavaksi. Eräs tehtävä olisi selvittää, ovatko murroksen A - B (liite 9) raskasmineraalifraktioiden rutiili ja granaatit (M. Pertusen suullinen tieto) kimberliittiperäisiä.

Soklin alueella on eräitä selviä kohteita, joiden tutkimukset ovat jääneet kesken. Myös kokonaan kairaamattomia aiheita on. Tärkeää on jatkaa tunnettujen esiintymien hyväksikäytön tutkimuksia. Aiemmissa hyväksikäytön tutkimuksissa ei juurikaan tähtäimessä ollut käyttää hyväksi metamiktisesti hajonneiden mineraalien liukenemisominaisuuksia. Kun Soklin harvinaisia alkuaineita (Nb, Ta, Zr, RE, U) sisältävistä mineraaleista ei saatane hyvälaatuisia rikasteita, on taloudellisessa mielessä mahdollinen tie pyrkiä tuottamaan vähintään puolijalosteita.

Mielestäni Soklin tulevaisuus kaivoksena ei ole riippuvainen yksistään rapautumalla syntyneestä fosforimalmista, joten muut hyödyntämismahdollisuudet olisi selvitettävä perusteellisesti. En puutu näihin asioihin lähemmin, koska oletan Kemira Oy:n olevan hyvin tietoinen Soklin massiivin mahdollisuuksista. Soklin aikaisemman etsintävaiheen jälkeen on malminetsintämenetelmiä voimakkaasti kehitetty ja uusia keinoja pitäisi kohdentaa myös Soklin massiivin sisälle.

6. Uusista malminetsintämenetelmistä

A. Satelliittiaineisto

Landsat satelliittikuvien materiaalia on saatavissa seitsemällä eri kanavalla. Yhdistämällä ne valmiudet, joita on GTK:ssa, Maanmittaushallituksessa ja muissa laitoksissa saataisiin mahdollisuus lähestyä niiden malmikriittisten syvämurrosten tutkimusta, joista alussa oli puhe (vrt. liitteet 1 ja 12). Kuvankäsittelyprojektin suunnitelmiin ei kuulunut hankkia sellaista karttojen filmitulostinta, jollainen Suomessa on vain Maanmittaushallituksella, mutta tiettävästi GTK:n Pohjois-Suomen aluetoimiston suunnitelmissa on jatkaa kuvankäsittelyn kehittämistä hankkimalla tällainen tulostin.

Kuvankäsittelyprojektin aikana ei onnistuttu hankkimaan lämpökanavalla otettuja NOAA-satelliittikuvia. Käytettävissäni on ollut Soklilta Landsat satelliittikuva kanavilla kuusi ja neljä. Näitä vertaamalla voi havaita esimerkiksi, että lämpökuvassa rehevä Soklin alue on kuvausolosuhteissa "viileä" erotuksena "kuumista" avohakkuualueista. Olen ehdottoman varma siitä, että sekä yöllä että päivällä otettujen lämpökuvien avulla saataisiin arvokasta tietoa myös ekogeologisista ongelmista.

Ylläsanotun perusteella tuntuisi olevan paikallaan uudestaan yrittää hankkia kokemusta paitsi Landsat lämpökuvien käytöstä, myös NOAA-kuvien käytöstä. Maankamaran tutkimus termisellä säteilyalueella on maassamme hoitamatta. Tätä aihepiiriä voin pyydettäessä esitellä tarkemmin.

B. Ilmakuvaus

Kuvankäsittelyprojektin aikana ei onnistuttu saamaan uusia väärävärivuvia yläkorkeudesta kuvattuina, mikä johtui huonoista sääolosuhteista. Mm. rehevöitymiä automatiikalla etsittäessä voitaisiin paikantaa karbonaattiteja tai fosforipitoisia alueita. Viittaan tässä julkaisuun Paarma et al., 1968 ja raporttiini vuodelta 1989.

C. Helikopterin käyttö aerogeofysikaalisessa mittauksessa

Saamani tiedon mukaan helikopterimittausten tutkimuskustannukset ovat noin 500 mk/linjakilometri. Kustannukset ovat siten puolet halvempia kuin maanpintamittaukset edellytettäen, että helikopterimittausalaa on 25 km². Jos maassamme olisi helikopterimittauslaitteisto, alenisi alueen kokovaatimus jopa viidennekseen. Matalalentomittauksessa lentolinjojen väli on normaalisti 200 m. Helikopterimittauksessa linjaväli voi olla 50 m paikantamistarkkuuden ollessa +/- 5 m. On aivan ilmeistä, että helikopterimittauksella voidaan korvata huomattava osa maanpintamittauksesta.

Suosittelen harkittavaksi Soklin alueen helikopterimittausta riittävän laaja-alaisena. Tällainen mittaus voitaisiin toteuttaa kytkemällä samaan projektiin muita kohteita.

D. Geofysikaaliset maanpintamittaukset

Rautaruukki Oy:n aikaisten syväkairausten viimeisessä reiässä löytyi uudentyypinen Cu-Nb-La mineralisaatio. Venäläisellä syvä sähköisellä MPP-laitteistolla saatiin viitteellinen tieto syvällä olevasta sähköjohteesta. Syvä sähköisten menetelmien kehitys on viime vuosina ollut nopeaa myös reikämittauksissa. Tämä puoltaisi massiivilla suoritettavaksi syvä sähköisiä mittauksia. Tämä voi olla vaikeata myöhemmin, jos alueelle rakennetaan esimerkiksi sähkölinjoja. Viittaan tässä geologilehdessä ilmestyneeseen artikkeliini (Paarma, H., 1986. Malminetsintää kaivosten lähiympäristössä tulisi tehostaa. *Geologi* 7, ss. 175-177).

E. Kuvankäsittelyprojektin prosessoiman geofysikaalisen matalentoaineiston alueellinen laajentaminen

Kuvankäsittelyprojektin saavutuksia voidaan luonnollisesti soveltaa Pohjois-Suomen alueella monissa kohteissa. Rohkenen kuitenkin suositella projektin raportissa sivulla 27 olevan magneettisen kartan lisäksi tuotettavaksi vastaavat aerogeofysikaaliset kartat tai näiden kombinaatiot malminetsinnän kannalta tärkeimmistä kohteista. Näistä kohteista tarkemmin yhteenvedossa.

F. Atmogeokemialliset mittaukset

Syksyllä 1989 suoritti tsekkiläinen tutkimusryhmä atmogeokemiallisia testimittauksia mm. Naruskan alueella. Tuloksia tästä työstä on esitetty Vuorimiesyhdistyksen raportissa n:o 93/1990,

sarja A. Koska tavatut anomaliat olivat samanluontoisia kuin Böömissä tavatut Karlovyvaryn vastaavat anomaliat (tri Krcmar:n antama suullinen tieto), on mahdollista, että atmogeokemiallisilla keinoilla saataisiin lisätietoa Itä-Lapin ja Soklin alueen murrostektoniikasta ja uutta tietoa Au-etsinnän tueksi.

7. Landsat S:n TM-kuvan tulkinta

Projektin tutkimusalueelta on käytössäni ollut Landsat 5:n TM-kuva 870720 sekä kanavalla 4 että 6. Lämpökanavan (kanava 6) kuva on korkealaatuinen eikä siinä ole aiemmin kovin yleistä antennihäiriöistä johtuvaa viivausta. Liitteessä 8 esitetyn tulkinnan olen tehnyt tutkimalla näitä kahta kuvaa yhtäaikaan. Tulkinnan tueksi olen verrannut tulosta 1: 1 000 000 mittakaavaiseen lähi-infra-mosaikkiin.

Soklin karbonaattiinmassiivin alue heijastaa voimakkaasti lähi-infraa. Soklin alue onkin laajin lähi-infra-anomalia kuvan alueella. Lämpökuvassa jossa kylmimmät alueet, kuten vesistöt kuvautuvat mustana, Soklin alue kuvautuu tummanharmaana eli viileämpänä kuin vesistöt. Lämpimät alueet ovat avohakkuualueita ja kuvautuvat satelliittikuvassa valkoisina läiskinä.

Pelkästään visuaalisella tarkastelulla on helppo löytää säteilyominaisuuksiltaan samanlaisia kohteita kuin Sokli. Ne on merkitty liitteeseen 8 numeroilla 1-12. Lähi-infraa heijastava osa on osoitettu pisteiviivalla. Rehevöitymää ympäröivä todennäköinen rengasmainen kuvio on osoitettu ehjällä viivalla.

Yhteistulkinnalla saadaan esille todennäköiset lohkorajat A-B, C-D, ja E-F (liite 8). Näiden lohkojen rajat jatkuvat sekä länteen että itään, kuten liitteessä 1 on kaaviollisesti esitetty. Soklin eteläpuolella on tosin, paremmin SPOT-satelliittikuvasta erottuva elliptinen kuvio. Tämä on liitteeseen 8 merkitty katkeilevana katkoviivaisena nauhana. Lisäksi tulkintakartta on merkitty pienemmän kertaluokan murroksesta vain lineamentit H-I ja J-K.

