



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Pro gradu -tutkielma
Geologia

Kallioperägeologia ja taloudellinen geologia

KANSANNÄYTETOIMINNAN MERKITYS SUOMEN
MINERAALIPOTENTIAALIN KARTOITUKSESSA



Satu Hietala

2017

Ohjaajat: Jari Nenonen (GTK), Hannu Makkonen (GTK), Tapani Rämö (HY)
Tarkastajat: Aku Heinonen (HY), Tapani Rämö (HY)

HELSINGIN YLIOPISTO
MATEMAATTIS-LUONNONTIETEELLINEN TIEDEKUNTA
GEOTIETEIDEN JA MAANTIETEEN LAITOS
GEOLOGIA

PL 64 (Gustaf Hällströmin katu 2)
00014 Helsingin yliopisto



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos/Institution– Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen		Geotieteiden ja maantieteen laitos	
Tekijä/Författare – Author			
Satu Hietala			
Työn nimi / Arbetets titel – Title			
Kansannäytetoiminnan merkitys Suomen mineraalipotentialin kartoituksessa			
Oppiaine /Läroämne – Subject			
Geologia			
Työn laji/Arbetets art – Level		Aika/Datum – Month and year	
Pro gradu-tutkielma		Heinäkuu 2017	
		Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages	
		159	
Tiivistelmä/Referat – Abstract			
<p>Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) ylläpitämä kansannäytetoiminta on Suomessa ai- nutlaatuinen kansallisten raaka-ainevarojen etsintää ja tutkimusta palveleva toimintamuoto, jonka avulla lisätään Suomen raaka-ainevaroihin liittyviä tietovarantoja. Toiminta on melko harvinaista kansainvälisessä mittakaavassa. Kansannäyte on kiviharrastajan geologille tai muulle asiantuntijalle toimittama kivi-, mineraali- tai maaperänäyte. Lähetetyistä näytteistä suurin osa sisältää malmimineraaleja, mutta näyte voi olla myös teollisuusmineraali, teollisuuskivi, rakennuskivi sekä myös korukivi tai jalokivi. Sana kansannäyte (engl. <i>layman's sample</i>) kuvastaa hyvin toiminnan historiaa ja sen alkuperäistä tarkoitusta. Kansannäytetoiminta on vanha malminetsinnän muoto, jonka historia ulottuu Ruotsin vallan aikaan 1500–1600 luvulle. Varsinaisen kansannäytetoiminnan käynnisti 1740-luvulla vuorihallituksen asessori Daniel Tilas ja siitä lähtien toiminta on jatkunut yhtäjaksoisesti Suomessa lähes 300 vuotta. Suomen modernin kaivosteollisuuden alkupuolelta, 1900-luvulta saakka, kansannäyte on johtanut 32 metallimalmikaivoksen syntymiseen ja 2000-luvulla useiden kymmenien malmipotentialisten kohteiden jatkotutkimuksiin. Suomessa on tällä hetkellä syntymässä kaivoksia ja tutkimuksien kohteina on alueita, joista ensimmäinen viite on saatu harrastajan löytämästä kansannäytteestä. Kansannäytetoiminnalla on taloudellisen hyödyn tuottamisen lisäksi myös muita tehtäviä. Kansalaisille suunnatun geologiaan ja kallioperän raaka-aineisiin liittyvä popularisointi on tärkeä toiminnan osa-alue. Kansannäytetoiminnan haasteena on tulevaisuudessa näytteiden laadun parantaminen ja monipuolistaminen sekä harrastajien ohjaaminen uusille alueille. Tulevaisuudessa digitaalisten mahdollisuuksien kehittyessä tulisi pyrkä hyödyntämään myös tätä puolta kansannäytetoiminnassa. Toiminnan tukemiseksi on mahdollista kehittää uusia verkkosovellutuksia ja mobiilisovelluksia, jotka esimerkiksi voivat olla karttapalveluita sekä opetuslustoja. Uudet sovellukset saattaisivat innostaa myös nuoria kiviharrastuksen pariin sekä yleisesti lisäämään geologista tietämystä. Kansannäytteiden digitaalinen aineisto käsittää tällä hetkellä yli 60 000 näytteen tiedot. Näistä näytteistä on olemassa paikkatiedot sekä analyysitulokset. Kansannäytteitä ja metallogeenisiä vyöhykkeitä voidaan vertailla keskenään. Sieltä missä on arvioitu olevan geologisesti malmisuotuisia vyöhyke, löytyy myös hyviä lähetettyjä näytteitä ja toisaalta esille tulee myös alueita, joiden aikaisemmasta malmipotentialista ei ole havaintoa.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Kansannäytteet, kansannäyte, malminetsintä, malmigeologia, historia, ArcGIS, malminetsintä, kallioperä, lohkar, analyysi.			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Helda			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			
58 kuvaa, 6 taulukkoa, 1 liite			



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos/Institution– Department	
Faculty of Science		Department of Geosciences and Geography	
Tekijä/Författare – Author			
Satu Hietala			
Työn nimi / Arbetets titel – Title			
The layman's sample practice as a method in Finland's mineral potential mapping.			
Oppiaine /Läroämne – Subject			
Geology			
Työn laji/Arbetets art – Level		Aika/Datum – Month and year	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages
MSc thesis		July 2017	159
Tiivistelmä/Referat – Abstract			
<p>The layman's sample practice of the Geological Survey of Finland (GTK) is a unique national practice in raw material exploration and research. Its main purpose is to increase knowledge related to Finnish raw material resources. The operation is quite rare on a global scale. A layman's sample (<i>kansannäyte</i>) is a sample of rock, mineral, or soil sent to a geologist or other type of expert by a rock hobbyist. The Layman's Sample Office of the Geological Survey of Finland (GTK) receives thousands of samples from all over Finland every year. The office handles ore samples, industrial minerals, dimensional stone, precious stone and gemstone discoveries, and metals of technological interest. The concept of layman's sample reflects the action of its history and original purpose. The practice started in the 18th century and has continued uninterrupted since then. Thirtytwo of the metallic mines in Finland have been discovered on the basis of a layman's sample. Currently, further new mining operations, on which the first reference sample has been sent by the public, are being launched. In addition to the economic benefit, the practice also has other tasks. The sample office answers geology-related questions sent in by the general public and provides competent and up-to-date information on the importance of raw materials to the society. The challenge in the future is to improve the quality of the samples. Also in the future, the development of digital applications will be important including web and mobile applications, for example teaching map services and platforms. The new applications could also inspire young people to the rock hobby in general as well as increase the geological knowledge of the general public. The digital archive of layman's samples contains information on more than 60 000 bedrock and boulder samples. Layman's samples and metallogenic zones can be compared with each other. Geologically ore potential zones could be identified and sampled. The archive also reveals new areas with ore potential.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Layman's samples, layman's sample, mineral exploration, (ore prospecting, exploration), economic geology, history, spatial information, ArcGIS			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Helda			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			
58 figures, 6 tables, 1 appendices			

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	2
1.1	Suomen kaivoshistoria.....	2
1.1.1	<i>Kaivosten löytöhistoria</i>	7
1.2	Kaivostoiminta nykyisin.....	15
2	Kansannäytetoiminta	20
3	Kansannäytetoiminnan historia	21
3.1	Kansannäytetoiminta 1700-luvulla.....	24
3.2	Kansannäytetoiminta 1800-luvulla.....	26
3.3	Kansannäytetoiminta 1900-luvulla.....	28
4	Valtakunnalliset malminetsintäkilpailut ja kansannäytteiden määrä	31
4.1.1	<i>Malmimarssi</i>	32
4.1.2	<i>Malmimania</i>	33
4.1.3	<i>Alueelliset kilpailut</i>	33
4.1.4	<i>Kivikokoelmat ja oppaat</i>	34
5	Kansannäytetoiminnan arkistomateriaali	36
5.1	Kiviarkisto	36
5.1.1	<i>Löydetyt lohkareet – löytymätön esiintymä</i>	38
5.2	Paperinen arkistoaineisto.....	39
5.3	Digitaalinen aineisto	40
5.3.1	<i>Malmiviitetietokanta</i>	40
5.3.2	<i>Järkky-tietokanta</i>	43
6	Kansannäytetoiminnan prosessi	47
6.1	Kivilaji- ja mineraalinäytteiden tutkiminen kansannäytetoimistossa.....	52
6.2	Jalo- ja korukivien tutkiminen kansannäytetoimistossa	53
6.3	Maastotarkastukset	54
6.4	Lähetäjien palkitseminen.....	55

6.5	Kansannäytteiden analyysimenetelmät	56
6.5.1	<i>Kemiallinen analyysi laboratoriossa ja röntgenfluoresenssianalytiikka</i>	57
7	Kansannäytteisiin liittyvät etsintämenetelmät ja jatkotutkimukset	61
7.1	Jokamiehenoikeus malminetsijän työlupana	61
7.2	Maaperätutkimukset ja geokemialliset malminetsintämenetelmät.....	63
7.2.1	<i>Kompleksikuljetus ja topografinen kontrolli</i>	63
7.2.2	<i>Geokemiallinen dispersio</i>	65
7.2.3	<i>Lohkare-etsintä ja kallioperähavainnot</i>	67
7.2.4	<i>Malmilohkareiden alkuperän selvittäminen moreenistratigrafian avulla</i> ..	73
7.2.5	<i>Hivenmetallimääritykset ja raskasmineraalitutkimukset</i>	75
7.2.6	<i>Laserkeilausaineiston (LIDAR) käyttö maaperätutkimuksissa</i>	77
7.3	Kallioperätutkimukset ja kairaus	79
7.4	Geofysikaaliset malminetsintämenetelmät	80
7.4.1	<i>Petrofysiikka</i>	82
7.4.2	<i>Potentiaalilentämenetelmät</i>	82
7.4.3	<i>Sähkömagneettiset menetelmät</i>	83
7.4.4	<i>Sähköiset menetelmät</i>	84
8	Kansannäytteet mineraalipotentialin kartoitushankkeissa 2000-luvulla.....	85
8.1	Jatkotutkimukset Länsi-Suomessa.....	87
8.2	Jatkotutkimukset Etelä-Suomessa	95
8.3	Jatkotutkimukset Keski- ja Itä-Suomessa.....	99
8.4	Jatkotutkimukset Pohjois-Suomessa	103
8.5	Korukivet, teollisuusmineraalit ja rakennuskivet	104
8.6	Hi-tech-metallit kansannäytteissä.....	109
8.7	Meteoriitit kansannäytteinä	113
9	Suomen metallogeeniset vyöhykkeet ja kansannäyteaineisto	116
9.1	Kansannäyteaineiston tarkastelua.....	121

9.1.1	<i>Kultanäytteet</i>	124
9.1.2	<i>Kuparinäytteet</i>	126
9.1.3	<i>Nikkelinäytteet</i>	128
9.1.4	<i>Kobolttinäytteet</i>	130
10	Yhteenveto ja kehittämissuhteet.....	132
11	Viiteluettelo	139
12	Liitteet.....	153

1 Johdanto

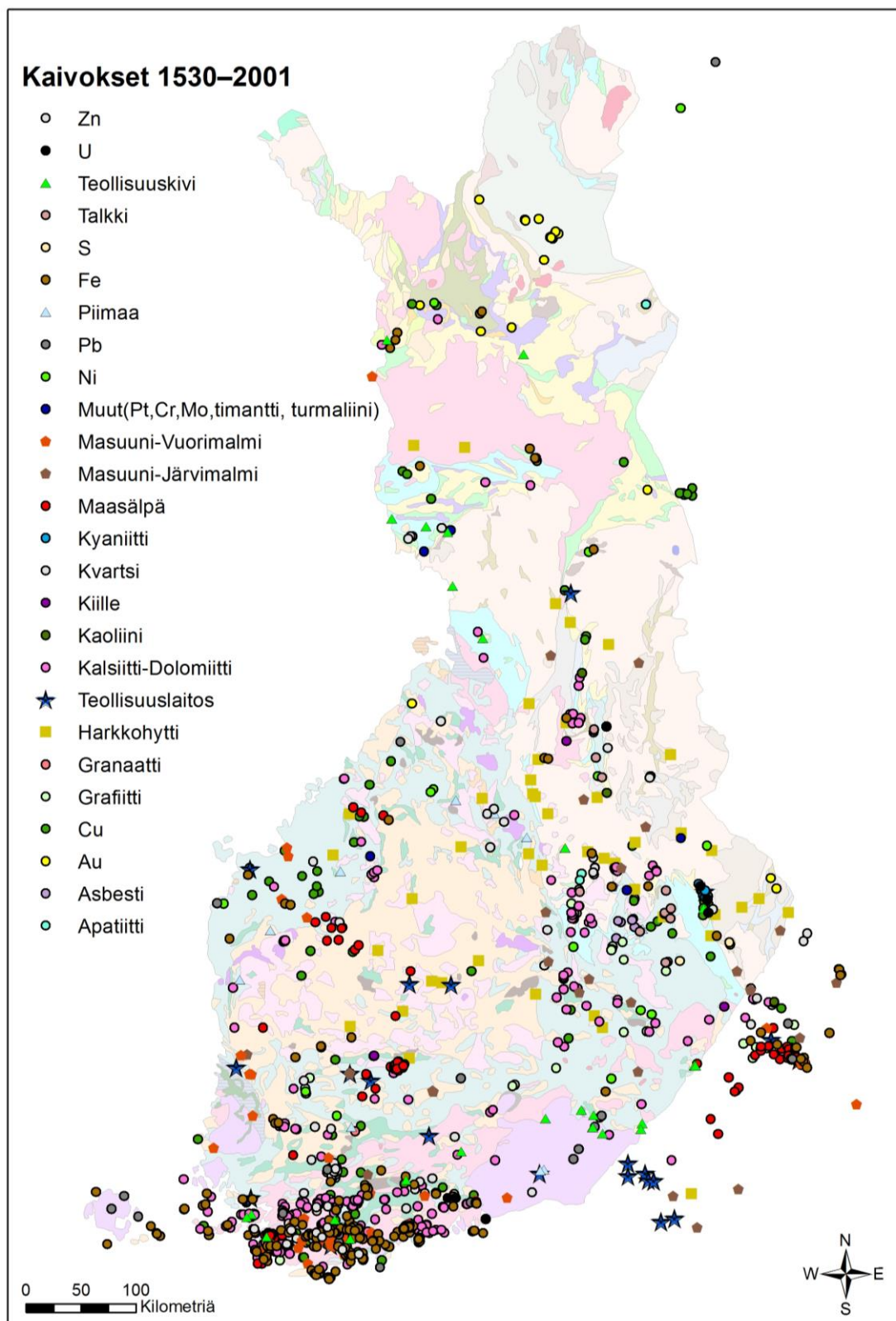
”Hyvä malmikivi ei vanhene koskaan” Pekka Hietala, malminetsijä

Kansannäytetoiminnan avulla lisätään Suomen raaka-ainearoihin liittyviä tietovarantoja. Kansannäytetoiminta on vanha malminetsinnän muoto, jonka historia ulottuu Ruotsin vallan aikaan 1500–1600-luvuille. Kansannäytetoiminta on jatkunut yhtäjaksoisesti Suomessa lähes 300 vuotta. Geologian tutkimuskeskuksessa (GTK) kansannäytteitä on otettu vastaan yli 100 vuotta. 1900-luvulla toiminta on johtanut 32 metallimalmikaivoksen syntymiseen, sekä useiden kymmenien mineralisaatioiden löytymiseen. Kivinäytteiden vastaanottaminen ja tutkimisen lisäksi kansannäytetoimintaan kuuluu oleellisena osana myös geologisen sekä raaka-ainearojen hyödyntämisestä ja kaivos-toiminnasta kertovan oikeellisen tiedon välittäminen kansalaisille.

Aiheesta ei ole aiemmin koottu kattavaa yhteenvetoa, ja tähän koetaan GTK:ssa olevan tarvetta. Työssä käydään läpi kansannäytetoiminnan historiaa sekä merkitystä Suomen kaivosteollisuudelle ja yhteiskunnalle. Gradutyössä kuvataan kansannäytetoiminnan prosessi sekä tehdään yhteenveto kansannäytteiden malmipotentialin selvittämisessä käytettävistä tutkimusmenetelmistä. Työssä esitellään myös kansannäytteiden perusteella tehtyjä jatkotutkimuksia ja löydettyjä esiintymiä sekä kaivoksiin johtaneiden näytteiden löytökuvauksia. Tutkimuksessa vertaillaan ArcGis -ohjelman avulla kansannäytteiden kallio- ja lohkareaineistoa muutaman alkuaineen kohdalla Suomen moreeni-geokemian ja litogeokemian aineistoon.