Kun Soklin tutkimukset 60-luvulla aloitettiin, oli tiedossa, että Savukosken itäosassa oli geomorfologisilta kartoilta ja ilmakuvilta havaittavissa tavallista runsaammin ympyräkuvioita. Liitteessä 8 esitetyt tällaiset kuviot ovat oletettavasti vain osa kokonaisuutta. Näin ollen on arvailujen varassa, liittyvätkö liitteen 8 ympyrämäiset rakenteet edellä mainittuun ellipsiin tai esitettyihin lohkorajoihin. Morfologista tulkintaa olisi syytä laajentaa eritoten Kantalahden syvämurroksen suunnassa.

Suosittelen esitettyjen rehevöitymien tutkimista geokemiallisin menetelmin käyttäen apuna muuta aineistoa. Loitsonlammesta noin 3 km länteen sijaitseva Matinlaakso olisi pidettävä mielessä yhtenä kohteena samoin kuin Soklilta pohjoiseen ulottuva uloke 10.

TM-kuvia on saatavissa seitsemällä eri kanavalla. Modernilla kuvatulkinnalla saatetaan kaikkia kanavia käyttäen päästä tarkempiin tuloksiin. Silloin tulisi satelliittikuvat oikaista ja saattaa ne valtakunnan koordinaatistoon. Tämä takaisi yhteistulkinnan muun materiaalin kanssa. Tähänhän projektityö on luonut edellytykset. Sivutuotteena haluan lisäksi korostaa, että hyvässä kunnossa oleva kasvillisuus näyttäytyy lämpökuvassa harmaana ja hakkuualueet ovat ilmeisesti päivällä otetussa lämpökuvassa epänormaalisti lämmenten. Kun ja jos hakkuualueelta puuttuu kosteutta sitomaan auringon lämpöenergiaa, voi hakkuualueella yöaikana lämpötila laskea kesäisin lähelle pakkasrajaa. Sietävätköhän mikrobit, pieneliöt ja luonto yleensä näin suurta lämpötilan vaihtelua vuorokauden puitteissa? Kannattaisi hankkia yöllä otettuja lämpökuvia. Tuolloin olisi mahdollis-

ta yrittää tuottaa lämpöinertiaa esittäviä kartoja. Tällaisista kartoista saattaisi olla hyötyä moniin tarkoituksiin. Sama koskee NOAA-sääsatelliittikuvia, joita jatkuvasti tuotetaan Suomen alueelta eri vuorokauden aikoina.

Yhteenveto

Kuvankäsittelyprojektin tutkimusalue on edelleen malminetsintämielessä puutteellisesti tutkittu, mikä koskee myös Soklia ja yhtä hyvin alkalikivikoriopleksien, karbonaattien ja jopa kimberliittien etsimistä. Tämän johdosta suosittelen seuraavia toimenpiteitä (vrt. rengastetut numerot liitteissä). Suositusten taustana Soklin ja sen lähiympäristön osalta on mm. se, että alkuaineiden niobi, tantaali ja zirkonium osalta tilanne voi olla tulevaisuudessa nykyistä edullisempi mm. "high technology"-käyttöjen ansiosta.

1. Kaulusharjun radioaktiivisen anomalian tutkiminen (ks. liite 9).
2. Helikopterimittaus Soklille.
3. Soklin Cu-, Nb-, La-aiheiden syväsähköinen mittaus, kairauksen jatkaminen ja kairausreikien sähköinen luotaus.
4. Soklilta länteen (ks. liite 2) sijaitsevan Ni-lohkareen emäkallion paikantaminen.
5. Liitteessä 3 osoitetun rutiililohkareen emäkallion etsintä.
6. Liitteessä 3 osoitetun murroksen D-E eteläpäässä olevien magneettisten anomalioiden tunnustelukairaus.
7. Liitteessä 12 Soklin koillispuolella sijaitsevaan rengaskuvioon (ks. liite 10) liittyvän aeroradioaktiivisen U-, Th-, anomalian tutkiminen (ks. projektin radioaktiiviset matalalento-kartat).
8. Satelliittiaineiston käyttäminen Kantalahden syvämurroksen jatkeen tutkimukseen (vrt. liite 12).
9. Soklin ja Paatarijärven väliseltä alueelta superyläkuvauksen toteuttaminen väärävärifilmille topograafikunnan avulla menetelmäkokeiluna. Vaihtoehtona liitteen 8 itä-läntinen vyöhyke.
10. Projektin alueen kattava aerogeofysikkalisten, geokemiallisten ja muiden karttojen avulla tapahtuva alueen tunnettuihin malmiaiheisiin lukeutuva analogisten malmikohteiden paikantaminen.
11. Liitteessä 2B osoitettujen ongelmien tutkiminen.

Luettelo voitaisiin todennäköisesti jatkaa ja löytää ehkä ajankohtaisempiakin tutkimuskohteita, jos allekirjoittaneella olisi ollut aikaa ja mahdollisuuksia perehtyä Pohjois-Suomen aluetoimiston ao. materiaaliin. Käytettävissäni ei ole ollut sitä Rautaruukki Oy:n aineistoa, joka on Outokumpu Finnmines hallussa. Tiedän kuitenkin, että raskasitiineraaliprospektauksessa tuli esille mm. W-, Zr-, Au-anomalioita. Rautaruukki Oy:n volframitutkimuksessa havaittiin Sallan Naruskan suun-

nalla kerrosten kaateiden olevan usein loiva-asentoisia. Aero-aineiston tulkinnassa tämä tulisi ottaa huomioon.

Lopuksi pyydän kiittää projektiin osallistuneita henkilöitä hyvästä yhteistyöstä ja käyttöön saamastani arvokkaasta aineistosta. Epäilemättä projektin saavuttamia arvokkaita tuloksia tulisi käyttää mm. Lapin platina- tai kultatutkimuksissa sekä maaperä- ja kallioperäkartoitustehtävissä. Erikseen on vielä syytä todeta, että projektin kehittämää metodiikkaa voidaan käyttää myös ekologisiin tarkoituksiin täydennettynä tarvittaessa termisillä kuvauksilla (hakkuuaukeiden ekologia, kasvualueiden harkitsemaan kuivaus).

Kirjallisuusluettelo

- Aarnisalo, J. 1978: Use of satellite pictures for determining major shield factures relevant for ore prospecting, Northern Finland, Geologinen tutkimuslaitos, tutkimusraportti No 21, Pp. 159, Espoo.
- Korhonen, J. & al. 1989: Maps of Northern Fennoscandia, exposition of Nordkalott maps, 28th IGC, July 9 - 14, 1989 Washington, D.C., USA., pp. 1-28. Espoo, Finland.
- Korhonen, J. 1991: Geophysics of the earth crust. Ed. Autio, S., Geological Survey of Finland, Special paper, pp. 195-200, Espoo, Finland.
- Laitinen, J. 1988: Soklin karbonaattimassiivin alueen kasvipeite ja sen luonnonsuojelumerkitykset. Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos.
- Latham, EM. , Grye G. 1973: Metallogenic significance of Alaskan geostructures seen from space: Proceedings, 8th Internat. Symposium on Remote Sensing of Environment. Ann. Arbor., Mieli., pp. 1209-1211.
- Mayo, E. B. 1958: Lineament tectonics and some ore districts of the Southwest. Mining eng., Vol. 10, pp. 1169-1175.
- Negrutsa, V. Z., 1978: Baltian kilven Prekambrin malmikriittisyyden geologiset edellytykset (Ven.). Min. Geol. RSFSR, Moskova.
- Paarma, H., Raevaara, H., Talvitie, J. 1968: On the interpretation of ektachrome infrared aerial film type 8443 photographs used in mineral reconnaissance and geological surveys, the photogrammetric journal of Finland, Vol. 2, No 2, pp. 1-22, Helsinki.
- Paarma, H., Talvitie, J. 1977: Deep factures - Sokli carbonatite: Proceedings of a FinnishSovjet Symposium held in Finnland, 20th - 24th September, 1976. Ed: Kortman C., pp. 89-96.
- Paarma, H. 1989: Soklin alueen väärävari-ilmakuvien digitaalinen kuvankäsittely. Tutkimusselostus Tönningsäätiölle, ss. 1-22, Oulu.
- Paarma, H. 1990. Atmogeokemiallisista mittauksista Naruskan alueella syyskuussa 1989. Vuorimiesyhdistys r.y.:n raportissa n:o 93, sarja A, sivut 81-83 ja kuvat sivut 140-143. Helsinki.

Sabins, F.F. 1980: Interpretation of thermal infrared images. In: Remote sensing in geology. Siegal, B., Gillespie, A., ed. John Wiley & Sons N.Y., chapter 9, pp. 275-295.

Talvitie, J. 1979: Remote sensing and geopotanical prospecting in Finland. Bull. Geol. Soc. Finland 51, pp. 63-73. Helsinki.

Kaukokartoitusmenetelmien kehittäminen geologisessa tutkimuksessa-projektin loppuraportti. Geologian tutkimuskeskuksen arkisto.

RAETSU-projektin aineisto. Geologian tutkimuskeskuksen arkisto.