1.1 Suomen kaivoshistoria

Suomessa on vuosien 1530–2001 (486 vuotta) välisenä aikana toiminut ainakin 1032 kaivosta (Puustinen 2003) (Kuva 1). Tämän jälkeen Suomeen on perustettu muutamia uusia metallimalmikaivoksia, kuten Talvivaaran, Laivakankaan, Pampalon, Kylylahden ja Kevitsan kaivokset.



Kuva 1. Kuvassa Suomen kaivokset vuosien 1530–2001 välisenä aikana. Aineisto on koottu ja koordinaattikorjattu Puustisen (2003) kaivosrekisteristä. Taustalla kallioperäkartta (DigiKP). Nykyisen Suomen rajojen ulkopuolelle Pohjois-Suomessa jäävät Petsamon nikkeli- ja Kuusamo-Paanajärven kuparikaivokset sekä Kaakkois-Suomessa Laatokan Karjalan alueen kaivokset sekä Viipurin manufaktuuripajat.

Vuoteen 2001 mennessä Suomessa on toiminut 420 metallikaivosta, 300 teollisuusmineraalikaivosta ja 315 karbonaattikaivosta. Kaivosten lukumäärässä voi nähdä selvän huippukauden 1830–1870 välisenä aikana, jolloin yksittäisen vuoden aikana oli parhaimmillaan toiminnassa 31 kaivosta. Toinen merkittävä kaivosten nousukausi sijoittui vasta vuoteen 1987, jolloin oli yhteensä 59 kaivosta toiminnassa (Puustinen 2003). Kaivosten kolmas huippukausi ajoittuu nykyhetkeen.

Maamme tärkeimmät tunnetut malmiesiintymät ovat löytyneet 1900-luvulla. Valtionkonttori teki jo 1800-luvun puolivälissä melko merkittävää malminetsintää, mutta se ei ollut järjestelmällistä. Tutkijoiden tieteellinen taso oli alhainen ja tulokset jäivät vaatimattomiksi. Malminetsinnästä puuttui perusta, ei ollut käytettävissä geologisia karttoja eikä systemaattista geologian ja mineralogian opetusta (Papunen et al. 1986, 217).

1900-luvulla etsintämenetelmät tehostuivat, sekä kallioperän tuntemus kartoituksen myötä parani. Rääkkylän Kivisalmen kuparimalmilohkareen löytyminen vuonna 1908 johti Outokummun malmin löytymiseen ja kaivoksen perustamiseen vuonna 1910. Tätä tapahtumasta voidaan katsoa Suomen modernin kaivosteollisuuden ja konepajateollisuuden alkaneen. Lisäksi malmilla oli merkittävä kansantaloudellinen merkitys, sillä suurimmaksi osaksi sen avulla Suomi maksoi ainoana maana koko maailmassa sotakorvauksensa takaisin toisen maailmansodan jälkeen (Piiparinen 2007). Outokummun kaivos on ollut 1900-luvulla Suomen pisimpään toiminut metallimalmikaivos. Toiminta kesti yhteensä 79 vuotta (Marin 2014). Myös eräät muut kansannäytteestä alkunsa saaneet kaivokset ovat olleet toiminnassa pitkään. Näistä Pyhäsalmen, Keminmaan ja Siilinjärven kaivokset ovat olleet toiminnassa jo yli 50 vuotta.

Suomen pisimpään toiminut teollisuusmineraalikaivos on Paraisten karbonaattikivikaivos, jonka toiminta on alkanut jo vuonna 1898 ja jatkunut yhtäjaksoisesti reilusti yli sata vuotta. Kalkkikiveä on louhittu Paraisilla ensimmäisen kerran jo 1300-luvulla ja kaivoksia on ollut useita kymmeniä (Hietala 2012a). Tällä hetkellä toiminnassa oleva päälouhos on nimeltään Skräbbölen–Limbergin louhos. Arvioiden mukaan kalkkikiveä riittää louhittavaksi vielä noin vajaan 30 vuoden ajaksi, jonka jälkeen louhintaa on mahdollisuus jatkaa vielä maanalaisena louhintana (Nordkalk Oy Ab 2012).

Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) julkisessa kaivosrekisterissä on tiedot lähes kaikista Suomessa toimineista kaivoksista 1530-luvulta lähtien. Rekisteri käsittää myös kaikki sellaiset kaivokset ja ruukit, jotka ovat tänä päivänä maamme rajojen ulkopuolella, kuten Karjalan kannaksen alue, Laatokan Karjalan sekä Petsamon alue (Puustinen 2003). Rekisterin tietojen keräämisen yhteydessä luetteloiitiin pienetkin tunnetut malmiutummat sekä vanhat kaivokset. Tiedot on kerätty pääasiallisesti kirjallisuudesta ja arkistoista sekä asiantuntijoita haastatteleamalla (Saltikoff et al. 1994, Puustinen 2003). Lisäksi GTK:ssa on laadittu kaikista historiallisista kaivospaikoista valtakunnallinen malmiviiteluettelo sekä malmiesiintymäkortisto (Saltikoff 1984, 1997).

Tiedot vanhimpien kaivosten toiminnasta ovat hyvin rajoitettuja. Tiedetään, että karbonaattikiviä on louhittu ja poltettu jo keskiajalta lähtien linnojen ja kirkkojen kalkkilaastiksi, sekä sisäpintojen kalkkimaalausta varten. Ensimmäiset varhaiset karbonaattikivikaivokset ovat toimineet ilmeisesti jo 1000-luvulla, mutta niiden sijainti ja louhintatiedot ovat puutteellisia. Museoviraston muinaisjäännösrekisterissä sekä Kauko Puustisen (2003) keräämässä kaivosrekisterissä ensimmäinen kaivos on ollut Kukkianjärven karbonaattikivikaivos Luopioisissa. Kaivos oli toiminnassa jo 1200-luvulla ja kalkkia käytettiin Hämeen linnan rakentamisessa (Pirkanmaan maakuntamuseo 2017). Julius Ailio (1917) kirjoittaa Hämeen linnan esi- ja rakennushistoria teoksessaan Birger- jaarlin (n. *1200 – †1266) löytäneen Hauhon Haikonvuoren kalkkilouhoksen, josta on otettu kalkkia linnan rakentamiseen. Ailio mainitsee kalkkinottoaikoja olleen myös Mäntyharjulla, Hausjärvellä, Urjalassa sekä Kuhmalahdella (Ailio 1917, 220).

Yksi vanhimmista karbonaattikivikaivoksista on aloittanut toimintansa vuonna 1329 Förbyssä, Lounais-Suomessa. 1520-luvulla Suomesta toimitettiin kalkkia Ruotsiin kuninkaan linnan rakentamiseen. Tiedot muista teollisuusmineraalikaivoksista ovat vähäisiä, mutta kvartsia ja maasälpää tiedetään louhitun ainakin jo 1700-luvulla (Puustinen 2004, Hietala 2013). Kvartsia tarvittiin lasin valmistamiseen, kalkinpoltoon ja raudanvalmistukseen, sekä maasälpää posliinin valmistukseen.

Metallikaivoksista vanhimpia ovat olleet Juvan Remojärvi 1525 (Fe), Lohjan Ojamo 1533 (Fe), Hyvinkään Kytäjä 1556 (Cu), Kemiön Vestlax 1558 (Cu), Kemiön Markby 1558 (Pb), Forssan Matkajärvi 1558 (Cu), Mustasaaren Ingesson 1561 (Cu) ja Ylistaron Vittinki 1563 (Fe) (Puustinen 2003, Hietala 2013).

Suomen vuoriteollisuuden pitkän historian aikana on ollut vaihteita, jotka ovat liittyneet maamme valtiolliseen asemaan ja yleiseen taloudelliseen kehitykseen. Ennen Suomen liittämistä Venäjän keisarikuntaan vuoteen 1808 saakka, Ruotsin vallan aikana, kruunulla oli yksinoikeus malmeihin (julistus Ruotsin kruunun yksinoikeudesta malmeihin 27.3.1551). Suomen kaivostoiminnasta vastasi kuningas, kunnes Tukholmaan perustettiin Vuorikollegio 1630-luvulla. Ruotsi tunnettiin 1600-luvulla raudan tärkeimpänä vientimaana Euroopassa ja myös kupariesiintymistään. Ruotsin valtio piti kaivostoimintaa ja metallien jalostusta tärkeänä ja Ruotsin kuninkaat Kustaa Vaasa ja Kustaa II Adolf halusivat, että myös Suomesta etsitään luonnonrikkauksia (Puustinen 2003, Hietala 2013).

Luukko (1971) kirjoittaa Vaasan historia -kirjassa Pohjanmaan alueen malmiesiintymien etsinnästä 1600-luvulla. Esimerkiksi Korsholman ja Kaarleporin kreivikuntien päällismiehet olivat 1600-luvulla erityisen kiinnostuneita aloittamaan ruukkitoimintaa Pohjanmaalla. Viimeksi mainitun kreivikunnan hopmanni Johan Forsman louhitutti mm. Lapuan Simpsiötä, tarkoituksenaan löytää hopeaa ja kuparia. Myös alueen valistuneimmat talonpojat olivat kiinnostuneita malmeista ja ruukkitoiminnan aloittamisesta. Kilpailu malminetsinnässä kävi jopa niin kiivaaksi, että kun eräs talonpoika oli ottanut mukaansa Ruotsiin puoli tynnyriä malminäytteitä, olivat Vaasan porvarit kaataneet näytteet mereen ennen laivan saapumista Tukholmaan, koska heillä todennäköisesti oli omia suunnitelmia vuorityön aloittamiseksi (Luukko 1971, 305). Malminetsijöistä voi mainita bergprobermästere Adam Damesin, joka etsi Etelä-Pohjanmaalla malmeja vuonna 1675 (Luukko 1971, 306).

Lukumäärältään eniten kaivoksia toimi 1700- ja 1800-luvuilla. Kaivokset olivat pieniä rauta- ja kuparikaivoksia (Puustinen 2003, Toropainen 2006). Kaivosrekisterin mukaan metallimalmi-, järvi- ja suomalmi-, teollisuusmineraali-, rakennuskivi-, kullanhuuhdonta-, timantti- sekä tuntemattomasta syystä tehtyjä valtauksia on ollut Suomessa vuosien 1811–2000 välisenä aikana yhteensä 111 691 kappaletta. Näistä peräti 93 634 on ollut metallimineraleihin liittyviä valtauksia (Puustinen 2002).

Rautaruukeista ensimmäisenä toimintansa aloitti Mustion ruukki Karjaalla, johon raaka-aine saatiin Ojamon rautakaivoksesta. Ruukki perustettiin 1560-luvulla ja se on ollut yksi pisimpään toimineista ruukeista. Ruukki oli toiminnassa 285 vuotta (Puustinen

2004). Suuren Pohjansodan ja Isonvihan takia ruukkien toiminta ja vuoriteollisuus katkesi Suomessa ja oli pysähdyksissä lähes 30 vuotta. Rauhan tultua vuonna 1721 ruukkien jälleenrakentaminen alkoi ja varsinainen kaivostoiminta elpyi 1740-luvulla (Hietala 2013). Malminetsinnän maassamme käynnistivät näihin aikoihin, 1740-luvulla, vuorihallituksen asessori, vapaaherra Daniel Tilas (*1712–†1772) ja vuorimestari Magnus Linder (*1709–†1799). Malmien löytyminen koettiin tärkeänä ja siitä syystä jopa kirkoissa luettiin kuulutuksia, joissa kansalaisia kehoitettiin ilmoittamaan malmilöydöistä (Puustinen 2003, Ratia 1989, Hietala 2013). Voidaan katsoa, että kansannäytetoiminta sai alkunsa tällöin.

1.1.1 Kaivosten löytöhistoria

Kaivosten löytöhistoriaa koskevaa aineistoa on melko niukasti saatavilla, eikä aiheesta ole tehty kattavaa koostetta. Tiedot alkuperäisestä löytäjästä ovat saattaneet ajan kuluessa kadota, koska tietoja ei ole aina välttämättä kirjoitettu julkaisuihin. Toisinaan myös samaan kaivokseen liittyviä löytötarinoita saattaa olla useampia tai ne ovat keskenään ristiriitaisia. Kansannäytetoimistoon tulee usein kysymyksiä liittyen siihen, kuka tai ketkä ovat löytäneet ensimmäiset kaivokseen johtaneet viitteet. Asioiden selvittämiseen kuluu monesti aikaa ja vaatii monen henkilön voimin tehtävää selvitystyötä. Ensimmäisestä malmiviitteestä kaivoksen avaamiseen kuluu nykyään keskimäärin noin kymmenen vuotta. Parhaimmillaan alkuperäinen löytäjä tulee palkituksi löydöstään vielä vuosien tai vuosikymmenten jälkeenkin. Yksi tällainen esimerkki on Raahen Laivakankaan kultamalmi.

Kaivokseen johtaneesta löydöstä tuli kuluneeksi 32 vuotta, kun kaivosyhtiö palkitsi löytäjä Pentti Jämbeckin. Jämbeck oli sitä ennen saanut GTK:n kansannäytepalkinnon. Jämbäck lähetti metsästysretkellään löytämänsä näytteen vuonna 1979 GTK:n kansannäytetoimistoon. Näytteen kultapitoisuus oli 15 g/t (Hietala 2012b). Outokumpu aloitti alueen tutkimukset vuonna 1981. Alueella tehtiin lohokare-etsintää, kallioperäkartoitusta, minikairanäytteenottoa, syväkairausta sekä matalalentomagneettinen tutkimus (Sandgren 1982). Tutkimusten avulla paikannettiin kaksi mineralisaatiota. Kultaesiintymä sijoittuu emäksisen metavulkaniitin ja intermediäärisen syväkiven kontaktivyöhykkeeseen. Kulta liittyy kontaktivyöhykkeen kvartsijuoniin ja juoniparviin. (Mäkelä 1985, 5–7). Monivaiheiset tutkimukset huipentuivat vuoden 1985 alussa Outokumpu Oy:n suo-

rittamaan koelouhintaan ja koerikastukseen. Näiden tulosten perusteella Laivakankaan ja lähistöllä olevien muiden esiintymien louhinta ei olisi ollut siihen aikaan taloudellisesti kannattavaa. Tämän jälkeen Raahen Laivakankaan esiintymää ehdittiin tutkia jomonen eri malminetsintä- ja kaivosyhtiön toimesta aina näytteen löydöstä lähtien. Vuonna 2005 Nordic Mines AB aloitti alueella tarkemmat tutkimukset ja vuonna 2011 kaivos avattiin virallisesti. Laivakankaan kansannäytelöytö on viimeisin kaivokseen johtanut löytö (Hietala 2012b).

Orijärven kuparikaivokseen (1758–1958) johtaneen malminäytteen löysi Orijärven Isotalon rusthollari Johan Isaksson. Isaksson oli tehnyt tulen takamailleen ja tulen hitaasti hiipuesssa alta paljastui oudosti kimalteleva kalliopinta. Hän oli irrottanut kalliosta kappaleita ja myöhemmin näyttänyt niitä vouti Anders Holmbergille (Poutanen 1996, 15). Löydöstä palkittiin virheellisesti Holmberg, joka sai Kuninkaallisen Vuorikollegion myöntämän kunnianosoituksen, hopeisen maljan. Maljaan oli kaiverrettu ”*Kuninkaalliselta Vuorikolleegiolta v. 1778 Anders Holmbergille, Orijärven kuparisuonen löytäjälle, Uudellamaalla Kiskon pitäjässä*”. Kaivoksen omistuksen siirryttyä Fiskarsille, virhe korjattiin ja hopeamaljan pohjaan kaiverrettiin lisäteksti ”*Oikea löytäjä Orijärven rusthollari Johan Isaksson ei saanut mitään, löysi 1757*” (Grahm 2013, 16; Turunen 1957). Orijärven ensimmäinen kaivos, Vanha Kaivos, perustettiin vuonna 1758. Kaiken kaikkiaan alueella toimi 23 louhosta ja kaivoskuilua vuosien 1758–1882 ja vuosien 1929–1955 välisenä aikana (Turunen 1957, Puustinen 2003). Orijärven alue on Suomen geologian historiassa merkittävä, sillä geologian ja mineralogian professori Pentti Eskola (*1883–†1964) teki metamorfiseen fasiesoppiin johtaneen tutkimustyönsä siellä (Eskola 1915). Orijärvellä metamorfiset rakenteet sekä mineraaliseurueet ovat hyvin havaittavissa (Papunen 1986, 199; Turunen 1957).

1900-luvun alkupuolen merkittävin ei-ammattioppinut malminetsijä oli Rafaël Franck (*1865–†1934). Franck aloitti insinööriopinnot, mutta ne eivät tuottaneet tulosta, joten Franck osti isältään maatilan vuonna 1886 Pohjan pitäjältä. Maanviljelyksen ohella häntä kiinnostivat suuresti maalajit sekä mineraalit. Franck rakensi tiilitehtaan sekä Brödtorpin kalkkiuunin. Franck tutki alueita vuorikompassilla sekä magnetometrillä. Kohdissa, joissa kompassin veto oli voimakkainta, hän teki louhintaa ja 10–16 metriä syvistä kuopista löytyi magnetiittia, sinkkivälkettä, kupari- sekä rikkikiisua. Lopulta Pohjan Brödtorpin alueelle syntyi useita pieniä sinkkikaivoksia (mm. kuilut Nyckeln,

Grafiitti ja Sederholm). Myöhemmin Franckin lisätutkimukset johtivat Aijalan kupari-sinkkiesiintymän löytymiseen ja kaivostoimintaan (Laine 1955, 57–59.)

Puustisen (2003) kaivosrekisterin mukaan Suomen ensimmäinen hyödynnetty nikkeli-esiintymä sijaitsi Sotkamon Talvivaarassa. Esiintymä löytyi vuonna 1717 ja sitä louhittiin vuonna 1934. Suomen ensimmäinen 1900-luvulla toiminut nikkeli-kaivos sijaitsi Petsamossa. Petsamon nikkelimalmi löytyi vuonna 1921 ja kaivos oli toiminnassa vuosina 1936–1944. Ensimmäinen kaivokseen johtanut nikkeli-pitoinen kansannäyte löytyi Nivalasta vuonna 1936. Pienviljelijä Kusti Ainasoja löysi nikkeliä sisältävän lohokareen ja Geologiselle toimikunnalle lähetetty näyte sisälsi 0,63 % nikkeliä ja 1,7 % kuparia. Ainasoja oli lukenut kyseisen vuoden toukokuussa professori Aarne Laitakarin kirjoituksen Yhteishyvä-lehdestä. Laitakarin kirjoituksen otsikkona oli ”Jokainen voi löytää malmeja”. Kirjoituksesta Ainasoja oli opetellut tunnistamaan tavallisten malmimineraalien tuntomerkit. Alueelta löytyi lisää malmilohkareita ja ne muodostivat jonkin verran levenevän lohkaraviuhkan. Malmi löytyi lohkaraviuhkan osoittamalla alueella suon alta, neljän kilometrin päästä lohkareista. Nivalan Makolassa ryhdyttiin syväkairauksiin heinäkuussa 1937 (Kilpi 1936). Makolan kaivos oli toiminnassa vuosien 1941–1954 välisenä aikana (Puustinen 2003). Kilpi (1936) kirjoittaa raportissaan, että ”*Nivalan malmiesiintymän löytäminen on puhtaasti tieteellisen tutkimustyön tulos, mutta on aina muistettava, että aiheen sen etsimiseen Geologinen toimikunta sai kansanmieheltä. Makolan malmiesiintymän löytöhistoria tulee aina olemaan erinomainen esimerkki siitä, miten tärkeä osuus jokaisella kansalaisella on malmien etsinnässä*”.

Suomen ainoa molybdeenikaivos toimi Lieksassa. Mätäsvaaran molybdeeniesiintymän löysi pielisjärveläinen työmies ja kulkukauppias Erkka Ikonen. Paikallisten keskuudessa ”Hullu-Erkkana” tunnettu Ikonen kierteli pitkin poikin kotiseutunsa maastoja vasaran, poran ja säkin kanssa etsien malmia. Ikonen lähetti löytämiään näytteitä Geologiseen tutkimuslaitokseen tutkittavaksi. Ikonen näytteiden perusteella Pielisjärven pitäjässä uskottiin olevan hyödynnettäväksi kelpaavia malmiesiintymiä ja lopulta Mätäsvaaran esiintymä paikannettiin vuonna 1903 Joensuu-Nurmes-rautatien rakennustöiden yhteydessä (Vartiainen 2014, 44–45). Kaivostoiminta Mätäsvaarassa alkoi 1910 ja sitä louhittiin myös vuosina 1920–1922 ja 1932–1933 sekä toisen maailmansodan aikana vuosina 1940–1947 (Puustinen 2003). Kaivos oli Suomen ainoa molybdeenin tuottaja ja koko tuotanto meni sotatarviketeollisuuden tarpeisiin (Vartiainen 2014, 44).

Korsnäsin kaivoksen historia alkoi monen muun kaivoksen tavoin kansannäytteestä. Vuonna 1950 Geologinen tutkimuslaitos käynnisti malminetsintäkampanjan, jonka pääpalkintona oli miljoona markkaa kaivokseen johtavasta löydöstä. Opettaja Helge Holm kiinnostui malminetsinnästä ja Helgen innostus tarttui hänen naapuriinsa Gottfrid Pistoliin. Kumppanukset aloittivat etsintätöiden yhdessä. Tuloksena he löysivät lyijyhohdepi-toisia kiviä Korsnäsin alueelta. Vuoden 1951 joulukuussa kaksikko palkittiin Geologi-sen tutkimuslaitoksen kansannäytepalkinnolla. Myöhemmin vuonna 1953 Kauppa- ja teollisuusministeriö myönsi löytäjille valtion palkinnot, Gottfrid Pistol sai 250 000 markkaa ja Helge Holm 150 000 markkaa. Myös rouva Anna Sköld sai 100 000 mark-kaa vuonna 1952 (tai 1953) perunamaasta löytämästään kivistä, jossa oli korkea lyijypi-toisuus (Nystén 2008).

Tutkimukset Korsnäsinissä alkoivat jo syyskuussa vuonna 1951, jolloin alueella käynnis-tettiin malminetsintä ja malmi paikannettiin lokakuussa 1955. Korsnäsin lyijykaivos oli toiminnassa vuosien 1958–1972 välisenä aikana. Lyijyn vuosituotanto nousi aina 100 000 tonniin. Lyijyrikasteen lisäksi kaivos tuotti myös apatiittirikastetta, joka sisälsi har-vinaisia maametalleja kuten cerumia, neodyymia ja lantaania. Korsnäsin kaivos on ol-lut Suomen ainoa lyijykaivos (Papunen 1986, 210). Malmin toinen löytäjä Gottfrid Pis-tol toimi Outokumpu Oy:llä lohkar-etsijänä ja hän löysi 10 kilometrin päästä Korsnä-sistä, Petolahden länsiosasta, Långbacka-nimisestä paikasta kolme suurikokoista mag-neettikiisua, pentlandiittia sekä kuparikiisua sisältävää lohkarettä. Alueella suoritettiin vuosien 1957–1958 välisenä aikana geologisia, geokemiallisia, magneettisia ja sähköi-siä tutkimuksia sekä gravimetrisiä mittauksia ja syväkairausta. Petolahden nikkeli-kuparimalmin todettiin olevan 600–700 metriä pitkä ja 5–70 metriä paksu ja liittyvän diabaasijuonen kärkiosaan (Ervamaa 1959). Petolahden kaivos oli toiminnassa vuosina 1972–1973 (Puustinen 2003).

Kaikkein tunnetuin kansannäyte on Rääkkylän Kivisalmen kanavatyömaalta löytynyt malmilohkare, joka johti monien vaiheiden kautta Outokummun malmin löytymiseen. Vuonna 1908 koneenkäyttäjät Ossian Asplund ja Axel Eskelin olivat kanavatyömaan ruoppaustöissä, kun koneen kauha juuttui raskaaseen lohkareseen. Lohkare oli suuri, noin viiden kuutiometrin kokoinen. Asplund ja Eskelin sekä rakennusmestari K. J. Montin luulivat kiveä meteoriitiksi. Montin lähetti 17 kiloa painavan näytteen tutkitta-vaksi Geologiseen toimistoon Helsinkiin vuonna 1908. Näyte ei kuitenkaan kiinnittänyt

suurta huomiota, koska näyte ja saatekirje olivat eri teillä. Valtiongeologi Otto Trüstedt tunnisti kiven olevan malmin ja Montinilta pyydettiin uusi näyte. Trüstedt teki kartoituksia syksyllä 1908 Kuusjärven pitäjässä ja löysi kuparipitoisia lohkarkeitä Outokummun eteläpuolelta Matovaarasta. Hän päätteli lohkareiden sisältämien kivilajien perusteella kiven kulkeneen Rääkkylään 50 kilometrin päässä sijaitsevasta Outokummusta. Trüstedt seurasi lohkareviuhkaa Outokummun itä- ja pohjoispuolelle ja samalla suoritettiin magneettisia mittauksia sekä tehtiin tutkimuskuoppia. Monien vaiheiden jälkeen Outokummussa aloitettiin kairaukset syksyllä 1909. Vuoden 1910 alussa oli ankarat pakkaset, jopa -35–38 astetta, mikä teki työn lähes mahdottomaksi. Vasta viimeisellä kairauspaikalla kairaus onnistui ja malmilävistyksen paksuus oli yhdeksän metriä. Outokummun malmin löytyi kahden vuoden sitkeän etsintätöiden tuloksena (Saksela 1948). Outokummun malmin löytymisestä alkoi Suomen moderni kaivosteollisuus. Outokumpu oli toiminnassa vuoteen 1989 asti (Puustinen 2003).

Pyhäsalmeella sijaitseva rikkiä, sinkkiä ja kuparia tuottava kaivos on toiminut jo yli 50 vuotta aina vuodesta 1959 tähän päivään saakka. Kaivostoiminnan on arvioitu kestävän vuoteen 2019 saakka (First Quantum Minerals Ltd 2017). Esiintymä löytyi vuonna 1958. Vuosi oli erittäin kuiva ja tästä syystä maanviljelijä Erkki Ruotanen Pyhäjärven Ruotoistenmäeltä syvensi kotitilansa kuivunutta kaivoa. Vastaa tuli kallio, josta räjäyttäessä paljastui metallimaisia kappaleita, joita Ruotanen lähetti tutkittavaksi Outokumpu Oy:lle sekä Geologiselle tutkimuslaitokselle. Outokumpu Oy:n tutkijat löysivät kaivon pohjalta massiivisen rikkikiisumalmin, jossa oli myös kuparia ja sinkkiä. Jatkotutkimuksissa esiintymän todettiin olevan taloudellisesti kannattava ja kaivostoiminta alkoi vuonna 1962 (Papunen 1986, 176).

Suomen ainoa kromikaivos sijaitsee Keminmaalla. Kemin kromikaivokseen johtanut löytö on yksi merkittävimmistä. Ensimmäinen viite löytyi vuonna 1959, kun Veitsiluodon tehtailla töissä ollut Martti Matilainen löysi vesikanavan louhintatöiden yhteydessä mielestään omituisia kiveä. Jatkotutkimuksissa paikallistettiin kromiittihorisontti, joka paksuimmillaan sijaitsi Eläjärven alueella (Kahma 1960, 2–3; Papunen 1986, 153).

Kauppa- ja teollisuusministeriön myöntämän valtion malminlöytöpalkkion, 500 000 markkaa, Matilainen sai vuonna 1960. Matilainen sai myös elinikäisen työpaikan Kemin kromikaivoksesta. Kaivos aloitti toimintansa 1966 ja on edelleen toiminnassa.

Kemin kaivos on ainoa kromikaivos EU-alueella. Juhani Hiltusen vuonna 2016 ilmesty-

neessä kirjassa ”*Ensimmäinen kivi*” kuvataan yksityiskohtaisesti tapahtumasarja, joka johti ensimmäisen kromiittinäytteen löytymisestä kaivosteollisuuden ja terästehtaan syntymiseen. Kirja on Martti Matilaisen elämäkertateos. ”*Kromimalmin löydön jälkeen elämäni on ollut jännittävää. Se on osaltaan tehnyt elämäni elämisen arvoiseksi*” Martti Matilainen (Hiltunen 2016, 288).

Vuonna 1937 ylöjärveläinen malminetsijä Kalle Leppänen lähetti Geologiseen tutkimuslaitokseen rikkikiisupitoisia lohkareita Ylöjärveltä, Järvenpään tilalta. Silloinen valtiongeologi Martti Saksela kiinnostui näytteistä ja tutkimuksissa paikallistettiin ensin rikkikiisua sisältävä serisiittikvarssiittiliuske ja tutkimusten jatkuessa Paroisten Kaitajärveltä löytyi lohkareista ja kallioista turmaliinibreksiaa, joka sisälsi kuparikiisua sekä arseenikiisua. Geofysikaalisten tutkimusten ja syväkairausten perusteella malmiesiintymä todettiin laajaksi ja kannattavaksi, jolloin vuonna 1942 Outokumpu Oy aloitti kaivostoiminnan. Malmissa oli myös volframimineraalia, scheeliittiä, joka osoittautui kuparin kanssa yhdeksi tärkeäksi mineraaliksi. Kuparin ja volframin lisäksi Ylöjärven kaivos tuotti myös arseenirikastetta. Kaivos toimi vuoteen 1966 saakka (Haapala & Papunen 2015, 12).

Etsintäyhtiö Malmikaivos Oy perustettiin vuonna 1941. Lukuisten lehti-ilmoitusten perusteella yhtiö sai kansalaisilta runsaasti malminäytteitä. Itä-Suomessa Kaavilla sijaitseva Luikonlahden kupariesiintymä osoittautui mielenkiintoiseksi kohteeksi. Ensimmäiset malmiviitteet löytyivät vuonna 1944 ja kuparikaivos perustettiin vuonna 1958. Se oli toiminnassa vuoteen 1983 saakka. (Puustinen 2003, Haapala & Papunen 2015, 13)

Vihannin sinkkimalmi löytyi vuonna 1944, kun alueelta lähetettiin Geologiselle tutkimuslaitokselle useita kansannäytteitä vuosien 1936–1941 välisenä aikana. Lähetetyt lohkareet sisälsivät pääosin rikkikiisua, myös satunnaisesti kuparikiisua ja sinkkivälkettä. Moreenitutkimusten sekä geofysikaalisten mittausten perusteella malmi paikallistettiin Vihannin Lampinsaarelle. Kaivos perustettiin vuonna 1951 ja tuotanto aloitettiin vuonna 1954. Kaivos oli toiminnassa vuoteen 1992 saakka (Papunen et al. 1986, 173–175).

Kansannäytteiden perusteella on löydetty myös muutamia teollisuusmineraalikaivoksia. Näistä esimerkiksi Siilinjärven apatiittia tuottava kaivos on edelleen toiminnassa. Siilin-

järven apatiittikaivokseen johtanut näyte löytyi 1950-luvulla. Ensimmäisen näytteen Geologiseen tutkimuslaitokseen lähetti Jorma Hakala. Näyte oli löytynyt Juankosken rautatietyömaalta kallioleikkauksesta, 5,5 kilometrin päästä Siilinjärven asemalta. Löytöpaikka sijaitsi esiintymän länsireunalla. Kaivokseen johtavasta löydöstä löytäjä palkittiin vuonna 1974 valtion palkinnolla (Kuivasaari 2010).

Siilinjärveä lukuun ottamatta kansannäytteiden osuus luonnonkivien ja teollisuusmineeraalien paikantamisessa on suhteellisen pieni. Muutamia maasälpää ja kvartsia tuottavia louhoksia on löytynyt kansannäytteiden perusteella. Eräs esimerkki näistä on Seinäjoen Haapaluoman pegmatiittiesiintymän löytyminen. Ensimmäiset maasälpälohkareet löysi Paavo Itoniemi vuonna 1958 ojankaivuun yhteydessä. Tutkimustyön tuloksena paikalle rakennettiin neljän vuoden kuluttua maasälpälouhos. Peräseinäjoen kunnalla oli valtuuston päätös, että kaivoksen perustamiseen johtavasta löydöksestä maksetaan miljoonan aikaista markkaa. Kunta ei kuitenkaan maksanut sanasta louhos, koska se ei ollut kunnan mielestä sama asia kuin kaivos. Myöhemmin perikunta otti asian uudelleen esiin ja juuri ennen hovioikeuden käsittelyä kunta maksoi löytöpalkkion (Turkka 1994, Hietala 2013).

Haapaluoman louhos oli toiminnassa yhteensä 35 vuotta vuosina 1962–1997. Haapaluoman maasälpä tunnettiin erittäin alhaisesta rautapitoisuudestaan, ja on väitetty, että se oli tuolloin Euroopan matalarautaisin maasälpämalmi. Silloinen Tammissaaren posliini, joka nykyään tunnetaan nimellä IDO Kylpyhuone, oli Haapaluoman suurin asiakas. Haapaluoman malmia kuljetettiin myös Forssan ja Hyvinkään lasivillatehtaille. Yksi suurimmista asiakkaista oli Kemiön laitos, joka jauhoi maasälvän edelleen hienoksi ja toimitti sen pääasiassa Hackman-Arabialle. Näiden lisäksi tuotetta myytiin säkitettynä Puolaan ja Unkariin (Turkka 1994, Hietala 2017a, 233–234).