GRAVIMETRISTEN KENTTIEN ALUEJAKOKAAVIO

Mittakaava 1:5 000 000

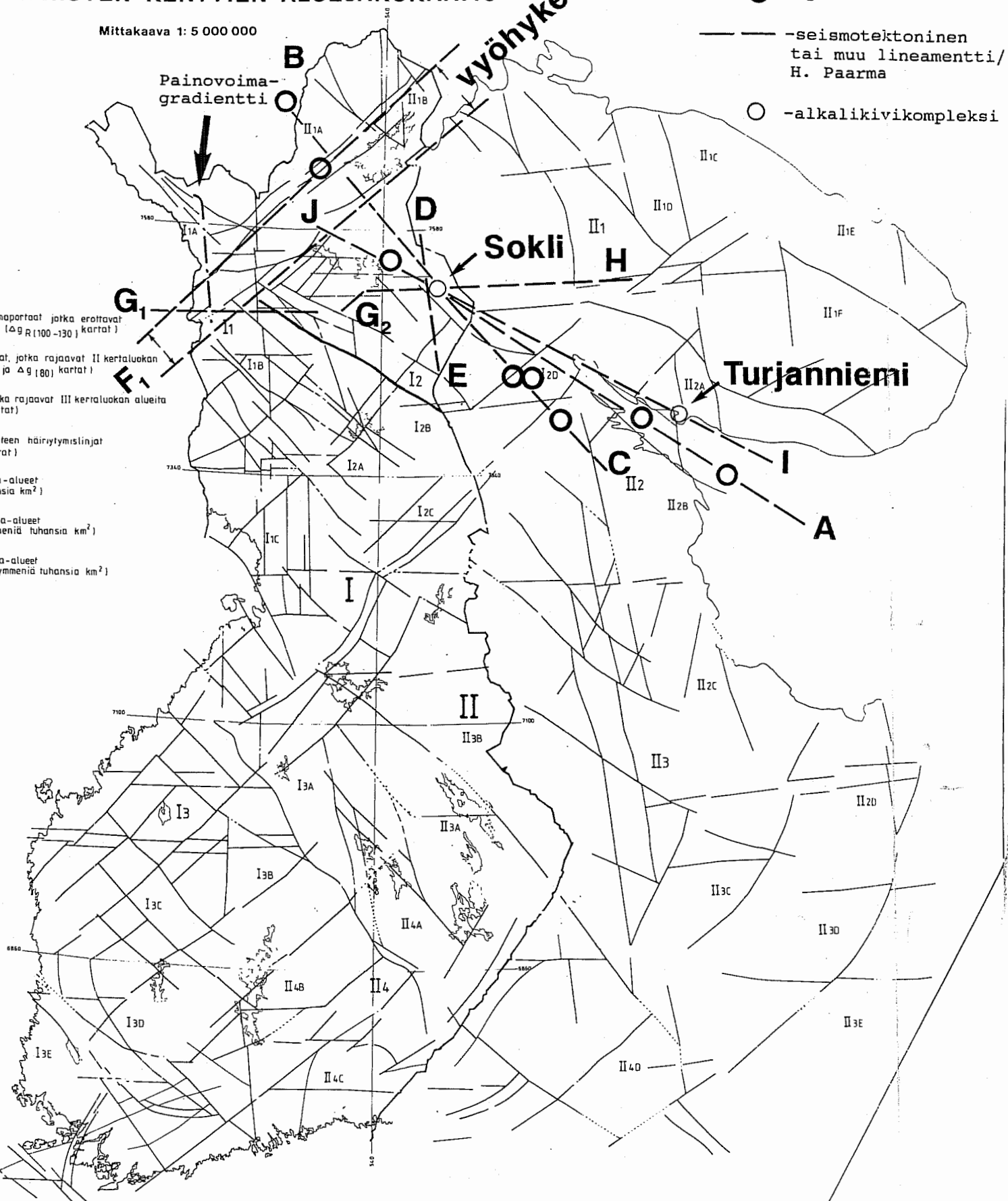
Painovoima-
gradienttiVyöhyke F₁-F₂

○ -episentrumi

— -seismotektoninen
tai muu lineamenti/
H. Paarma

○ -alkalikivikompleksi

KARTTAMERKIT

Leveät, pitkät painovoimaportaat jotka erottavat I kertaluokan alueita ($\Delta g_{R(100-130)}$ kartat)Pitkät painovoimaportaat, jotka rajaavat II kertaluokan alueita ($\Delta g_{R(30-50)}$ ja $\Delta g_{R(80)}$ kartat)Painovoimaportaat, jotka rajaavat III kertaluokan alueita (Δg ja $\Delta g_{zz(20)}$ kartat)Painovoimakentän luonteen häiriytymislinjat (Δg ja $\Delta g_{zz(20)}$ kartat)I kertaluokan anomalia-alueet (pinta-ala satoja tuhansia km²)II kertaluokan anomalia-alueet (pinta-ala useita kymmeniä tuhansia km²)III kertaluokan anomalia-alueet (pinta-ala joihinkin kymmeniä tuhansia km²)

Pohjakarttana RAETSU-projektin gravimetrinen tulkintakartta.

Maara H., Talvitie J., 1977

Osa kuvasta 3. Tiedot geologisen tutkimuslaitoksen
malmitiedostosta vuodelta 1984.

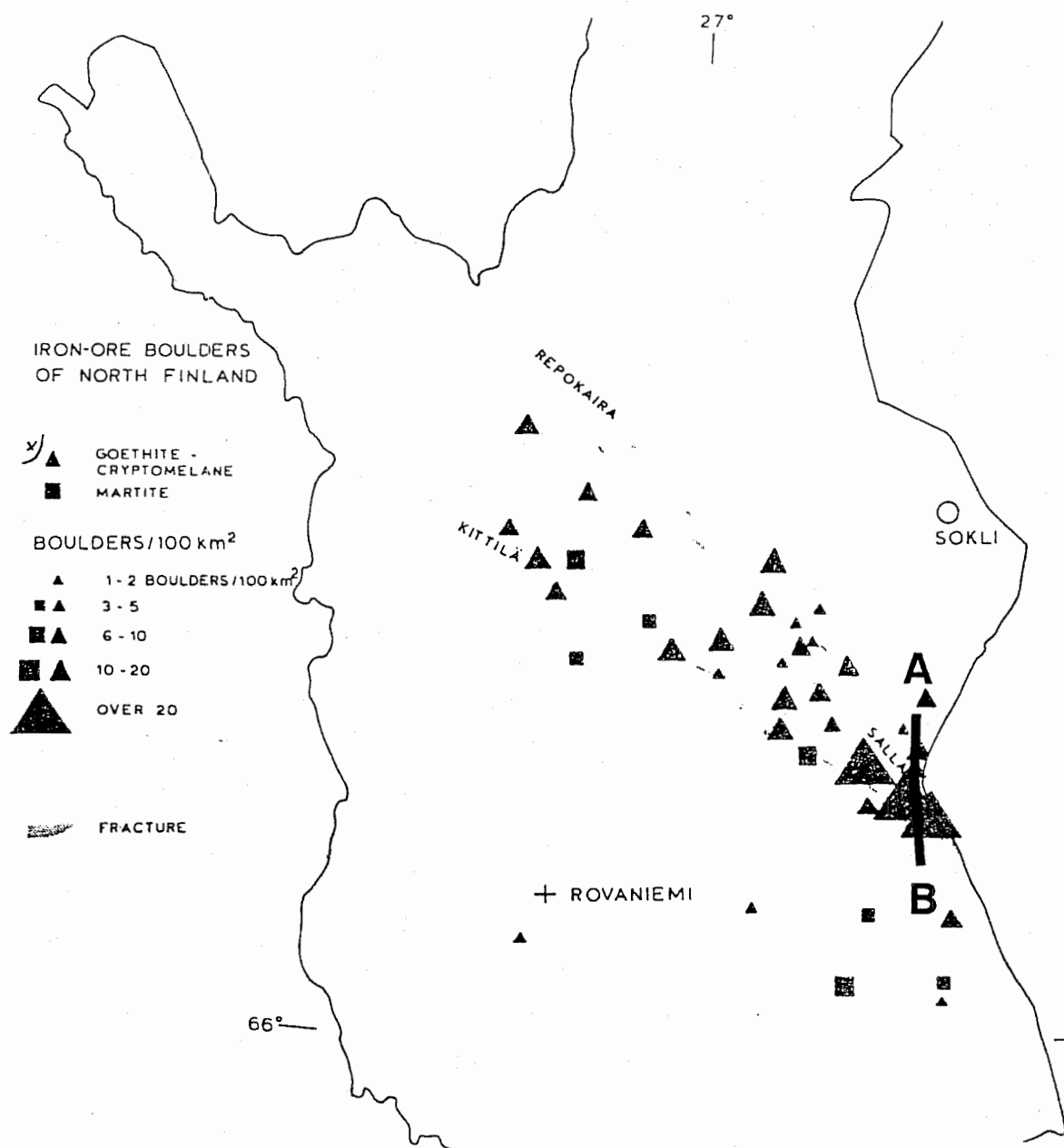
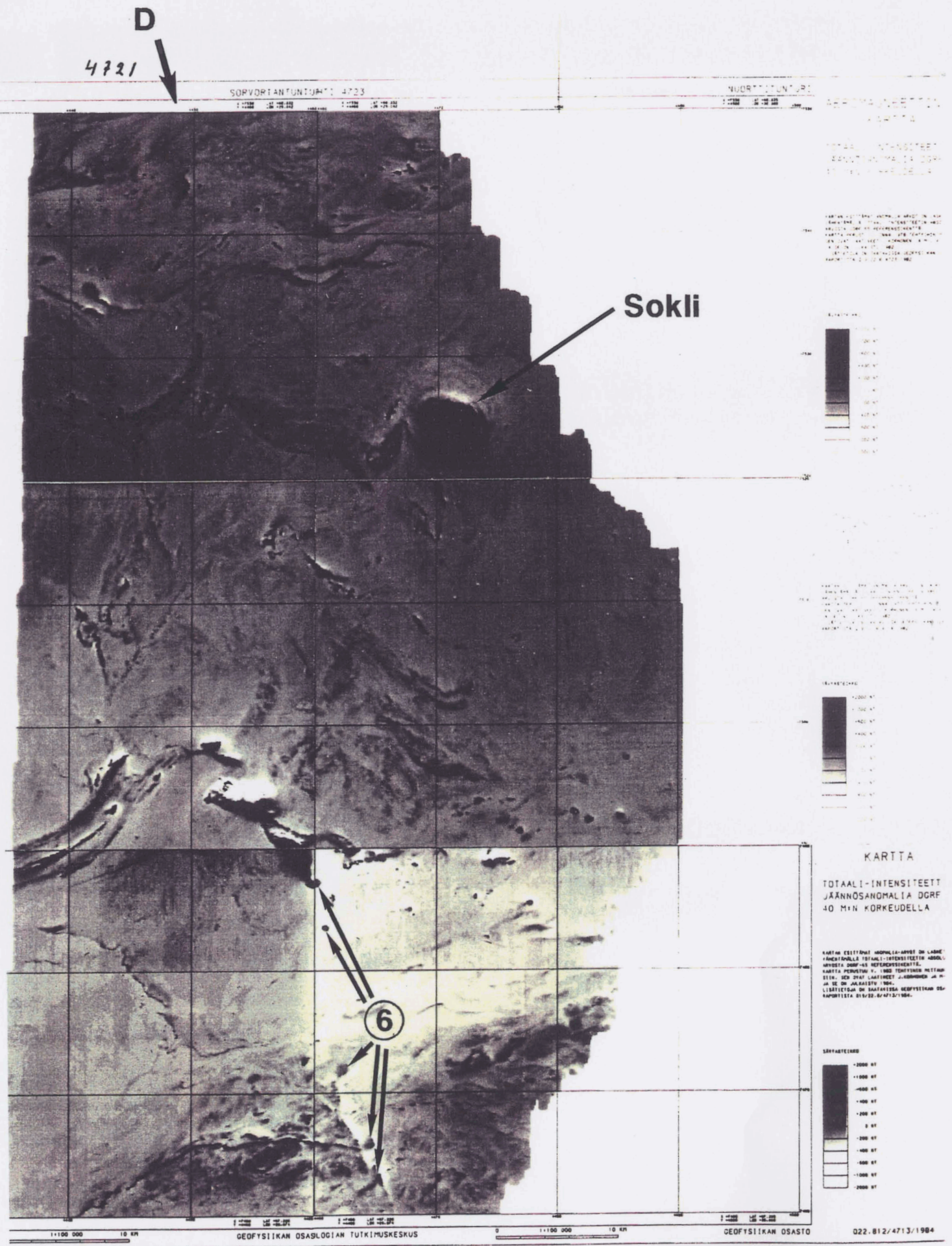