Kansalaisten toimesta on löydetty ja hyödynnetty myös lukuisia karbonaattikiviesiintymiä jo kauan ennen varsinaista teollista tuotantoa. Esimerkiksi Etelä-Pohjanmaalla Vimpelin ja Alajärven karbonaattikiviesiintymiä on hyödynnetty jo pitkään. Etelä-Pohjanmaan laajat maanviljelysaluudet ovat sulfidisavien vuoksi luonnostaan happamia ja peltojen tuotantoa pystytään parantamaan kalkituksella. Laajempi teollinen tuotanto alueella käynnistyi vuonna 1949, jolloin Vimpelin Kotakankaalla aloitettiin kalkkikiven louhinta ja jauhatus maanparannusaineeksi. Lähistöllä oleva Ryytimaan louhos avattiin

vuonna 1962 ja Vesterbackan louhos vuonna 1992 ja nämä ovat edelleen toiminnassa. Vimpelin louhosten päätuote on maanparannuskalkki (Puustinen 2003, Hietala 2013).

Vimpelin ja Alajärven alueen kalkkiesiintymiä on hyödynnetty tosin jo 1800-luvulta lähtien. Vimpelin kalkkiesiintymän löytämiseen liittyy erikoinen kertomus. Vihje Vimpelin kalkkikivestä saatiin ”pahoilta hengiltä”, kun 1800-luvun puolivälissä silloisen Lappajärven emäseurakunnan rovasti Jakob Fellman vieraili paikallisen isännän luona, joka oli hakenut Fellmanin ajamaan pahoja henkiä pois takasta, jossa henget pitivät ”peiliään”. Rovasti Fellman tunnisti henget heti kalkkikiviksi, joista takka oli tehty (Asu 2013, Hietala 2013). Fellman käynnisti kalkkikiven louhinnan ja polton, sekä rakennutti kalkkiuuneja. Fellman, jota myös Kalkki-Jaakoksi kutsuttiin, aloitti uuden elinkeinon Vimpelissä ja omisti myös rautaruukin, paperitehtaan, myllyjä ja sahan (Turkka 1994, Mäntylä 2002, Hietala 2013). Museoviraston inventointien yhteydessä seudulta on löytynyt yli 40 vanhaa kalkkiuunia (Mäntylä 2002). Ainutlaatuisiksi vimpeliläisen kalkkinpolton tekee se, että se säilytti talonpoikaisen luonteensa läpi reilun vuosisataisen historiansa. Tämä talonpoikainen kalkkinpolto on koko maata ajatellen historiallisena ilmiönä ainutlaatuinen (Peltonen 1995).

Merkittävänä teollisuusmineraalilöytönä voidaan pitää myös Kaustisen alueen litiumesiintymän löytymiseen johtanutta kansannäytettä. Ensimmäiset spodumeenipegmatiittikivet esitteli maanviljelijä Arvo Puumala loppukesästä 1959 Suomen Mineraali Oy:n geologian kesäharjottelijalle Ilmari Haapalalle. Ilmari Haapalasta tuli geologian ja mineralogian dosentti ja myöhemmin professori vuonna 1982. Lohkareet olivat löytyneet Kaustisen Nikulasta Puriklumpin alueelta. Tällöin mineraalia ei vielä varmuudella tunnistettu. Arvo Puumala oli arvellut mineraalin olevan skapoliittia. Ilmari Haapala tunnisti mineraalin spodumeeniksi. Tämä löytö johti mittaviin lohketutkimuksiin alueella. Arvo Puumala palkittiin myöhemmin valtion erityispalkinnolla (Olle Sirén, kirjallinen tiedonanto 13.4.2017).

Valtion malminetsintäpalkintoja jaettiin vuodesta 1952 sellaisista löydöistä, jotka johtivat kaivostoimintaan. Palkkioita on myönnetty ainakin Kemin kromimalmin, Vihannin sinkkimalmin, Korsnäsin lyijymalmin, Kotalahden nikkimalmin, Pyhäsalmen rikki-kiisumalmin, Enon Paukkajanvaaran uraanimalmin sekä Ullavan litiumesiintymän löytäjille. Kaikkien em. mainittujen malmipalkintojen antajana oli tohtori Herman Stigze-

lius Kauppa- ja teollisuusministeriöstä. Tänä päivänä erityistä valtion malmipalkintoa ei enää jaeta. Palkitsemiseen liittyen kunnilla voi olla vanhoja päätöksiä kaivokseen johtavien löydösten palkitsemisesta. Esimerkiksi Rautalammin kunnasta on löytynyt mielenkiintoisia maametalliesiintymiä, sekä rakennuskiviteollisuuteen liittyviä esiintymiä. Vuonna 1958 joulukuussa Rautalammin kunnanvaltuusto päätti tehdä 1 miljoonan markan suuruisen pysyvän palkkiovarauksen maksamiseksi kaivostoimintaan johtavasta löydöstä. Vuonna 2012 kunnan elinkeinojaosto esitti kunnanhallitukselle varattavaksi vuoden 2012 talousarvioon 100 000 euron pysyvän palkkiovarauksen, jos kunnan järjestämä malmien ja maametallien etsintäkilpailu johtaa uuden ja vielä tuntemattoman esiintymän löytymiseen sekä kaivostoiminnan käynnistämiseen Rautalammin kunnan alueella. Pysyvä palkkiovaraus oli voimassa vuoden 2016 loppuun saakka (Rautalammin kunta 2012).

1.2 Kaivostoiminta nykyisin

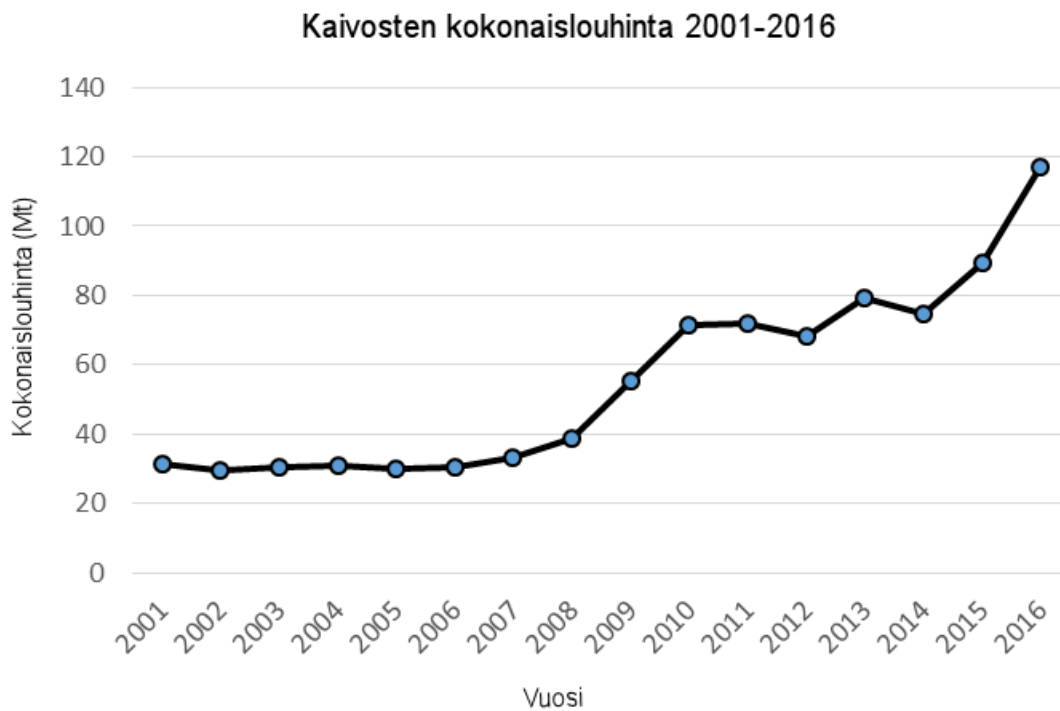
1970-luvulle saakka valtio etsi malmeja lähinnä Outokumpu Oy:lle, sekä muille yhtiöille. Suomen metallisten malmien historiallinen louhintahuippu, noin 10 milj. tonnia, saavutettiin vuonna 1979, minkä jälkeen lukuisia kaivoksia suljettiin ja louhintamäärä väheni vajaan neljään miljoonaan tonniin (Nurmi et al. 2009). Nykyään louhintamäärä on yli kymmenkertainen vuoteen 1979 verrattuna. Vuonna 2016 kaivosten kokonaislouhintamäärä oli 117 miljoonaa tonnia. Se on 31 % enemmän kuin vuonna 2015 (Liikamaa 2016) (Kuva 2). Luvut osoittavat, että kaivostoiminnan volyyymi on voimakkaassa kasvussa. Kasvu johtuu osittain siitä, että nykyään voidaan mm. uutta rikastusteknologiaa käyttäen hyödyntää suuria, alhaisen metallipitoisuuden esiintymiä.

Nyt tuotantoon tulleet ja tulevat malmit löydettiin ja tutkittiin pääosin 1960–1980-luvuilla jolloin GTK, Outokumpu Oy ja Rautaruukki Oy tekivät aktiivista malminetsintää. Niistä ajoista malminetsintä Suomessa on hiipunut ja kansannäytteiden merkitys siten vain korostuu uudesta malminetsintäteknologiasta huolimatta. Nykyään GTK:n toiminta keskittyy yksittäisten kohteiden sijaan isompiin alueisiin, joiden mineraalipotentialia on arvioitu. Vuoden 1995 EU jäsenyyden myötä ulkomaiset yhtiöt kiinnostuivat Suomen metallivarannoista. Suomessa toimii useita ulkomaisia yhtiöitä, jotka hyödyntävät maastamme kertynyttä geologista perustietoa sekä tietoa malmiesiintymistä ja mineralisaatioista (Nenonen 2006).

Kaivoslain alaisia kaivoksia oli vuonna 2016 toiminnassa 42, joista kymmenen metallimalmikaivosta, karbonaattikivikaivoksia 14, muita teollisuusmineraalikaivoksia 13 sekä teollisuuskivi- ja jalokivikaivoksia viisi. Edellisenä vuonna 2015 kaivoksia oli yhteensä 45 (Tukes 2016, 2017). Maamme merkittävimpien metallikaivosten joukkoon on kohonnut vuonna 2012 toimintansa aloittanut Kevitsan kaivos, jonka päätuotteita ovat nikkeli ja kupari. Lisäksi kaivos tuottaa kultaa, platinaa ja palladiumia. Kevitsa kasvoi vuonna 2015 louhintamäärältään Suomen suurimmaksi kaivokseksi ja tuotantoa ollaan lisäämässä. Euroopan suurin kultakaivos on Kittilässä sijaitseva Suurikuusikon kaivos, joka tuotti vuonna 2016 noin 5500 kiloa kultaa (Kaiva.fi 2017).

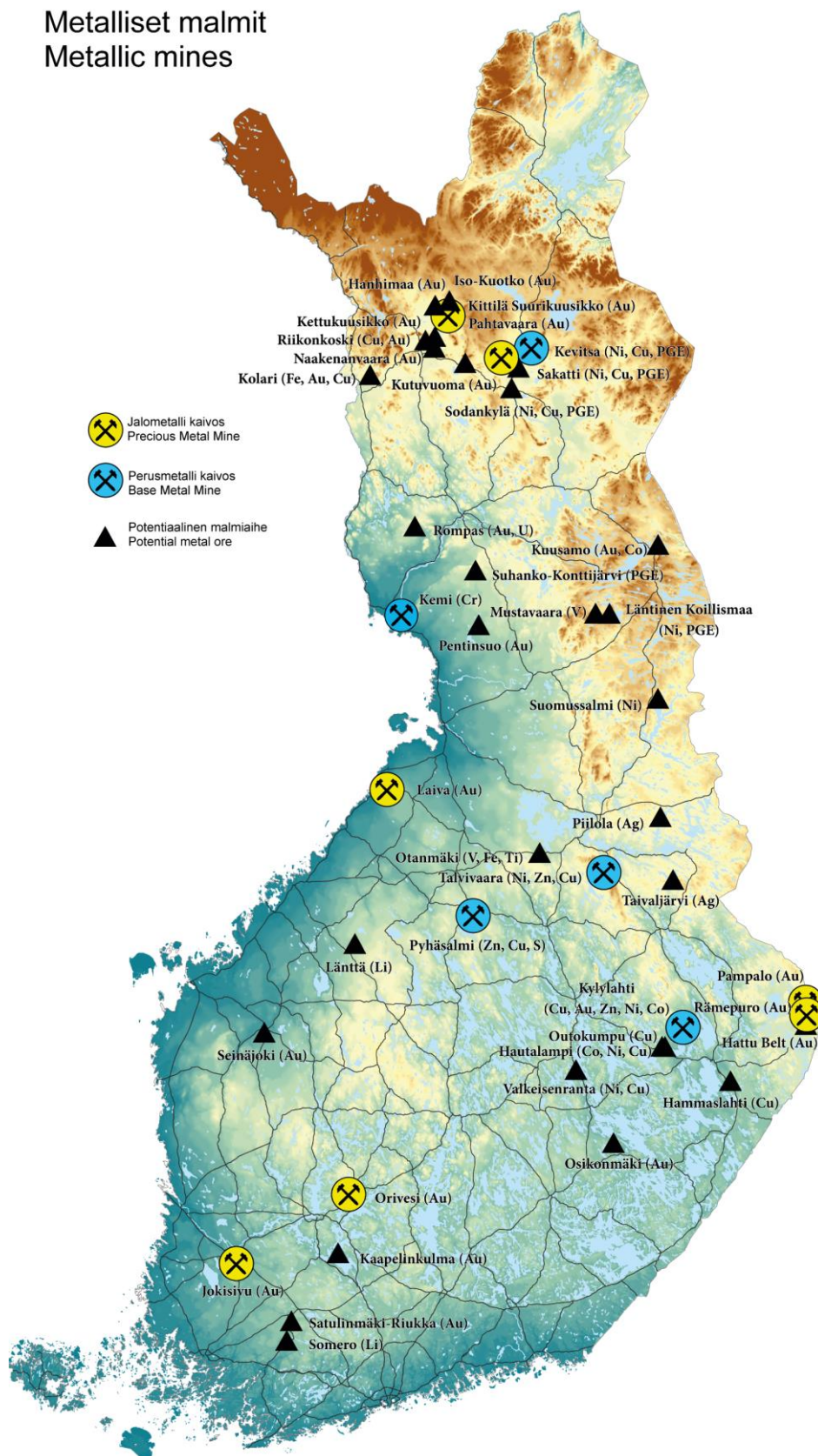
Tilanne muuttuu vuosittain ja uusia esiintymiä valmistellaan tuotantoon. Pitkälle tutkittuja esiintymiä ovat Soklin harvinaisia maametalreja sisältävä fosforiesiintymä sekä kehitteillä oleva Kokkolan Ullavan litiumiin keskittyvä kaivoshanke. Suunnitteilla on Sotkamon Taivaljärven hopea-sinkkiesiintymän sekä Mustavaaran rauta-titaani-vanadiinimalmin, Suhangon platina- ja nikkeli-kupariesiintymän ja Kolarin Hannukaisen rauta-kupari-kultaesiintymien uudelleen hyödyntäminen. Kultamalmeista mielenkiintoinen on uusi Ylitornion Rompaksen alueen kultaminalisaatio. Sakatin alueen kupari-, nikkeli- ja PGE-esiintymä on merkittävä uusi löytö Suomessa, jota on verrattu jopa Petsamon kokoiseen malmioon (Kuva 3 ja 4).

Uusin, todennäköisesti kaivokseen johtava löytö on Valkeakosken Kaapelinkulman kalliönäytteenä lähetetty kultapitoinen näyte. Valtakunnallisen malminetsintäkilpailun, malmimanian aikoihin vuonna 1986 paikallinen malminetsijä M. Ranta-Eilola lähetti 168 g/t sisältävän kultanäytteen (Rosenberg 1992). Geologian tutkimuskeskus aloitti työt samana vuonna. Tutkimusten aikana alueella tehtiin lohkar-etsintää, geokemiallista näytteenottoa ja geofysiikan mittauksia sekä syväkairausta. Tämän jälkeen Outokumpu Oy teki tutkimuksia vuosina 2000–2003 ja vuonna 2003 tutkimusta jatkoi nykyinen toimija Polar Mining Oy (Vihreäpuu 2000, Grönholm 2010). Kaivosta suunnitellaan avattavaksi vuoden 2017 aikana (Dragon Mining 2017).