Fig. 3. Distribution of laterite boulders in relation to the deep fractures of Salla-Kittilä and Salla-Repokaira.

x) Ongelmat:

1. Ovatko lohkat rapautumista ?
2. Mitä merkitsee lohkatjono A-B ?

Lineamentin A-B lohkat voivat olla peräisin esimerkiksi karbonaattiirapautumista.



Rutiilia sisältävä karbonatiittilohkare

5

E

Lineamentti D-E, vertaa liitteet 1, 2 ja 4

Aarnisalo, J., 1977. Vertaa liitteet 2 ja 3.

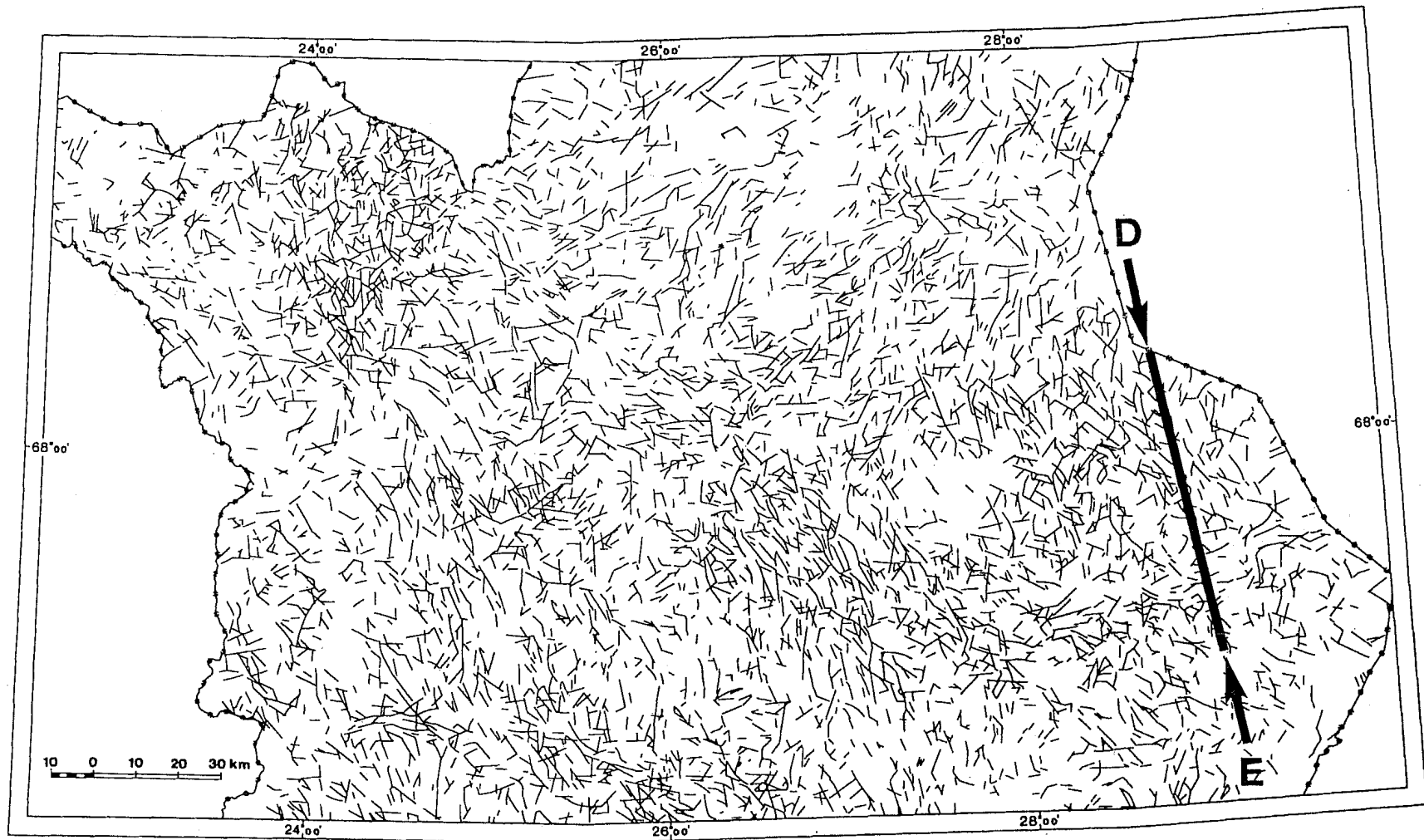


Fig. 19. Class III linears, representing minor faults, fractures, jointing, dikes, etc.