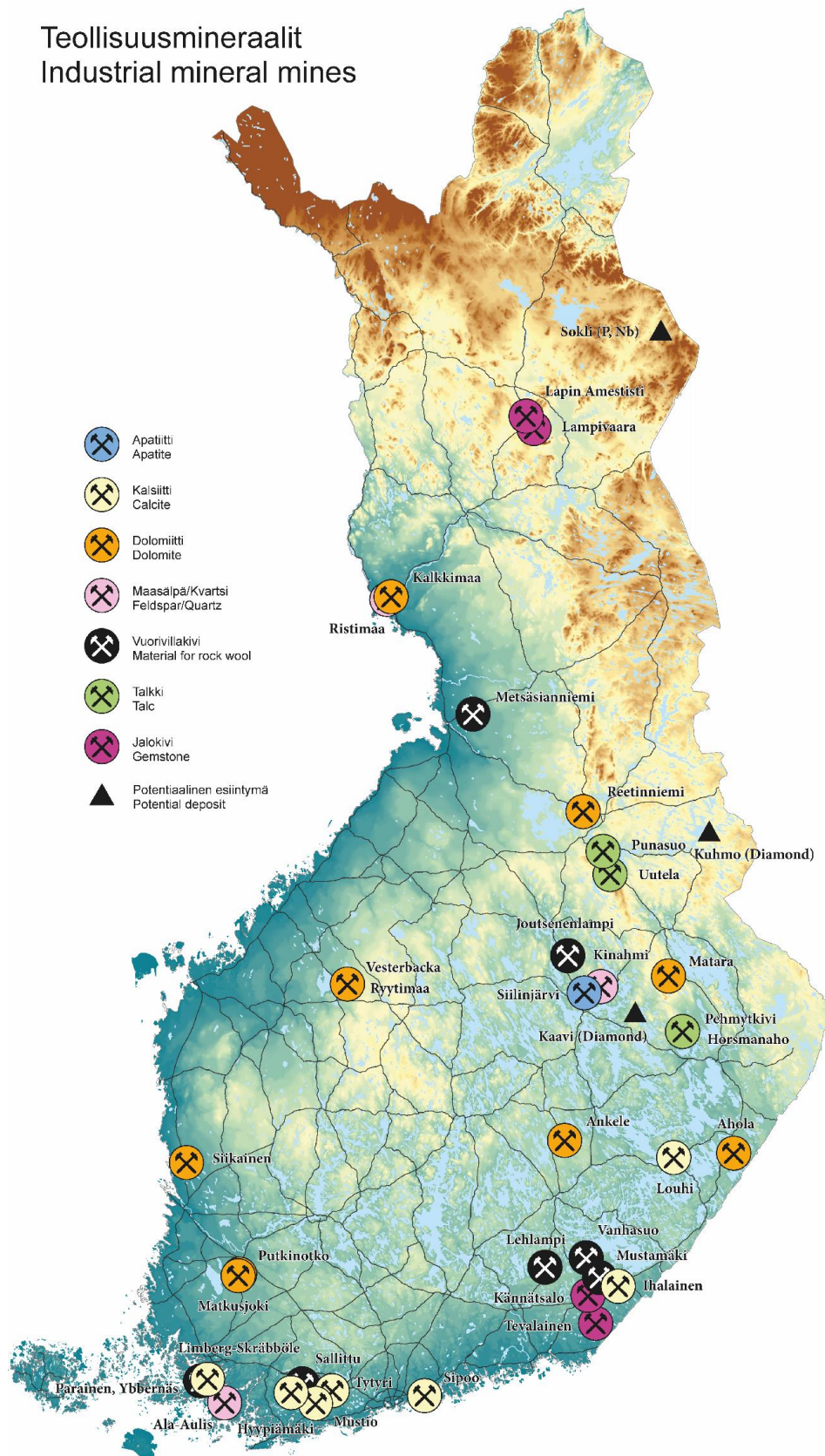
Kuva 2. Kaivosten kokonaislouhinnan määrä on useiden vuosien ajan ollut kasvussa. Tilastot vuosien 2001–2016 väliseltä ajalta osoittavat louhinnan määrän nousseen lähes kuusinkertaiseksi. Muokattu Liikamaan (2017) kuvasta.

Metalliset malmit Metallic mines



Kuva 3. Toiminnassa olevat metallimalmikaivokset sekä potentiaaliset malmiesiintymät vuonna 2017. Taustakuva MLL, aineisto Tukes ja GTK 2017.

Teollisuusmineraalit Industrial mineral mines



Kuva 4. Toiminnassa olevat teollisuusmineraalikaivokset sekä potentiaaliset esiintymät vuonna 2017. Taustakuva MLL, aineisto Tukes ja GTK 2017.

2 Kansannäytetoiminta

Geologian tutkimuskeskus (GTK) ylläpitää kansannäytepohjaista mineraalivarojen kartoitusta ja malmipotentialisten alueiden tutkimusta. Aikaisemmin, useiden yhtiöiden mukana ollessa, toimintaa kutsuttiin myös prospektausohjelmaksi (Isokangas 1976, 1). Kansannäytetoiminnalla pyritään löytämään uusia hyödynnettävissä olevia raaka-ainevaroja.

Kansannäyte on kiviharrastajan geologille tai muulle asiantuntijalle toimittama kivi-, mineraali- tai maaperänäyte. Parhaimmillaan hyvä näyte voi johtaa kaivos- tai kiviteollisuuden syntymiseen (GTK 2017). Maassamme on useita esimerkkejä tästä.

Toiminta on kansainvälisesti melko harvinaista. Suomen lisäksi samantyyppistä toimintaa on vain SGU:n järjestämä Mineraljakten Pohjois-Ruotsissa ja Grönlannissa. Ruotsissa toimintaa sponsoroivat metalliyritys Boliden AB ja Ruotsin valtion omistama kaivosyhtiö Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag (LKAB).

Kansannäytetoimintaa voisi olla paljon laajemmaltikin, koska se sopii hyvin jäätiköityneille alueille. Lohkare-etsintä sopii erityisesti kallion pintaan puhkeavien malmiesiintymien löytämiseksi. Tällä hetkellä GTK on Suomessa ainoa kotimainen raaka-ainevaroja tutkiva ja kartoittava organisaatio, jolla on kansannäytetoimintaa. Aikaisemmin toimineet kotimaiset malminetsintä- ja kaivosyhtiöt ovat lopettaneet toimintansa. Suomessa vuosien 1950–1970 välinen ajanjakso oli malminetsinnällisesti vilkkainta ja useilla yhtiöillä oli tuolloin omat malminetsintäorganisaatiot, joihin kuului myös kansannäytetoimintaa. GTK:n lisäksi kansannäytteitä vastaanottavia tahoja Suomessa ovat olleet Outokumpu Oy:n malminetsintäorganisaatio Finnmines Oy, Myllykoski Oy:n malminetsintäorganisaatio Malmikaivos Oy, Rautaruukki, Oy Lohja Ab, Partek Oy, Suomen Malmi Oy ja Kajaani Oy (Haapala et al. 1993, 13). Outokumpu Oy supisti malminetsintäorganisaationsa toimintaa 1990-luvulta lähtien ja lopetti sen kokonaan vuonna 2003 (Piiparinen 2007).

Kansannäytetoiminta on kansalaisille maksuton palvelu. Kivinäytteet tutkitaan Geologian tutkimuskeskuksen kansannäytetoimistossa Kuopiossa, jossa vastaanotetaan vuosittain tuhansia näytteitä eri puolilta Suomea. Toiminnan piiriin kuuluvat malminäytteet, teollisuusmineraalit, luonnonkivet (rakennuskivet), jalo- ja korukivet sekä hi-tech -mineraalit. Kansannäytteiden lähettäjien ja näytteiden tiedot tallennetaan tietojärjestel-

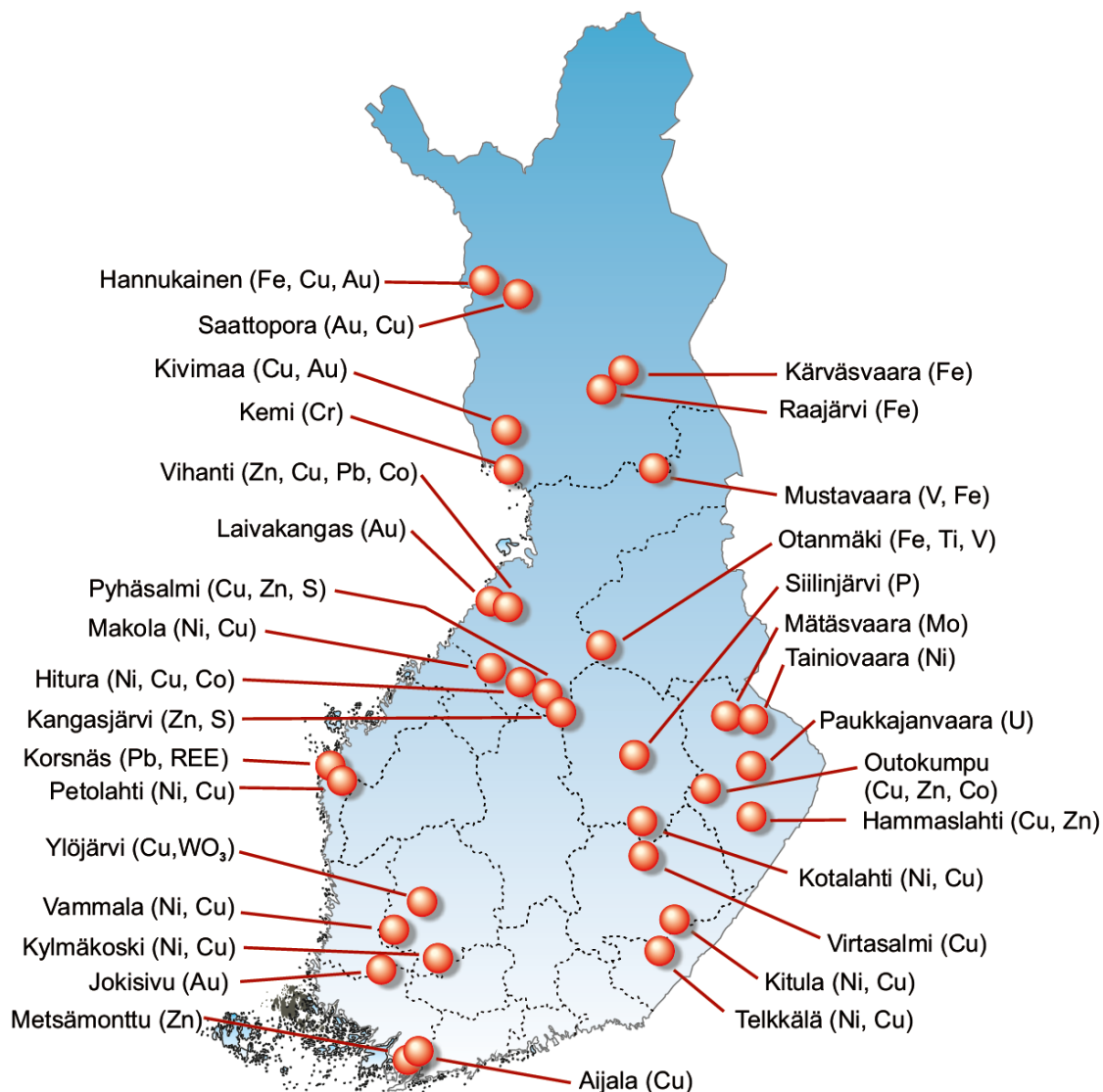
miin ja myöhemmin GTK:n julkiseen arkistoon jatkotutkimusten varalta (Hietala 2017b).

Kansannäytetoimintaan kuuluvat myös kiviharrastajien sähköpostilla lähettämiin lukuisiin kysymyksiin ja valokuviin vastaaminen sekä monipuolinen koulutus-, neuvonta- ja opastustoiminta. Suuri osa kansannäytetoimintaa on kiviopetuksen järjestäminen sekä geologisen tiedon jakaminen kivimessuilla ja muissa tapahtumissa. Kansannäytetoiminnan parissa työskentelevät asiantuntijat luennoivat koulujen ja oppilaitosten, kansalais- ja työväenopistojen sekä kivikerhojen opetustilaisuuksissa, joissa opetetaan tunnistamaan kivilajeja ja mineraaleja sekä annetaan vinkkejä niiden löytämiseen (Hietala 2017b).

Sana kansannäyte (*engl. Layman's sample*) sanan varsinaisessa merkityksessä on aiheuttanut pohdintaa sekä kiviharrastajien että ammattilaisten keskuudessa. Sanaa kansannäyte käytetään kansalaisten lähettämistä lohkar-, kallio-, mineraali- ja maaperä- näytteistä. Mikko Ojanperän (1985) Geologi-lehden kirjoituksessa asiaa oli tiedusteltu Kotimaisten kielten tutkimuskeskuksen Kielitoimistosta, jonka mukaan jo pitkään käytännössä vakiintunut termi *kansannäyte* on sopiva, kun se esitetään geologisissa yhteyksissä. Tällöin on selvää, että kyseessä on kivinäyte. Ei myöskään ole havaittu, että *kansannäyte* termiä olisi käytetty merkityksessä ”näyte kansasta” (Ojanperä 1985).

3 Kansannäytetoiminnan historia

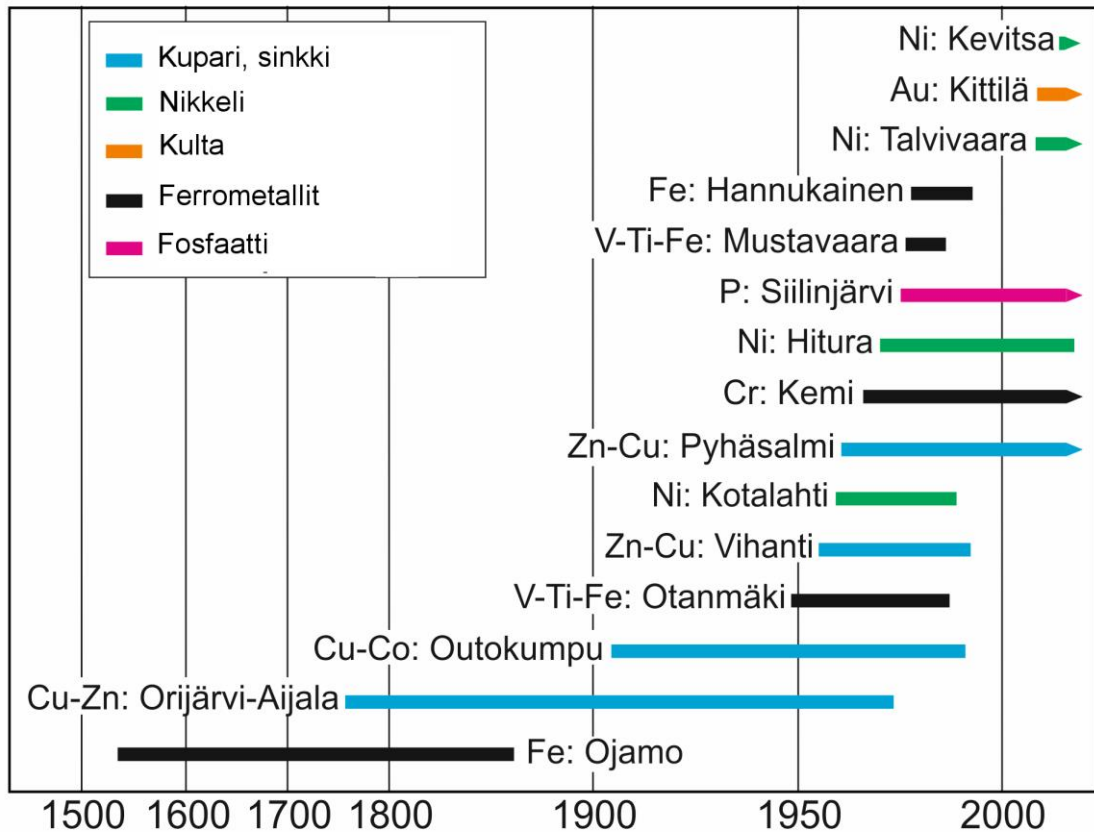
Kansannäytetoiminnan merkitys malminetsinnälle on ollut huomattava. Maamme tärkeimmät malmiesiintymät ovat löytyneet 1900-luvulla. 1900-luvulla toimineista metallimalmikaivoksista yli puolet on löydetty kansannäytteiden antamien viitteiden perusteella. Kansannäytetoiminta on johtanut 32 kaivoksen syntymiseen, sekä useiden mineralisaatioiden löytymiseen (Kuva 5, Taulukko 1). Tuotannoltaan ja kapasiteetiltaan Suomelle merkittävistä kaivoksista 11 on saanut alkunsa kansannäytteestä (Kuva 6).



Kuva 5. Kuvassa on 1900-luvulla kansannäytteistä alkunsa saaneet kaivokset. Maassamme toimineista malmikaivoksista 32 on saanut alkunsa kansannäytteenä lähetetyn näytteen perusteella.