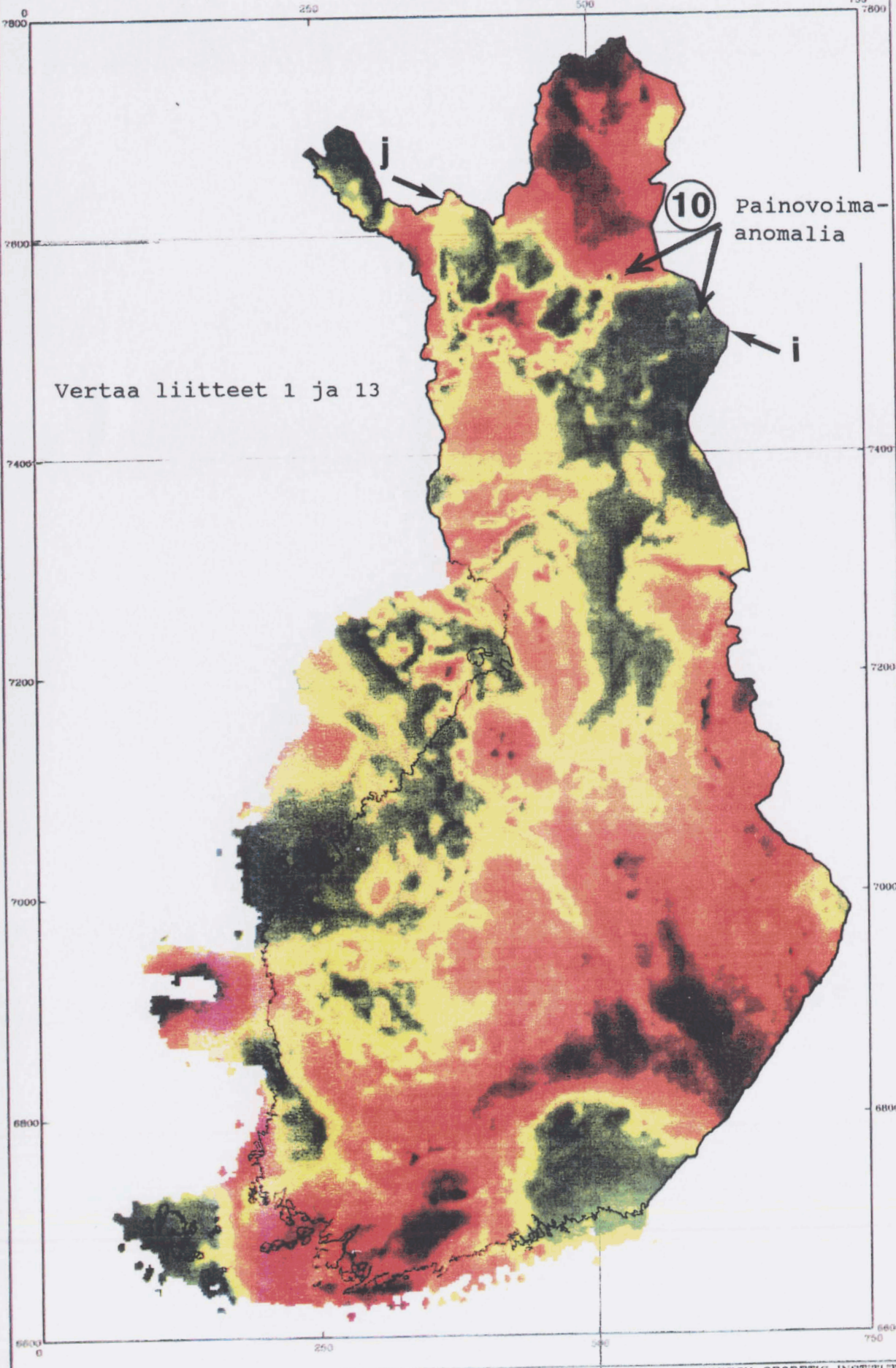
FINNISH COORDINATE SYSTEM

0 100

SCALE 1 2000000

BOUGUER AN
IGSN71

PRODUCED IN JANUARY 19
PHYSICS DEPARTMENT OF
SURVEY IN FINLAND FROM
THE FINNISH GEODETIC



Vertaa liitteet 1 ja 13

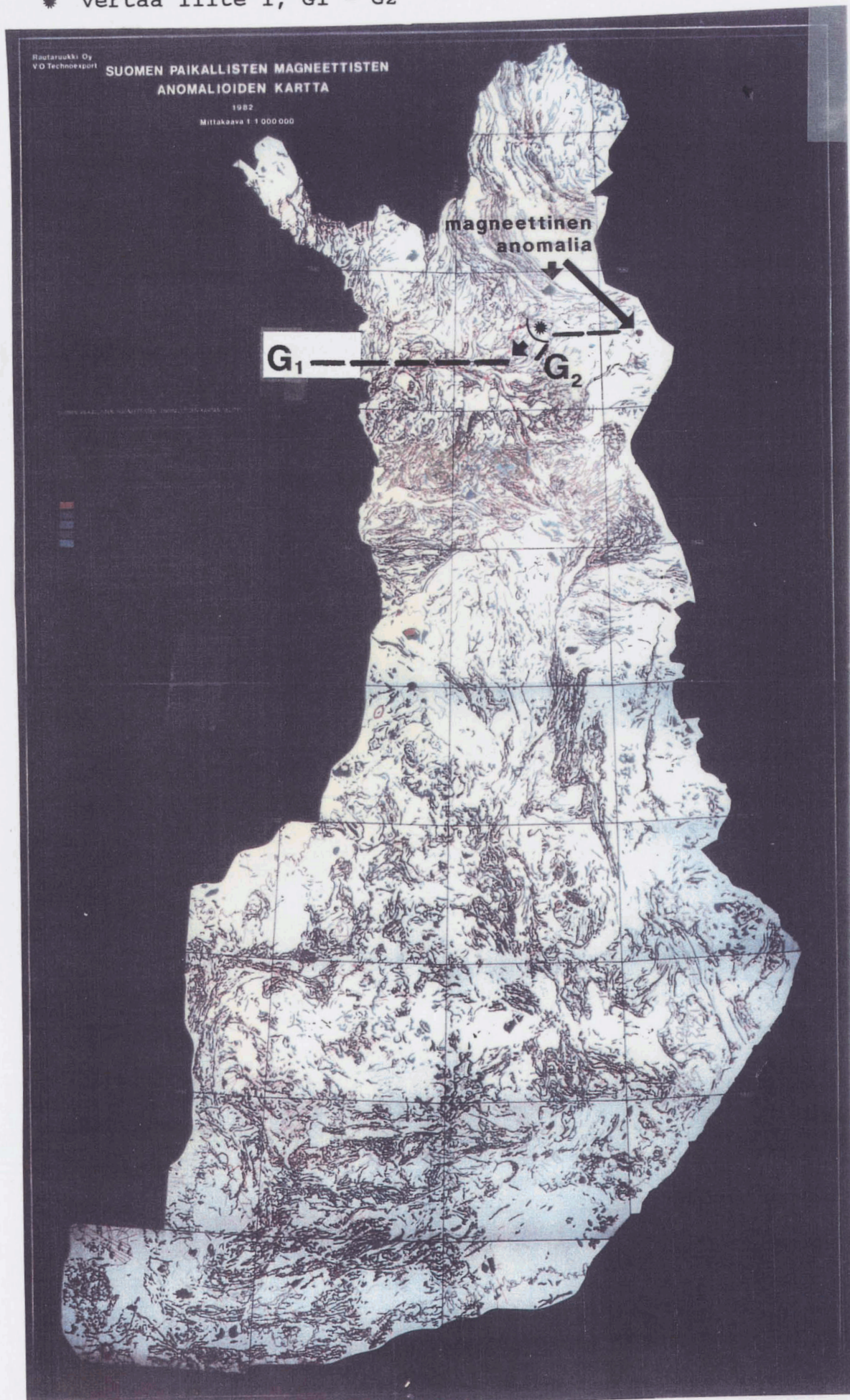
10 Painovoima-anomalia

COLOUR SCALE
(MGAL)

- OVER
- 37.5 -
- 35.0 -
- 32.5 -
- 30.0 -
- 27.5 -
- 25.0 -
- 22.5 -
- 20.0 -
- 17.5 -
- 15.0 -
- 12.5 -
- 10.0 -
- 7.5 -
- 5.0 -
- 2.5 -
- 0.0 -
- 2.5 -
- 5.0 -
- 7.5 -
- 10.0 -
- 12.5 -
- 15.0 -
- 17.5 -
- 20.0 -
- 22.5 -
- 25.0 -
- 27.5 -
- 30.0 -
- 32.5 -
- 35.0 -
- 37.5 -
- 40.0 -
- 42.5 -
- 45.0 -
- 47.5 -
- 50.0 -
- 52.5 -
- 55.0 -
- 57.5 -
- 60.0 -
- 62.5 -
- 65.0 -
- 67.5 -
- 70.0 -
- 72.5 -
- 75.0 -
- 77.5 -
- BELOW
- UNDEFINE

RAETSU-projektin tulkintakartta, 1:5 milj.

* vertaa liite 1, G1 - G2

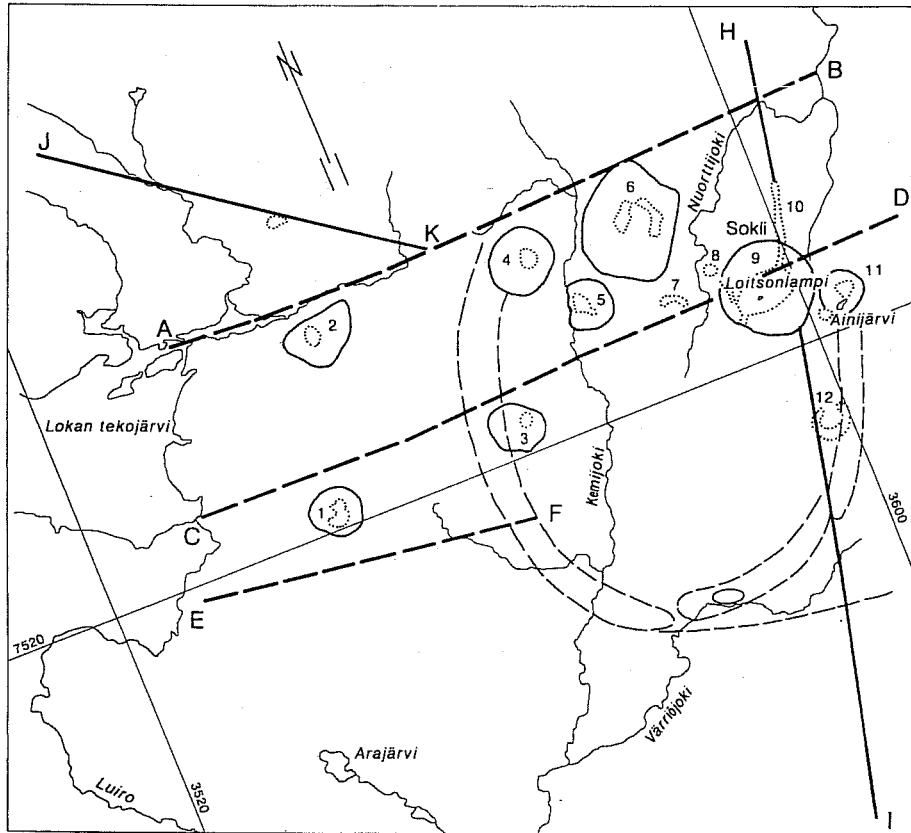


RAETSU-projektin tulkintakartta, 1.5 milj.

↓
Petsamon Ni-provinssin
länsiraja ?






Tulkinta satelliittikuvalle L5 TM 191/12D 870720 kanavat 4 ja 6



L5 TM 191/12D 870720 KANAVAT 6 JA 4

SELITYS

-  rehevöitymä (10)
-  itä-läntisiä lineamentteja
-  muita lineamentteja
- 3600 ja 7520 yhtenäiskoordinaatit

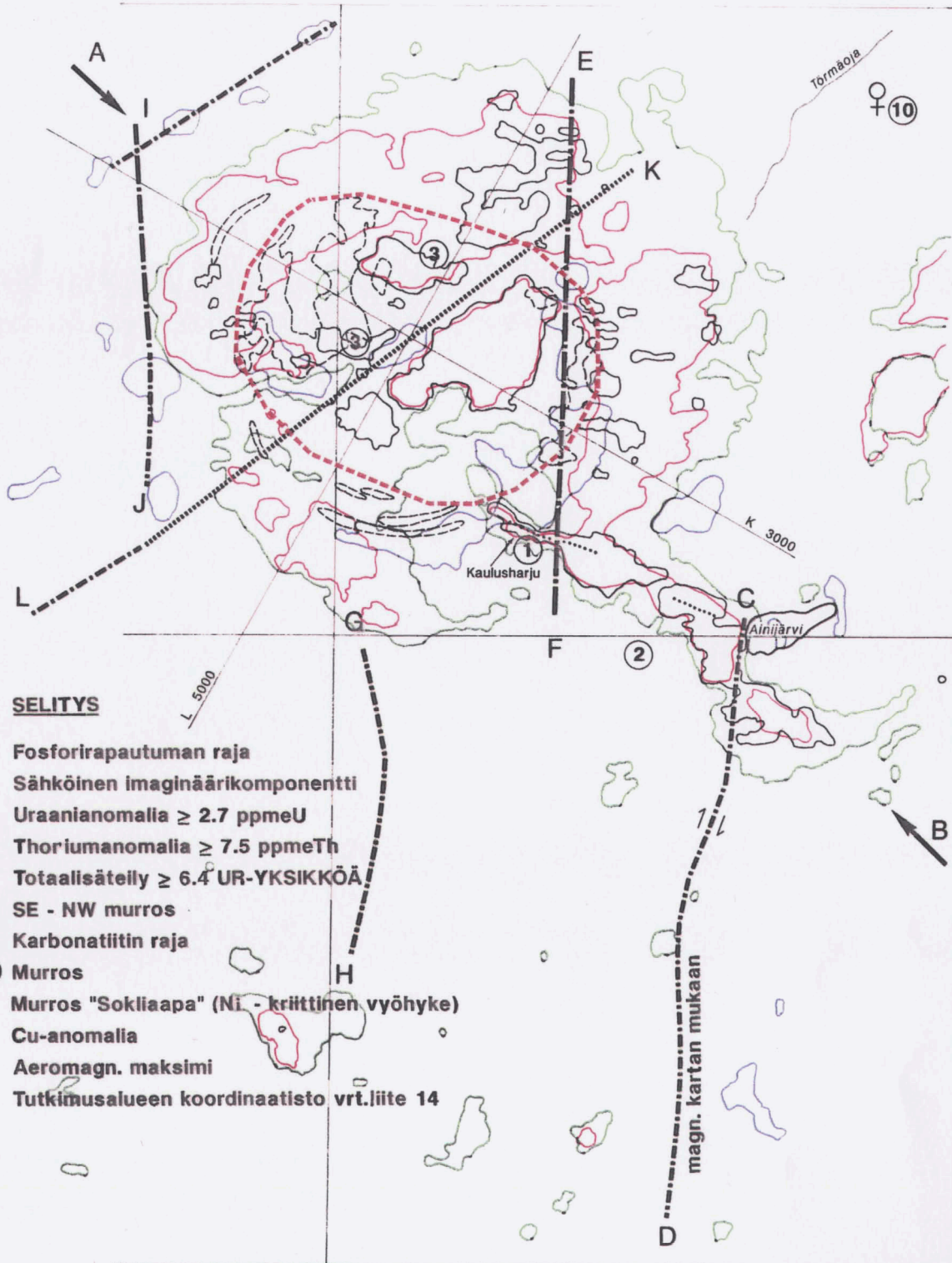
Mittakaava

1 : 200 000

SOKLIN ALUEEN AEROGEOFYSIKAALISIA ANOMALIOITA

Liite 9

7530



SELITYS

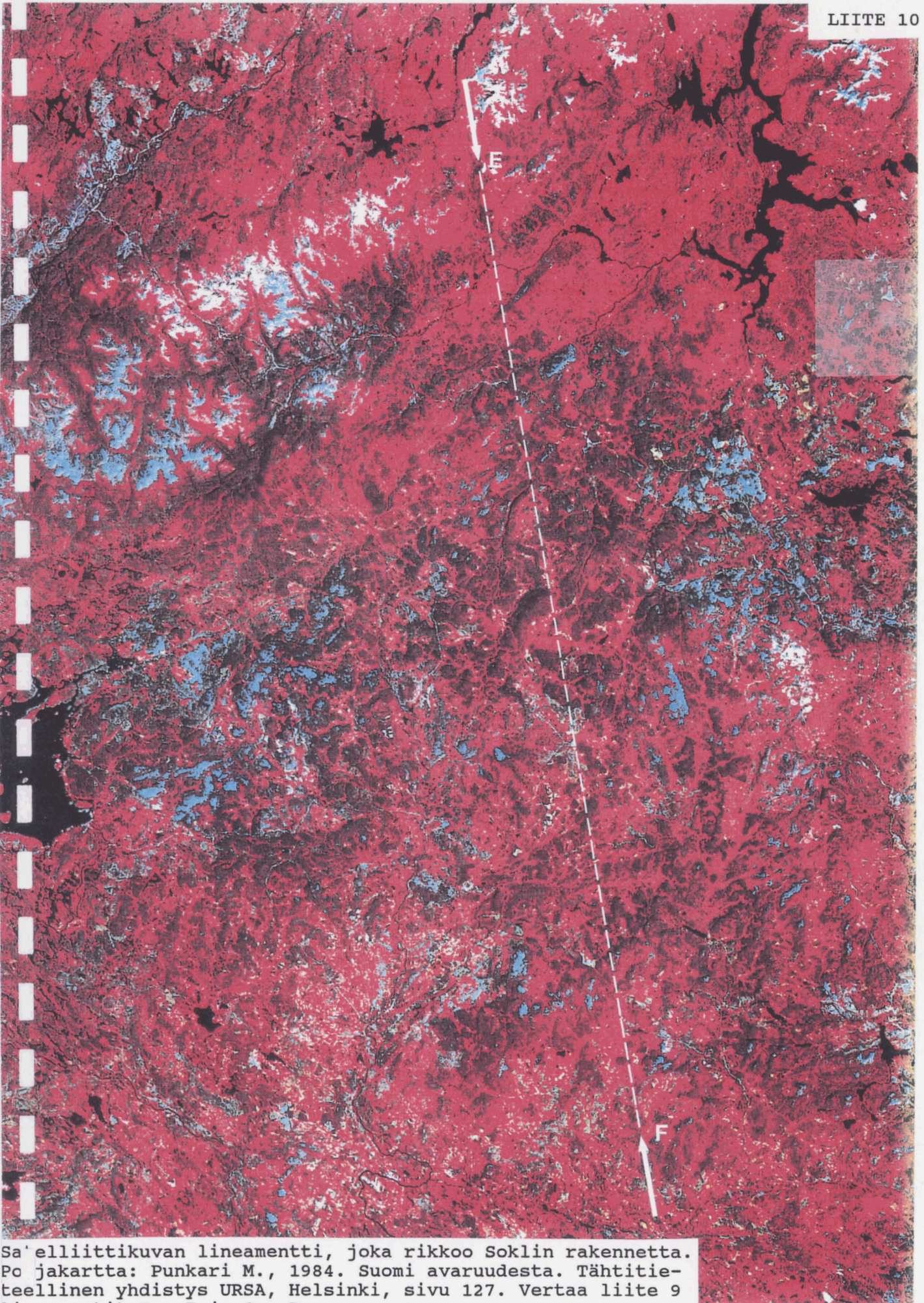
- Fosforirapautuman raja
- Sähköinen imaginaarikomponentti
- Uranianomalia ≥ 2.7 ppmeU
- Thoriumanomalia ≥ 7.5 ppmeTh
- Totaalisäteily ≥ 6.4 UR-YKSIKKÖÄ
- SE - NW murros
- Karbonaattin raja
- C---D Murros
- Murros "Sokliaapa" (Ni - kriittinen vyöhyke)
- ♀ Cu-anomalia
- Aeromagn. maksimi
- L 5000 Tutkimusalueen koordinaatisto vrt.liite 14