Taulukko 1. Luettelo 1900-luvun kaivoksista, joista ensimmäinen viite on saatu kansannäytteestä (Puustinen 2003).

Kaivos	Kunta	Tyyppi	Löytövuosi	Toimintavuodet	Kokonais- louhinta (t)	Malmia rikastettu (t)
Aijala	Kisko	Cu	1677	1948–1961	840 000	
Mätäsvaara	Lieksa	Mo	1903	1910-I, 1920- 1922, 1932–1933, 1940–1947	1 191 545	1 154 053
Outokumpu	Outokumpu	Cu, Zn, Co	1908	1910–1989	34 859 250	31 679 937
Kärvésvaara	Kemijärvi	Fe	1921	1921, 1937, 1958–1967	1 216 421	929 487
Makola	Nivala	Ni, Cu	1937	1941–1954	427 979	410 273
Ylöjärvi	Ylöjärvi	Cu, WO	1938	1943–1966	4 153 041	4 013 449
Otanmäki	Vuolijoki	Fe, Ti, V	1938	1949–1985	33 073 218	25 423 564
Aijala	Kisko	Cu	1945	1948–1961	932 867	835 453
Metsämonttu	Kisko	Zn	1946	1951–1974	1 713 375	1 508 238
Vihanti	Vihanti	Zn, Cu, Pb, Co	1947	1952–1992	30 784 192	27 938 832
Kitula	Puumala	Ni, Cu	1951	1970	59 185	18 785
Kotalahti	Leppävirta	Ni, Cu	1954	1957–1987	13 738 767	12 357 630
Korsnäs	Korsnäs	Pb, REE	1955	1958–1972	931 733	869 301
Petolahti	Maalahti	Ni, Cu	1957	1972–1973	114 608	85 738
Pyhäsalmi	Pyhäsalmi	Cu, Zn, S	1958	1959-	49 347 456	35 856 050
Raajärvi	Kemijärvi	Fe	1958	1962–1975	7 818 453	5 119 062
Paukkajanvaara	Eno	U	1958	1958–1961	70 089	40 325
Siilinjärvi	Siilinjärvi	APAT	1958	1966-	191793567	144 259 709
Elijärvi	Keminmaa	Cr	1959	1966-	148131738	27 167 644
Telkkälä	Taipalsaari	Ni, Cu	1961	1969–1970, 1988–1992	948 295	605 396
Kylmäkoski	Kylmäkoski	Ni, Cu	1962	1971–1974	839 586	689 616
Hitura	Nivala	Ni, Cu, Co	1963	1965-	22 599 793	11 149 379
Kivimaa	Tervola	Cu, Au	1964	1969–1970	26 587	18 587
Hällinmäki	Virtasalmi	Cu	1964	1966–1984	5 332 133	4 179 130
Kangasjärvi	Keitele	Zn, S	1964	1984–1985	750 920	91 205
Jokisivu	Huittinen	Au	1964	2009-		
Mustavaara	Taivalkoski	V, Fe	1967	1974–1985	17 799 520	13 446 100
Hammaslahti	Pyhäselkä	Cu, Zn	1968	1971–1986	7 888 863	5 591 860
Saattopora	Kittilä	Au, Cu	1972	1988–1995	5 731 613	2 139 081
Hannukainen	Kolari	Fe, Cu, Au	1974	1978–1990	10 196 039	4 563 080
Tainiovaara	Lieksa	Ni	1975	1989	19 984	18 785
Laivakangas	Raahel	Au	1980	1985-	10 600	5 600



Kuva 6. Suuruudeltaan ja tuotannoltaan Suomen kautta aikain merkittävimmät kaivokset. Näistä 11 on saanut alkunsa kansannäytteestä (Hannukainen, Mustavaara, Siilinjärvi, Hitura, Kemi, Pyhäsalmi, Kotalahti, Vihanti, Otanmäki, Outokumpu ja Orijärvi-Aijala). Kuva muokattu Eilu et al. (2012) mukaan.

3.1 Kansannäytetoiminta 1700-luvulla

Kansalaisten suorittamaa malminetsintää harjoitettiin jo 1600-luvulla, mutta se jäi lähes kokonaan unohtuiksi suuren Pohjan sodan (1700–1721) aikana ja Suomen oloja tutkivat komissionit eivät saaneet kansalaisilta malmihavaintoja (Laine 1950, 4). Tähän tuli vähitellen muutos vasta vuoden 1740 jälkeen, kun maassamme toiminut ruotsalainen vuorimies, myöhemmin asessori ja maaherra Daniel Tilas (*1712–†1772), julkaisi vuonna 1740 tutkimuksen lohkareiden merkityksestä malminetsinnässä (Ratia 1989). Toinen merkittävä henkilö oli vuorimestari Magnus Linder (*1709–†1799). Näihin aikoihin Suomesta tunnettiin vain vähäisiä malmiesiintymiä. Etsinnöissä päähuomio keskittyi vain kalliopaljastumille sekä ympäristöään korkeammille paikoille, joissa kallioperää peittää vain ohuet maalajikerrostumat (Ratia 1996).

Daniel Tilas perusti havaintonsa lohkarekuljetuksesta tutkimalla Lounais-Suomen rapakivilohkareiden kulkeutumismatkoja ja suuntia. Tilas huomasi, että rapakivilohkareiden määrä ja koko kasvoi pohjoisemmassa suunnassa (Tilas 1740a). Tilasin (1740a) julkaisu ”*Tankar om malmetande i anledning av lösä gråstenar*” (suom. Ajatuksia malminetsinnästä irtainten harmaakivien perusteella) pitää sisällään edelleen keskeisiä lohkareetsintään liittyviä perusteita. 1700-luvun aikana Tilasin toimesta, kirkoissa luetuilla kuulutuksilla kehoitettiin kansalaisia ilmoittamaan malmilöydöistään. Tilas itse kävi tutkimassa näitä aiheita ja hänen havainnoistaan kehittyi lohkareetsinnän nimellä tunnettu malminetsintämenetelmä (Ratia 1968, 8).

Tilasin matkakertomus vuosilta 1737 ja 1738 ”*Mineralhistoria öfver Björneborgs och Tavastehus lähner*” on ensimmäinen kuvaus Suomen malmiesiintymistä (Tilas 1740b). Tilas tutki Tammelan Tilasinvuoren ja muita Lounais-Suomen malmeja. Tammelan Papinsillan lähellä oleva Tilasinvuori on nimetty Daniel Tilasin mukaan. Alun perin Tilasinvuoren kupariesiintymä löytyi talollisen Juhana Yrjönpoika Melkolan ansiosta vuonna 1733. Melkola sai löytöpalkkioksi vuonna 1740 hopeisen maljan. Tilas kävi alueella tarkistuskäynnillä vuonna 1738. Lohkareet oli löydetty Pyhjärven rannalta. Tilas löysi kuparipitoisen kallion mannerjäätikön tulosuunnasta (Puustinen 2014). Puustisen (2014) mukaan Tilasinvuoren kupariesiintymä on hyvä esimerkki siitä, miten kansannäytteestä liikkeelle lähtenyt malmiviite johtaa kaivostoimintaan. Tilasinvuoren kaivoksesta louhittiin kuparia noin 300 kiloa vuosien 1740–1749 välisenä aikana (Puustinen 2006) (Kuva 7). Daniel Tilasin mukaan on nimetty mineraali tilasiitti $\text{CaMg}(\text{AsO}_4)\text{F}$, joka löydettiin ja tunnistettiin ensimmäisen kerran Ruotsin Värmlannista Långbanista (Sjögren 1895, Holtstam & Langhof 1999, 176).



Kuva 7. Tilasinvuoren vanha kuparikaivos Tammelassa. GTK.

3.2 Kansannäytetoiminta 1800-luvulla

1800-luvun alkupuolella malminetsintä hiipui hetkeksi aikaa. Vasta Venäjän vallan, autonomian aikaan, Aleksanteri II valtakaudella vuonna 1857 tuli voimaan Suomen toinen kaivoslaki ja malminetsintä elpyi.

”Keisarillisen Majesteetin armollinen asetus malmien ja kivitönnän aineiden laillisesta valtaamisesta sekä oikeudesta niitä ylösottaa ja valmiiksi tehdä, annettu 25.5.1857.” Keisarillisen Majesteetin armollinen asetus 25.5 1857/49 (Puustinen 2002).

1800-luvulla Vuorihallituksen virkamiehet käyttivät malminetsinnän tehostamiseksi edelleen kirkossa luettavia kuulutuksia ja esimerkiksi Lars Gustaf Lauraeus (*1804–†1880) kirjoitti Pohjanmaalla vuonna 1833 kirkonkuulutuksen, jossa kansalaisia kehoitettiin ilmoittamaan ”malmiatimet ja erikoiset kivilajit” (Ratia 1989, 9). Lars Gustav Lauraeus oli malminetsijä ja myöhemmin hänen suorittaessaan tutkinnon malmien ja mineraalien tuntemisesta, hänet nimitettiin ensin Vuorihallituksen vuorikadetiksi vuon-

na 1832 ja myöhemmin vuori-insinööriksi 1863. Lauraeus löysi useita rautamalmiaiheita, mm. Korppoon Väsbyn rautamalmiesiintymän (Puustinen 2015, 150–151). Lars Gustafin veli, malminetsijä Lars Adolph Lauraeus, ehdotti laadittavaksi vuonna 1852 suomenkielisen ja ruotsinkielisen kuvauksen malmien esiintymisestä. Lauraeuksen mukaan sitä jaettaisiin, ja luotettaville kansalaisille lainattaisiin pieniä magneetteja sekä vuorikompassseja ja lisäksi eri tahoille toimitettaisiin rauta- ja kuparimalminäytteitä (Ratia 1989, 9). Lounais-Suomesta Lökholmin saarelta tammisaarelainen porvari Anders Stenlund löysi rautamalmiesiintymän vuonna 1835. Stenlund oli saanut innostuksen Tammissaaren kirkossa luetun kuulutuksen johdosta (Ratia 1989).

Hyvistä malmilöydöistä alettiin maksaa palkkioita ensimmäisen kerran 1800-luvun alussa. Vuonna 1816 ruukinpatruuna Mikael Hisinger lahjoitti rahaa Etelä-Suomen malminetsintöihin, lähinnä kupari- ja rautamalmien etsimiseen (Laine 1950, 6) Tämä voidaan katsoa ajankohdaksi, jolloin kansannäytepalkintoja maksettiin ensimmäisen kerran rahassa. Toisin sanoen, kansannäytepalkintoja on maksettu hyvistä näytteistä katkeamatta jo 200 vuotta (vuosien 1816–2016 välinen aika).

Vuonna 1840 tunnettu ruukinpatruuna Gustaf Adolf Wasastjerna lahjoitti 5 000 ruplaa käytettäväksi palkkioiksi niille, jotka löytävät malmia Oulun läänistä. Haminan rauhan jälkeen vuonna 1809 koko Lapin historiallinen maakunta sekä Tornionjokilaakson itäpuoli liitettiin Oulun lääniin. Perusteluna Wasastjernan lahjoitukselle oli se, että pohjoisemmassa sijaitsevissa maakunnissa kärsitään malmien puutteesta ja niiden löytäminen parantaisi maaseudun väestön mahdollisuuksia harjoittaa elinkeinotoimiaan. Tällä Wasastjerna tarkoitti erityisesti rautamalmien ja sitä kautta rautateollisuuden kehittämisen tärkeyttä (Wasastjerna 1840). Nykyistä kansannäytepalkintoa vastaa senaatin vuonna 1841 asettamat palkinnot, jotka jaettiin ”malmin hyvyyden ja esiintymän laajuuden” perusteella (Ratia 1989).

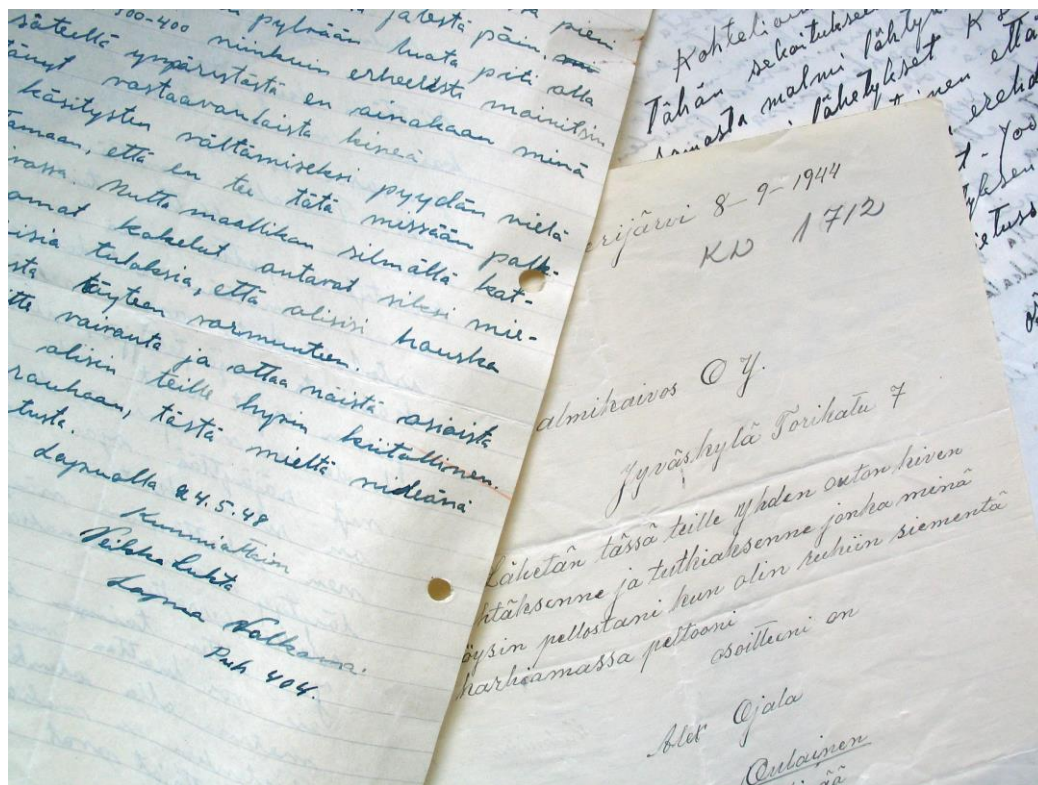
Ratia (1989) mainitsee Vuorihallinnon asiakirjoissa olevasta Eva Lovisa Lindqvistin vuonna 1846 löytämästä rautamalmiaiheesta. Eva Lovisan rautamalmi löytyi Pohjan pitäjältä Ängholmin saarelta. Everstiluutnantti Linder louhitutti sieltä rautaa 1850-luvulla ja Eva Lovisa sai palkinnoksi senaatilta 20 hopearuplaa. Hän oli ensimmäinen kansannäytepalkinnon saanut nainen malminetsinnän historiassa (Ratia 1989, 9).

Malminetsintää harrastaneiden henkilöiden ammattinimikkeet olivat vaihtelevia. Malmaiheiden löytäjiä ovat olleet esimerkiksi porvarit, lesket, talonpojat, kaivosrengit, maanviljelijät ja opettajat. Malminetsintäharrastus tavoitti laajan sosiaalisen hyväksynnän eri kansalaispiireissä, koska toiminta nähtiin isänmaallisena hyveenä, jota täytyi edistää kaikin tavoin. Puuttuvan teknillisen tutkimuskapasiteetin korvasi tarkka mineraalinen ja geologinen havainnointi. 1800-luvulla malminetsinnässä oli samoja piirteitä kuin tänäkin päivänä. Niitä olivat mm. runsas liikkuminen maastossa, hyvä mineraali- ja kivilajituntemus sekä innostus ja kiinnostus tehdä arvokasta työtä (Ratia 1989).

Suomessa alettiin kiinnittää huomiota yleisesti tieteen kansantajuistamiseen 1800-luvulla (Karjalainen 2014, 3). Myös geologista tietoa alettiin levittää kansan keskuuteen. Vuosina 1857–1858 kouluihin hankittiin isoja kivikokoelmia, joista suurimmat sisälsivät jopa 236 näytettä. Kokoelmaan liittyi Ruotsissa ilmestynyt ohjekirja (Ratia 1989). Geologisen komissionin aikana (perustettu 1886) kouluille ja oppilaitoksille jaettiin pyynnöstä kivi- ja maalajikokoelmia ja niitä lähetettiin jopa ulkomaille saakka (Virkkala 1986, 19). Ensimmäinen geologinen kansantajuinen kirja oli Kansanvalistus-seuran kustantama A.F. Tigerstedin *Geologia*, joka ilmestyi vuonna 1894 (Karjalainen 2014, 26).