7520

7510

470

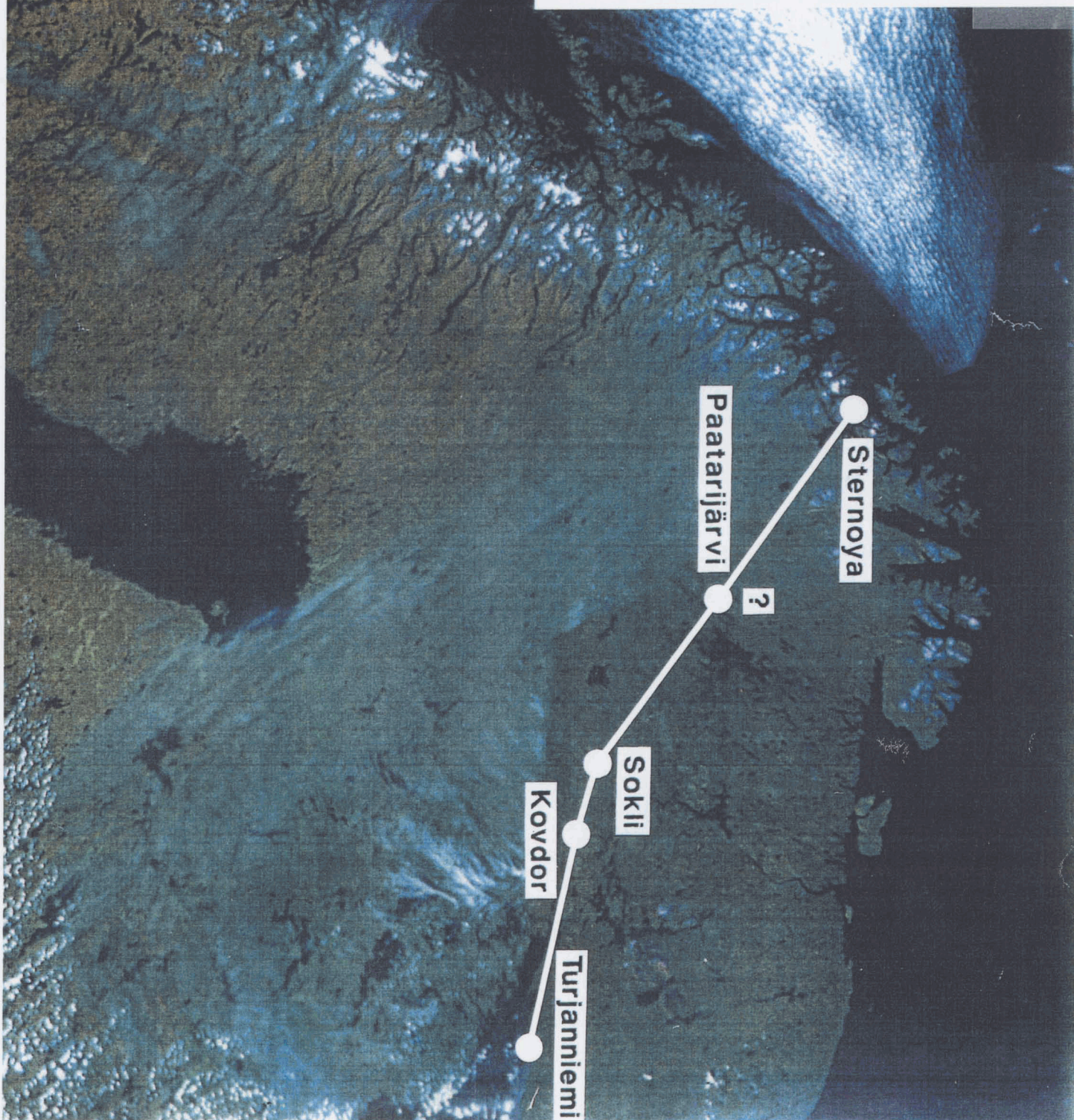
480



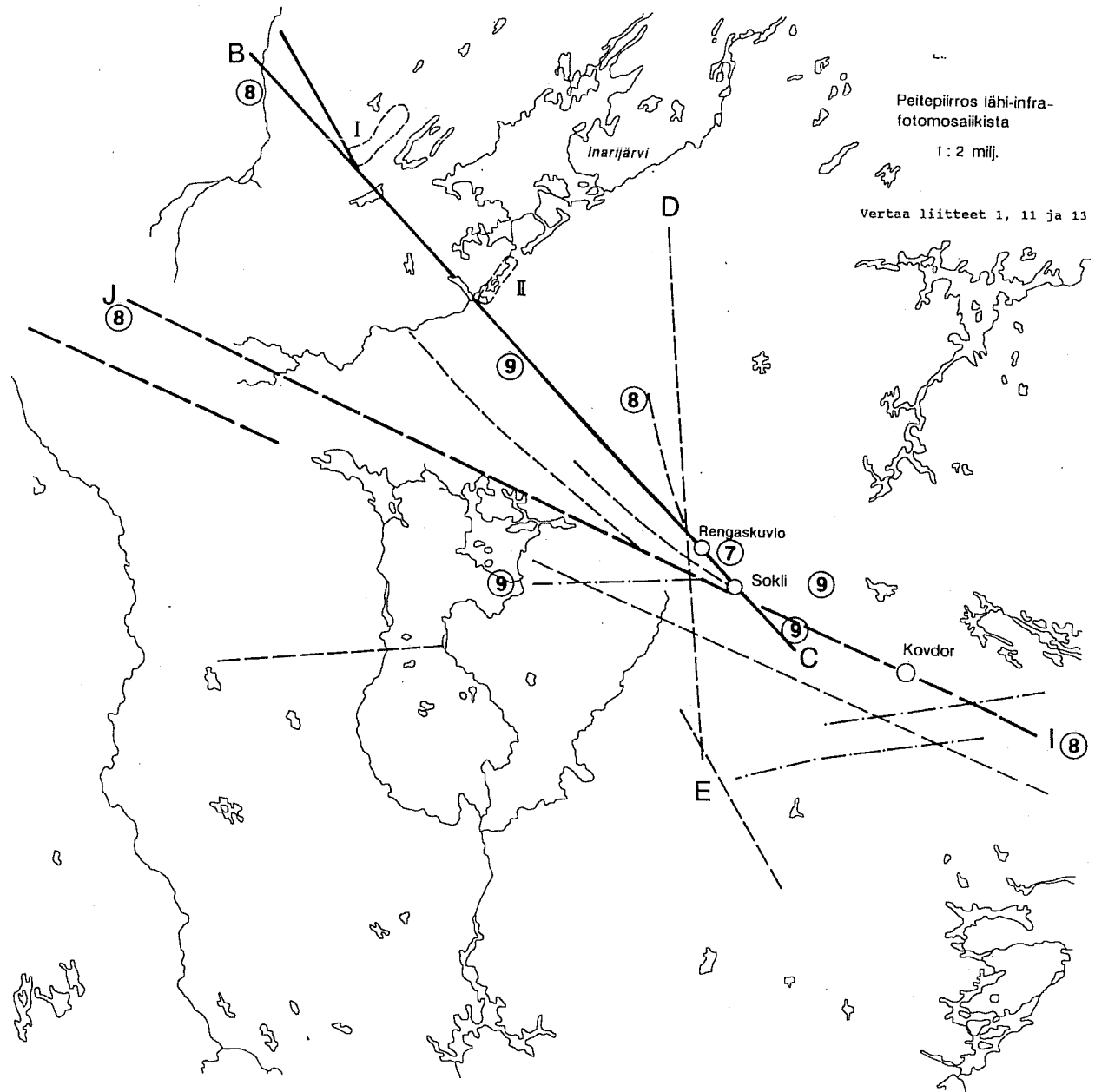
Sa'elliittikuvan lineamentti, joka rikkoo Soklin rakennetta. Po jakartta: Punkari M., 1984. Suomi avaruudesta. Tähtitieteellinen yhdistys URSA, Helsinki, sivu 127. Vertaa liite 9 lineamentit E - F ja C - D.

Osakuva Kiirunan satelliittiaseaman
NOAA-mosaiikista, v. 1988.

Kantalahden syvämurros ja sen jatkeet
sekä alkalikiviesiintymät pitkin sitä.
Vertaa liite 13.



Lineamenttitulkintoja lähi-inframosaikkiin perustuen ja
liittyen tämän raportin aiheeseen.



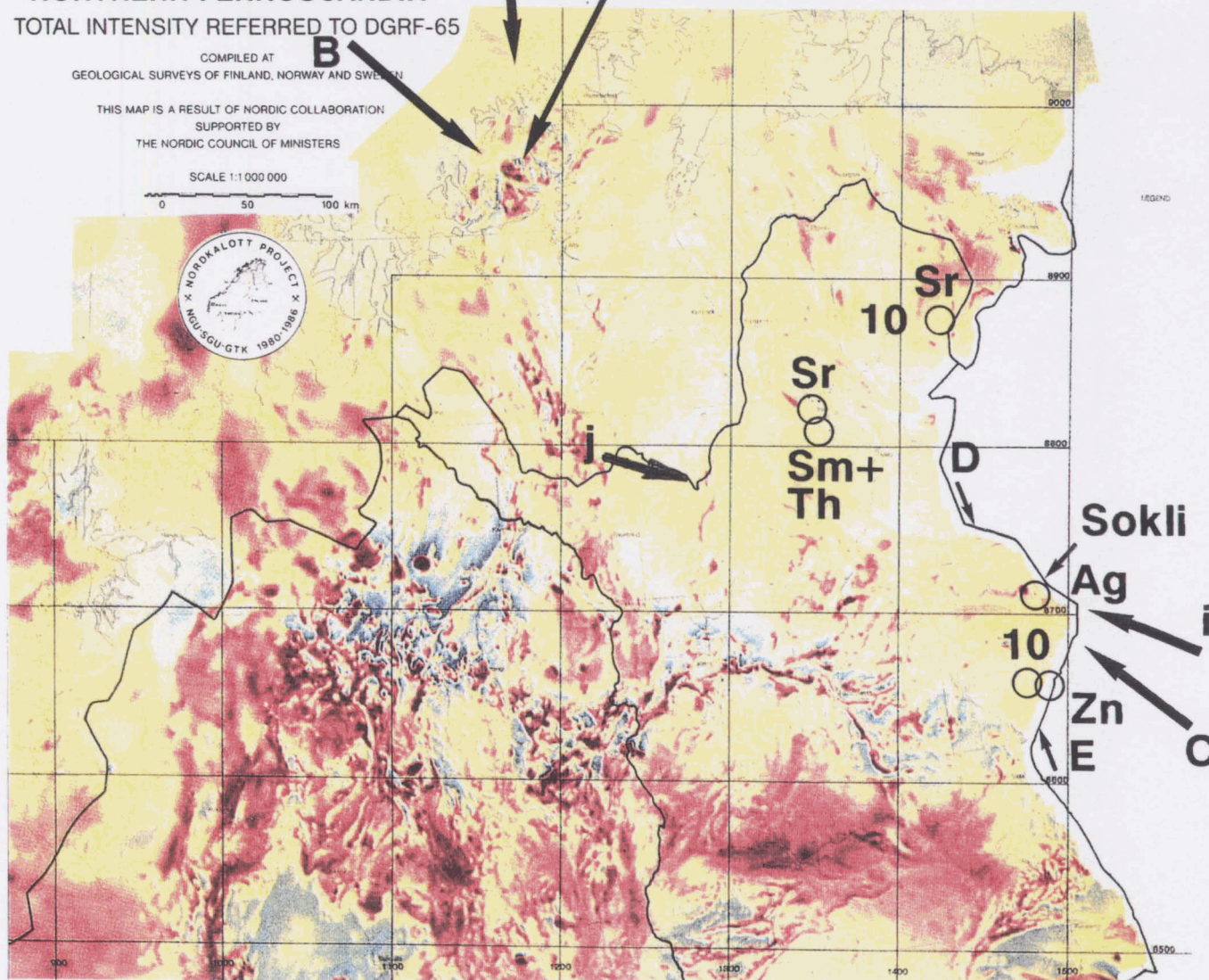
AEROMAGNETIC ANOMALY MAP NORTHERN FENNO-SCANDIA

TOTAL INTENSITY REFERRED TO DGRF-65

COMPILED AT
GEOLOGICAL SURVEYS OF FINLAND, NORWAY AND SWEDEN

THIS MAP IS A RESULT OF NORDIC COLLABORATION
SUPPORTED BY
THE NORDIC COUNCIL OF MINISTERS

SCALE 1:1 000 000
0 50 100 km

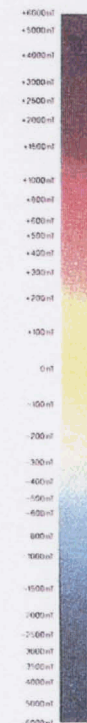


Reduced from: Magnetic Anomaly Map,
Northern Fennoscandia, 1: 1 mill.
Geological Surveys of Finland, Norway and
Sweden, 1986.
ISBN 91-7158-375-0.

Compiled by: J. Korhonen, I. Aalstad,
V. Arkko, L. Granar, H. Henkel, B. Karlemo,
O. Kihle, L. Krook, J. Lind, E. Normann,
O. Olesen, M. Puranen, A. Sindre,
L. Thorning, S. Werner

LEGEND

LEGEND



← ← mahdollinen paleozoinen
syvämurros

○ Ag geokemiallinen anomalia
pohjoiskalottiaineistosta

MAP 147

Julkaisusta Geochemical Atlas of Northern Fennoscandia, scale 1:4 million. Nordkalottprojekt 1980-1986. Vertaa liite 1. LIITE 13

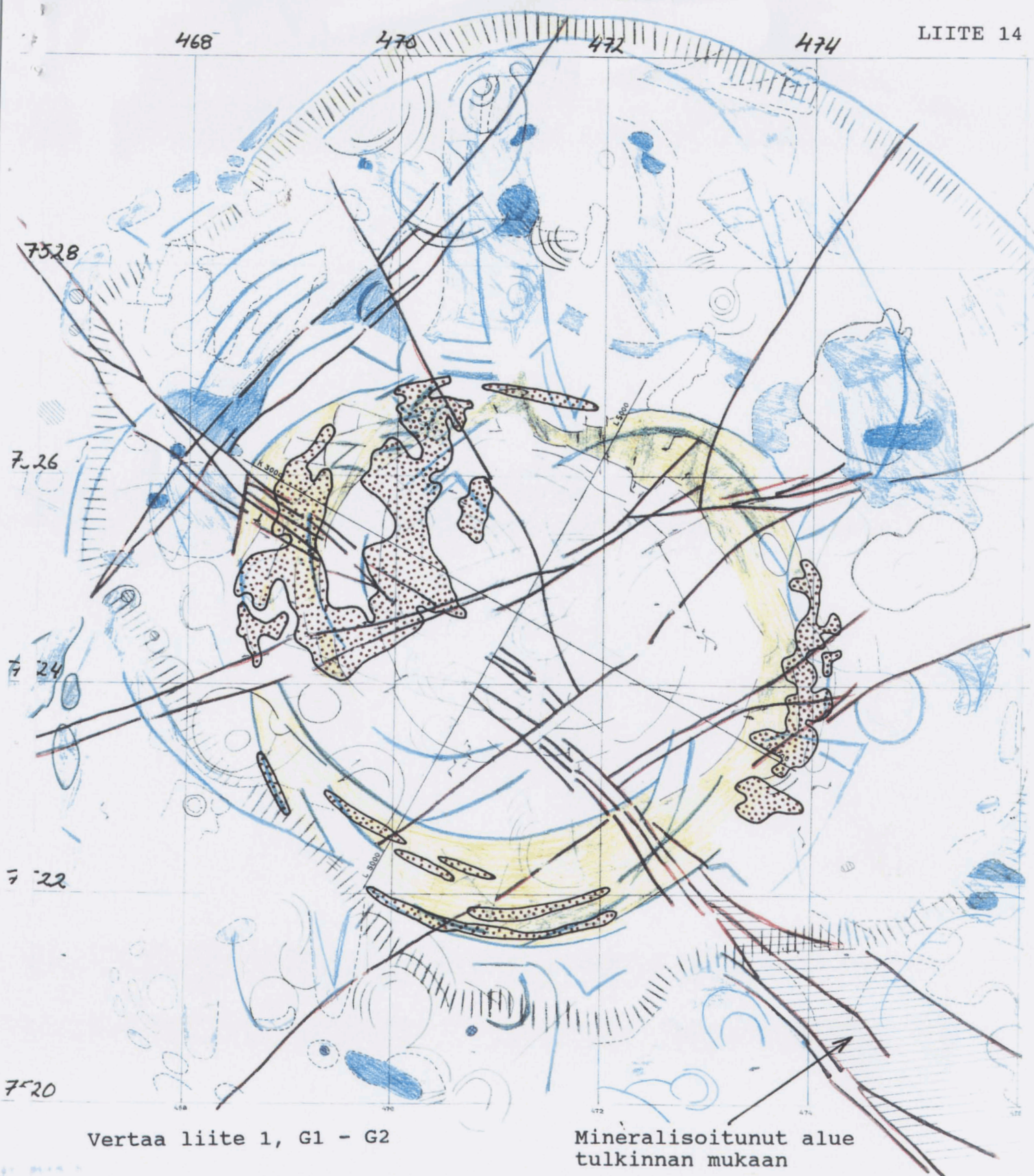
468

470

472

474

LIITE 14



Vertaa liite 1, G1 - G2

Mineralisoitunut alue
tulkinnan mukaan

SOKLIN MASSIIVIN JA FENIITTIKEHÄN ALUSTAVA RAKENNETULKINTA
Tulkittujen mustavalkoisten ja vääräväri-ilmakuvien (1:4000,
1:40 000 ja 1:60 000) sekä aeromagneettisen kartan (lentokorkeus
40 m) tulkinnan perusteella. Laatinut A. V. Dobrowolski.
Pienennös alkuperäisestä 1:20 000 mittakaavaisesta kartasta,
joka on Kemira Oy:n hallussa.

Mittakaava 1:50 000