3.3 Kansannäytetoiminta 1900-luvulla

Kansannäytetoimintaa pidettiin tärkeänä erityisesti 1930–1950-luvuilla. Kivinäytteitä lähetettiin jopa välittömästi Talvisodan päättymisen jälkeen vuonna 1940, välirauhan aikana sekä jatkosodan (1941–1944) aikana (Kuva 8). Professori Martti Saksela kirjoitti vuonna 1949 kirjassaan *Malminetsintä*, että malminetsinnän tulisi perustua konkreettisiin todisteisiin ”vihjeisiin malmien olemassa olosta” (Saksela 1949, Haapala et al. 1993, 9). Kansannäytteinä lähetettävät lohkar- ja kallionäytteet ovat juuri tätä. Sakselan ohella professori Aarne Laitakari teki tunnetuksi kansannäytetoimintaa. Malminetsinnän ohella Laitakari oli kiinnostunut myös korukivien etsinnästä. Näihin aikoihin 1940–1950 Suomesta tunnettiin vain noin kymmenkunta korukiviesiintymää. Laitakarin kiinnostuksen kautta myös korukiviin alettiin kiinnittää huomiota (Kinnunen 2017).



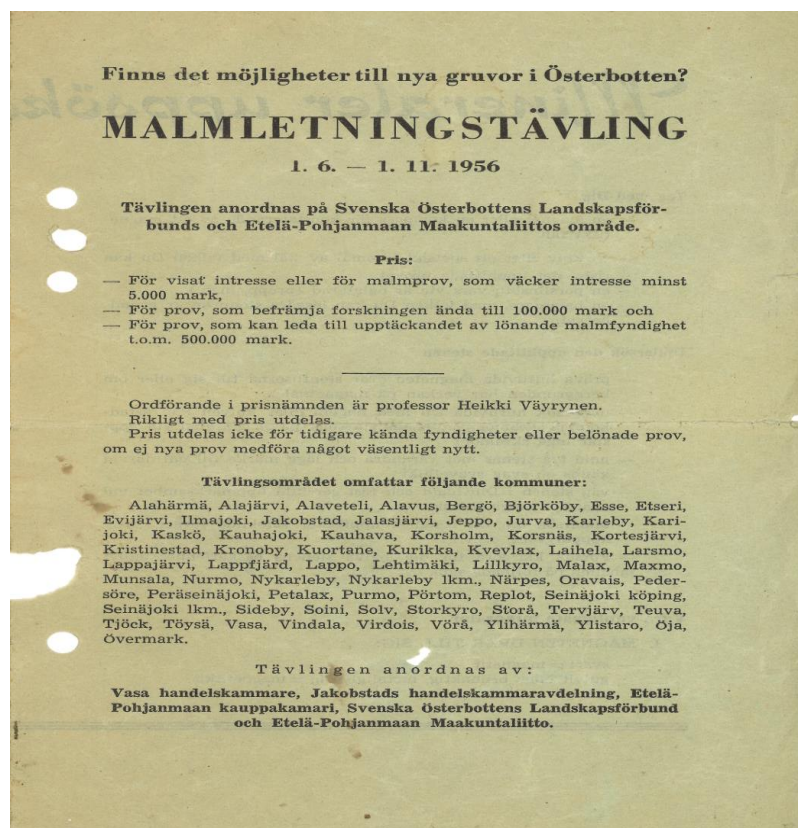
Kuva 8. Sodan jälkeen vuosina 1944–1948 tulleita kirjeitä koskien lähetettyjä kansannäytteitä. Kirjeitä säilytetään GTK:n kansannäytetoimiston arkistossa Kuopiossa. Jari Nenonen, GTK.

Kansannäytetoiminta koettiin niin merkittävänä, että se kirjattiin vuonna 1936 Geologisen toimikunnan asetukseen. Asetuksen 2§, momenteissa 5 ja 10 määriteltiin kansannäytetoiminnan tehtävät (Finlex 2017). Pykälän viidennessä momentissa määriteltiin toiminnan maksuttomuus kansalaisille koskien lähetettäviä kivi- ja mineraalinäytteitä. Lisäksi 10 momentissa toimintaan määriteltiin kuuluvaksi myös valistustoiminta, johon kuuluu kivi- ja mineraalitietouden lisääminen, opetuskokoelmien valmistaminen sekä jakaminen oppilaitoksiin (Haapala et al. 1993, 10–11).

Yksi merkittävä tapahtuma kansannäytetoiminnassa ajoittui kevääseen 1945, jolloin vietettiin Geologisen toimikunnan 60-vuotisjuhlaa. Sen yhteydessä avattiin myös kivi- ja mineraalinäyttely. Tilaisuudessa olivat mukana Tasavallan presidentti Mannerheim sekä Ruotsin Geologisen tutkimuslaitoksen edustajia. Geologisen tutkimuskeskuksen 100-vuotishistoriikin (1986) mukaan juhla ja näyttely toimivat lähtölaukauksena geologiselle kansanvalistustoiminnalle. Valistustoimintaan kuului kansalaisille järjestettävät esitelmät ja kurssit. Malmien etsinnästä kirjoitettiin valistavia artikkeleita ja mm. lento-

koneesta tiputettiin lentolehtisiä, joissa kansalaisia kehoitettiin osallistumaan malminetsintäkilpailuihin (Kuva 9). Lisäksi kuvattiin myös opetusfilmejä, järjestettiin näyttelyitä ja hyvistä näytteistä maksettiin palkkioita. Kaikkien näiden toimintojen tavoitteena oli opettaa kansalaisia tunnistamaan yleisimmät mineraalit ja kivilajit, sekä erityisesti malmimineraalit ja malmikivet. 1950-luvulla noin 1 % lähetetyistä näytteistä johti jatkokutkimuksiin. Lisääntyneen valistuksen johdosta malminetsintä sai aikaan suuren innostuksen kansalaisten keskuudessa, lähetettyjen näytteiden määrä kasvoi ja kansannäytetointa tehostui merkittävästi (Virkkala 1986) (Kuva 10).

Kansalaisten innostusta herätti ponnekas mainoskampanja. Geologisen tutkimuslaitoksen vuonna 1950 ilmestyneessä lehtisessä kirjoitettiin mm. seuraavasti, ”*Uusien kaivosten avulla kohotetaan koko kansan hyvinvointia. Sinä löytäjänä tulet hyötymään siitä henkilökohtaisesti eniten. Näytä tätä lehteä naapurillesi. Kerro siitä tuttavillesi. Aloita oma etsintäsi jo tänään. Malmikivi voi olla kotipihallasi. Sinua odottavat suurpalkinnot. Uusia kaivoksia Suomeen*”.



Kuva 9. Lentolehtisen etusivu vuodelta 1956. Mielenkiintoisia näytteitä pyydettiin lähettämään Geologiselle tutkimuslaitokselle tai Malminetsijä AB:lle. Kivipakettiin tuli laittaa saateteksti: Malmlletning 1956. Kyseisen lentolehtisen omistaja Allan Lillbäck on lähettänyt tästä alkaen kivinäytteitä tutkittavaksi. Satu Hietala, GTK.



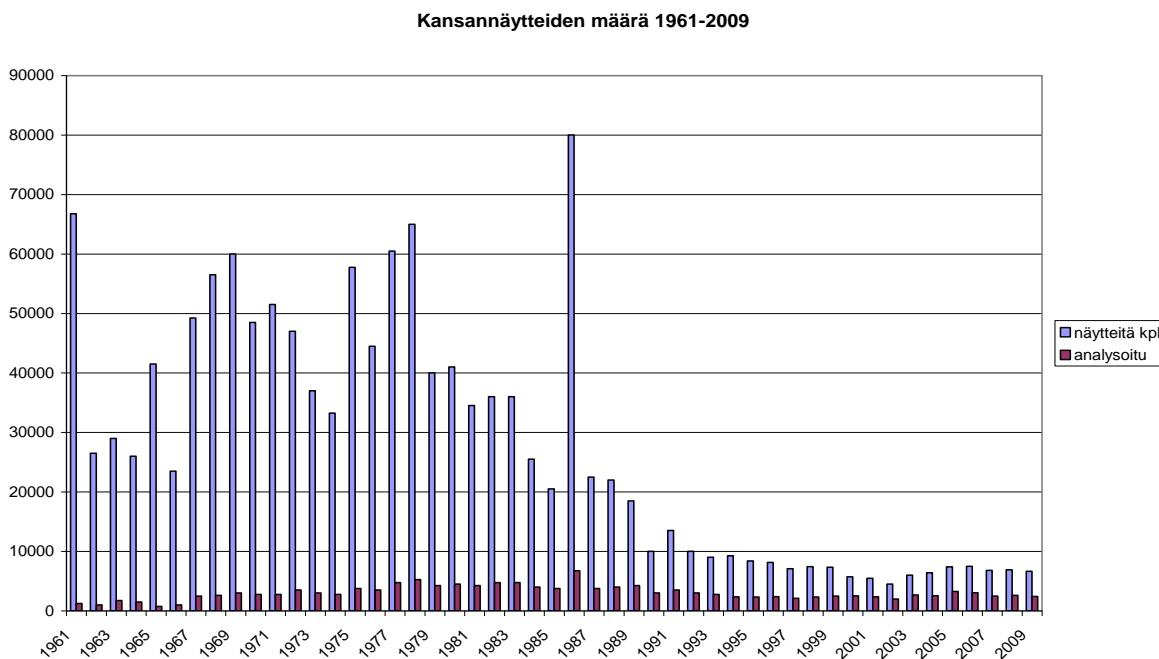
Kuva 10. Kansannäytetoiminta vilkastui 1950-luvulla. Kuvassa kansannäytteiden vastaanotto-tila Geologisen toimikunnan malmiosastolla 1950-luvulla. Kuvassa näytteitä tutkimassa ovat geologit Max Kulonpalo ja Lea Aho (Virkkala 1986, 56).

4 Valtakunnalliset malminetsintäkilpailut ja kansannäytteiden määrä

Vuosien 1959–1988 aikana kaivosyhtiöt järjestivät lukuisia koulutustilaisuuksia ja malminetsintäkilpailuja sekä kivilaji- ja mineraalinäyttelyitä, joiden yhteydessä kansannäytteitä vastaanotettiin yhteensä 1,25 miljoonaa kappaletta. Eniten malmiviitteitä tuli 1960–1970-lukujen taitteissa. Vuoteen 1950 mennessä kansannäytteitä oli lähetetty 20 000 kappaletta ja vuosien 1950–1970 välisenä aikana 485 000 kappaletta (Hyvärinen 1993, 12–13). Malminetsintäkilpailut aiheuttivat näytemäärän voimakasta nousua, mikä näkyy tilastoissa. Vilkkaan toiminnan tuloksena avattiin suuri joukko metallikaivoksia, jotka lähtivät liikkeelle suorasta malmiviitteestä (Gaál 2007).

Malminetsinnän vähentymisen ja kotimaisten malminetsintäyhtiöiden lopetettua toimintansa myös kansannäytteiden määrä on vähentynyt huomattavasti viimeisen 50 vuoden aikana, mutta pysynyt suurin piirtein samana 90-luvun alkupuolelta lähtien. Kuvasta 11

nähdään, kuinka vuoden 1961 (Malmimarssi) sekä vuoden 1986 (Malmimania) kansannäytemäärät eroavat selkeästi, johtuen valtakunnallisten kilpailujen aikana kasvaneesta näytemäärästä. Kuvaan on kerätty tiedot GTK:n lisäksi myös eri yhtiöiden vastaanottamien näytteiden määristä. Malmimanian ja sen kahden jälkihoitovuoden jälkeen malminetsintäinnostus jälleen taantui.



Kuva 11. Kansannäytteiden määrien kehitys vuosien 1961–2009 välisenä aikana. Valtakunnallisten malmikilpailujen tuloksena näytemäärissä näkyy huippuja mm. vuonna 1961 sekä vuosien 1986–1987 välisenä aikana. Kuvassa on vuoteen 1990 asti GTK:lle ja eri yhtiöille lähetetyt ja analysoidut näytteet. Tämän jälkeen GTK oli ainoa näytteitä vastaanottava organisaatio. GTK:n kansannäytearkistomateriaali.

4.1.1 Malmimarssi

Osuuskassajärjestö ja Geologinen tutkimuslaitos järjestivät valtakunnallisen malminetsintäkilpailun nimellä Malmimarssi, 1.6 – 30.9.1961 välisenä aikana. Kilpailualueena oli koko Suomi. Kilpailun tulokset julkistettiin Yhteisvoima-lehdessä (Malmimarssi-esitys). Pääpalkintona oli 500 000 markkaa. Malmimarssin aikana lähetettyjä paketteja saapui noin 15 000. Paketit sisälsivät 400 huomionarvoista näytettä (Virkkala 1986, 60).

4.1.2 *Malmimania*

1980-luvun puolessa välissä kansannäytetoimintaa aktivoitiin Malmimania malminetsintäkilpailun avulla. Malmimania on ollut kaikkein suurin koko maan kattava malminetsintäkilpailu. Se järjestettiin Geologian tutkimuslaitoksen 100-vuotisjuhlavuoden kunniaksi vuonna 1986 (kilpailuaika oli 1.1–15.10). Kilpailua varten suunniteltiin opetusmateriaali, jonka painosmäärä oli 1,5 miljoonaa kappaletta. Malmimania toteutettiin yhteistyössä kaivosyhtiöiden kanssa ja kisan päärahoittaja oli Osuuspankki. Järjestäjinä toimivat yhdeksän malminetsintäorganisaatiota: Geologian tutkimuslaitos, Finnminerals Oy, Kajaani Oy, Lapin Malmi Oy, Oy Lohja Ab, Malmikaivos Oy, Outokumpu Oy, Oy Partek Ab ja Ruskealan Marmori Oy. Kilpailun tukijoina olivat maakuntaliitot, Osuuspankkijärjestö, STK, SAK, STTK, MTK ja Tapio. Kisaan vastaanotettiin 72 019 kiviä näytettä. Näistä analysoitiin 6 468 näytettä ja talletettiin 9 %. Osuuspankkien konttorit vastaanottivat osan paketeista, joita tuli pankeille yhteensä 23 171 kappaletta. Maakunnista aktiivisimpia olivat Lappi, Pohjois-Pohjanmaa, Pirkanmaa sekä Etelä-Pohjanmaa (Hytönen 1987). Kilpailun pääpalkinnot olivat I palkinto 50 000, II palkinto 25 000 markkaa ja III palkinto 15 000 markkaa. Lisäksi jokainen maakuntaliitto palkitsi alueensa parhaimman malminetsijän 10 000 markan palkinnolla (GTK:n juhlavuoden 1986 kilpailun työryhmän muistio 18.6.1984).

Malmimanialle asetettiin kolme keskeistä tavoitetta, ylittää vuoden 1961 Malmimarssin tulokset, houkutella mukaan uusia malmi- ja mineraaliharrastajia, erityisesti nuoria, sekä saada hyviä metalli- ja teollisuusmineraalinäytteitä, jotka käynnistäisivät laajempia tutkimustöitä eri puolilla maata (Hytönen 1987). Malmimanian avulla Suomesta löytyi 54 malmiainetta, joista kupari-kulta-aiheita oli 16, sinkki-lyijy ja hopea-aiheita 14, nikkeli-kupari sekä kupari-koboltti-aiheita yhteensä 12 sekä seitsemän teollisuusmineraaliainetta ja viisi muuta (Hytönen 1987). Malmimanialla on ollut merkittävä vaikutus näihin päiviin saakka. Monet ihmiset saivat innostuksen malminetsintään kisan myötä ja heistä monet ovat edelleen aktiivisia kansannäytteiden lähettäjiä.

4.1.3 *Alueelliset kilpailut*

Valtakunnallisten malminetsintäkilpailujen lisäksi, 1970–1990 lukujen välisenä aikana järjestettiin useita alueellisia kilpailuja. Esimerkiksi Etelä-Pohjanmaan alueella järjes-

tettiin Suupohjan malminetsintäkilpailu vuonna 1979. Malminetsijät toimittivat näytteet Seinäjoen maakuntamuseoon ja suojeluskuntamuseoon. Näytteet tarkistettiin kerran kuukaudessa Lohja Oy Ab:n sekä GTK:n toimesta. Kilpailun rahoittajana toimivat alueen Osuuspankit. Joka kuukausi palkittiin yksi hyvä näyte 500 markan palkintosummalla. Palkintotilaisuuksia järjestettiin alueen kunnissa (Pekka Hietala 12.4.2017 suullinen tiedonanto).

Malminetsintäkilpailuja järjestettiin myös 1990-luvulla. 2000-luvun alueellisia kilpailuja ovat olleet Jokilaaksojen kivikisa (2004), Kainuun kivikisa ja kivikoulutus (2005), RaJuPuSu kivikisa (2006) sekä Lakeuksien kivikisa vuosien 2012–2013 välisenä aikana. Lakeuksien kivikisan yhteydessä järjestettiin myös erillinen koululaisten kivikisa. Yhteistyötahoina sekä rahoittajina näissä em. kilpailuissa ovat olleet maakuntaliitot, kaivosyhtiöt, pankit sekä osassa on ollut myös Leader-rahoitusta.

4.1.4 Kivikokoelmat ja oppaat

Kansanvalistusmateriaaleihin kuuluivat kivikokoelmat ja erilaiset oppaat. 1960–70-luvuilla kouluille lähetettiin kivikokoelmia ja niitä jaettiin alueellisten kilpailujen yhteydessä malminetsinnästä kiinnostuneille. Erilaisia oppaita painettiin myös (Kuva 15). Aatto Ratialta ilmestyi vuonna 1968 omakustanteinen opas, Malmiaapinen, jossa kerrottiin malminetsinnästä, eri malmimineraalien ominaisuuksista, etsintäpaikoista ja kivilajien synnystä.

Myös alueellisten malminetsintäkilpailujen yhteydessä jaettiin oppaita ja esitteitä. Esimerkiksi Pohjois-Karjalan malminetsintäkilpailua varten tehdyn malmioppaan tarkoituksena oli kannustaa Pohjois-Karjalan Pielisen alueen väestöä malminetsintään. Osuuspankkien Keskuspankki Oy:n kustantaman Malmiaapisen toimittivat geologit Aarne Laitakari, Jaakko Kurki ja Väinö Makkonen. Uraani oli myös etsintäkohteena 1970-luvulla. Uraania etsimään -oppaassa vuodelta 1975 kerrottiin uraanimineraalien etsimisestä ja tunnistamisesta (Kuva 12). Oppaan toimitti Risto Sarikkola Atomienergianeuvottelukunnan uraanijaoston toimeksiannosta ja hankkeen rahoittajana oli Kauppa- ja teollisuusministeriö. Myös televisiossa näytettiin tietoiskuja. Eräs tällainen tietoisku löytyy vuodelta 1977 tallennettuna Ylen Elävä Arkistoon nimellä ”*Etsi sinäkin malmia*” (Yle 2012). Malmitietämystä pyrittiin lisäämään myös erilaisten pelien avulla.

Eräs tällaisista peleistä oli lautapelinä pelattava Hauhon 4H-yhdistyksen kultaprojektin Malmimaa-peli sekä Kajaani Oy:n Malmipelikortit.

Kivikokoelmia valmistettiin kaivosten näytemateriaaleista. Kokoelmat olivat vaihtelevan kokoisia, pääsääntöisesti ne sisälsivät kaikki tyypillisimmät malmimineraalit sekä teollisuusmineraalit, kuten kvartsi, maasälpä, asbesti ja wollastoniitti. Malmimineraaleihin sisältyi myös uraaninäyte, joka yleensä oli pikivälkettä sisältävä Enon Paukkajanvaaran malmikivi. Vanhoista kivikokoelmista löytyy edelleen uraaninäytteitä. Näistä tulee usein kysymyksiä kansannäytetoimistoon ja mahdollisuuksien mukaan ne kerätään pois, varastoidaan Kuopion GTK:n radioaktiivisten näytteiden säilytykseen tarkoitettuun tilaan tai pyydetään lähettämään STUK:lle. Myös asbestinäytteistä tulee usein kysymyksiä ja ne vastaavasti voidaan joko säilyttää asianmukaisella tavalla kiinni olevissa pusseissa tai ne voidaan lähettää kansannäytetoimistoon, josta ne edelleen lähetetään asbestinäytteitä vastaanottavaan jätehuoltolaitokseen.



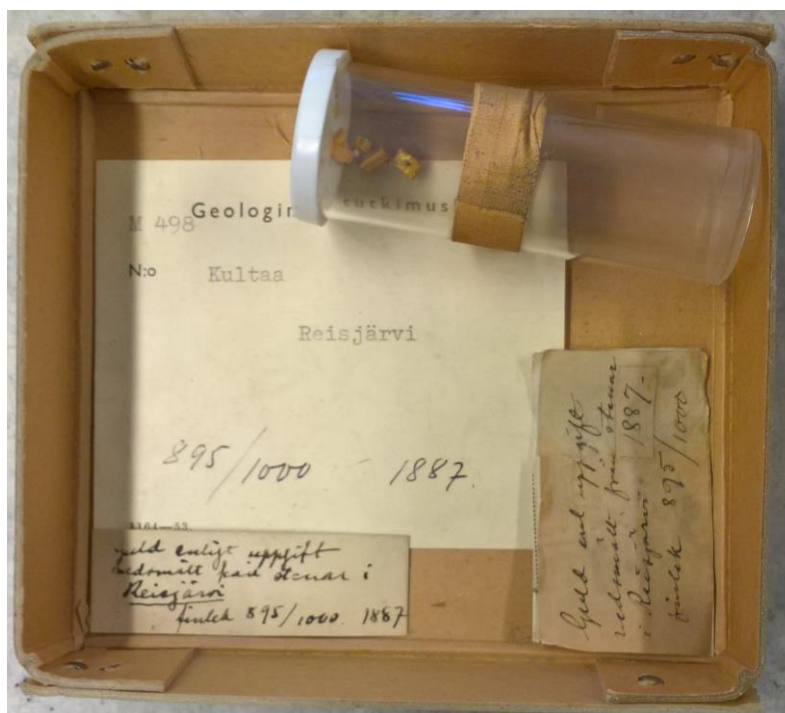
Kuva 12. Malminetsintäoppaita eri aikakausilta. Geologian tutkimuskeskuksen ensimmäinen kansalaisille suunnattu Malminetsijän kiviopas oli vuodelta 1994. Myös ensimmäinen ruotsinkielinen opas Stenkunskap för malmlätaren painettiin. Satu Hietala, GTK.

5 Kansannäytetoiminnan arkistomateriaali

Kansannäytetoiminnan arkistomateriaali sisältää kiviläytettä, paperimuodossa olevaa aineistoa sekä digitoitua aineistoa. Arkistomateriaali on varsin heterogeenistä. Viimeksi arkistoaineiston tilanteesta on tehty selvitys vuonna 2013. Tämän jälkeen kiviläytettä sekä paperiaineistoa, lähinnä kansannäytteiden vastauksia sekä kortistoja, on siirretty GTK:n Espoon ja Rovaniemen yksiköstä Kuopioon.

5.1 Kiviarkisto

GTK:n vanhimmat arkistossa olevat kansannäytteet ovat 1800-luvun loppupuolelta. Vanhin kansannäyte on vuodelta 1887, kultaa Reisjärveltä (Kuva 13). Kansannäytetoimiston kiviarkistossa Kuopiossa on kansalaisten lähettämiä kiviläytettä 130 vuoden ajalta, aina siitä lähtien, kun Keisari Aleksanteri III antoi toukokuun 21. päivänä 1885 armollisen asetuksen, jolla perustettiin itsenäinen geologinen tutkimuslaitos Suomeen (Puustinen 2003, Hietala 2014b).



Kuva 13. GTK:n kansannäytearkiston vanhin näyte on vuodelta 1887, kultaa Reisjärveltä. Näytteitä on talletettu siitä asti nykypäivään saakka. Satu Hietala, GTK.

Kaikki kansannäytteet säilytetään GTK:n Kuopion yksikössä. Yksittäisiä kansannäytteitä on arviolta 100 000 kappaletta. Kivinäytteet sisältävät GTK:lle, Outokumpu Oy:lle ja Rautaruukki Oy:lle saapuneita kansannäytteitä, malmiesiintymien tyyppinäytteitä ja malmiviitetietokantaan kuuluvia näytteitä. Malmiesiintymien tyyppinäytteitä on 1370 kappaletta. Niitä on kerätty 1900-luvun alusta saakka ja niistä on olemassa paperinen luettelo, joka on skannattu kuvaksi. Malmiviitteet on merkitty juoksevilla numeroinnilla, joka viittaa esiintymän järjestysnumeroon. GTK:n malmiviitetietokantaan kuuluvia näytteitä on 2836 kappaletta koko Suomen alueelta ja arvioilta 3000 kappaletta Itä- ja Länsi-Suomen alueelta.

Kiviarkistossa on myös mm. laaja kivi- ja mineraalikokoelma, Outokummun malmivyöhykkeeseen liittyvää lohkaraineistoa (Pekkarinen & Hietala 2015) sekä Siikaluoman (2006) Malmilohkareiden sormenjälkiprojektissa käytettyjä GTK:n ja Outokumpu Oy:n kansannäyteaineistosta valmistettuja ohuthieitä ja nappinäytteitä.

Kansannäytetoimiston tietokantaan (Järkky) talletetut arkistoidut ja maastotarkastetut näytteet on järjestetty näytenuumeron perusteella ja ne ovat helposti löydettävissä. Sitä vastoin aikaisempi näytemateriaali on vaihtelevasti löydettävissä. Kiviarkistossa on vanhoja GTK:n kansannäytteitä, joista löytyy vain näytteen lähettäjän tietojen lisäksi löytöpaikkatiedot, mutta ei koordinaatteja tai lähetysvuotta. Arkiston toimivuuden ja tutkimisen kannalta on tärkeää, että kivinäytteelle on helposti löydettävissä analyysi- ja paikkatiedot sekä toisinpäin analyysi- ja paikkatiedoille kivinäyte. Vuotta 1989 vanhempien näytteiden kohdalla tämä toteutuu harvoin, koska näytteiden merkintätavat ovat vaihdelleet vuosittain ja näytteiden tietoja on tallennettu tietokoneille, joita ei ole enää olemassa. Rautaruukki Oy:n malmiviitteiden kohdalla aineistolle ei ole olemassa dokumentteja, joihin lohkarie voi yhdistää. Rautaruukin näytteitä on 50 laatikollista vuosilta 1969–1989. Näytteitä on 2886, mutta ne eivät ole pelkän luettelossa olevan näytenuumeron perusteella yhdistettävissä kivinäytteisiin ja täten hyödyttömiä tällä hetkellä. Tällä hetkellä kiviarkistossa selvitystä vaille olevia näytteitä on ainakin 150 laatikollista. Outokumpu Oy:n näytteet on järjestetty laatikostoihin karttalehdittäin, joten näyte on suhteellisen helposti löydettävissä, jos tiedetään esimerkiksi näytteen löytöpaikkakunta.

5.1.1 Löydetyt lohkareet – löytymätön esiintymä

Suomesta on löydetty paljon hyviä malmilohkareita, joiden lähtöalue ei ole tutkimuksista huolimatta selvinnyt tai on yhä kokonaan selvittämättä. Aatto Ratia (1996) mainitsee kirjassaan *Lohkareesta emäkallioon* muutamia selvittämättömiä lohkareaiheita, joista suuri osa on malmiarvoltaan merkittäviä. Ratian laatima luettelo sisältää myös Outokumputyypisiä malmilohkareita, joiden lähtöalueista ei ole tarkkaa selvyyttä. Outokumputyypisten lohkareiden kulkeutumista ovat käsitelleet myös Pekkarinen ja Hietala (2015) raportissaan Pohjois-Karjalan Cu-Co-Zn-malmilohkareista.

Kansannäytteistä tehtävät petrofysikaaliset ja litogeokemialliset tutkimukset voisivat olla hyödyllisiä malmilohkareiden ja puhkeamien välisen korreloinnin ja luokittelun työkaluina. Käyttökelpoisia petrofysikaalisia tutkimuksia ovat mm. magneettinen susceptibiliteettimittaus, tiheyden, remanenssin, ominaisvastuksen ja johtavuuden mittaukset sekä myös huokoisuuden mittaus ja laboratoriomittaukset magneettisten mineraalien tunnistamiseksi (Airo & Kiuru 2012, Peltoniemi 1988). Näistä susceptibiliteettimittaus ja tiheysmittaukset osoittautuivat hyödyllisiksi mm. Outokummun malmilohkareiden ja puhkeamien luokittelussa ja vertailussa (Pekkarinen & Hietala 2005).

Kansannäytearkisto pitää sisällään merkittävän määrän lohkareita, joiden lähtöalue ei ole tiedossa, mutta joiden metallipitoisuudet ovat korkeita. Eräs tapa hyödyntää niitä tulevaisuudessa voisi olla niistä tehtävät isotooppitutkimukset sekä lohkareiden geokemialliset tutkimukset. Mineraalikemia litogeokemiallisessa malminetsinnässä tuo arvokasta tietoa alueiden mahdollisesta malmipotentialista.

Litogeokemiallisten tutkimusten avulla tutkitaan kivilajien ja mineraalien koostumusta, määritetään kivilajit ja arvioidaan kivien syntyhistoriaa sekä malmipotentialia. Lohkareita tutkimalla voidaan selvittää miten ne poikkeavat aikaisemmin löydetyistä lohkareista niiden geokemian, tekstuurin ja mineralogian perusteella (Wyman 1996, Rollinson 1993). Suomessa litogeokemiaa on hyödynnetty malminetsinnässä jo 1960-luvulta lähtien (mm. Häkli 1963). Tutkimukset ovat usein käsitelleet emäksisten ja ultraemäksisten kivien nikkelpotentialia. Menetelmänä on käytetty oliviinin sisältämää nikkelpitoisuutta. Tätä menetelmää, sekä muuta mineraaligeokemiaa voisi hyödyntää kansannäytteiden malmipotentialia arvioitaessa.

Siikaluoman (2006) Malmilohkareiden sormenjälkiprojektin loppuraportti antaa hyvää osviittaa tämänkaltaiselle tutkimukselle. Siikaluoma (2006) selvitti eri analysointimenetelmien avulla, onko jokin lohkare peräisin jo tunnetusta paljastumasta vai onko kyseessä mahdollisesti aiemmin tuntematon lähtöalue. Tutkimuksessa keskityttiin Iisalmesta Raaheen ulottuvalta vyöhykkeeltä löydettyihin sellaisiin malmimineraalikoostumukseltaan ja kivilajiltaan poikkeaviin malmilohkareisiin, joiden alkuperää on jo pitkään yritetty paikantaa. Malmilohkareiden sormenjälkiprojektin tavoitteena oli tunnettujen malmilohkareiden luokitus eräänlaisen geologisen sormenjäljen perusteella hyödyntäen isotooppigeokemiallista LA-ICPMS (laser-ablaatiomassaspektrometri) -menetelmää. Geologisella sormenjäljellä tarkoitetaan joidenkin mineraalien lyijyisotooppien suhteen pysymistä samana koko näytteessä ja kyseisten isotooppisuhteiden muuttumista eri näytteiden kesken. Varsinainen ”sormenjälki” muodostuu LA-ICPMS -laitteistolla analysoidusta mineraalin REE-sormenjälkikuvasta (Siikaluoma 2006).

Aineistona tutkimuksessa käytettiin kansannäytteitä ja malmiesiintymien tyyppinäytteitä. Tutkimuksessa mukana olleet kansannäytteet olivat Outokumpu Oy:n malminetsinnän ja GTK:n lohkareateriaalia. Projektin loppuraportin mukaan näytteiden isotooppi-tulokset ja REE- jakaumat vahvistavat oletuksia joidenkin lohkareiden lähtöalueesta, mutta toivat myös uutta tietoa ja menetelmän validointiin tarvittavia kehitysideoita (Siikaluoma 2006).

5.2 Paperinen arkistoaineisto

Vanhimmat paperiset kansannäyteaineistot ovat 1940-luvulta. Aineisto sisältää vanhoja näytetietoja, analyysituloksia, käyntiraportteja ja reikäkortteja. Kansannäytearkisto sisältää myös eri yhtiöiden aineistoja. GTK:n käyntiraporttien lisäksi kansioissa on Lohja Oy:n, Malmikaivos Oy:n, Kajaani Oy:n sekä Rautaruukki Oy:n raportteja. Lisäksi paperisena on myös eri malmikilpailuihin liittyvää aineistoa, kuten Malmimanian ja kunta-kohtaisten kisojen aineistoa. Arkistossa on myös muuta kansannäytetoimintaan liittyvää aineistoa, kuten vanhoja karttoja, asiakkaiden lähettämiä kirjeitä, asiakaskortistoja, geologien maastomuistiinpanoja, analyysituloksia ja tuloksia, sekä näytevastauksia.

Kaikki kansannäytetoimintaan liittyvä GTK:n oma (Pohjois-Suomen yksikön materiaalia lukuun ottamatta) ja malmiyhtiöiden GTK:lle luovuttama arkistomateriaali sijaitsee GTK:n Kuopion toimipisteessä.

5.3 Digitaalinen aineisto

Kansannäytteiden digitaalinen aineisto on osittain GTK:n geotietoytimessä, osittain vielä excel-taulukkomuodossa kansannäytetoimiston tietokoneilla. Digitaalinen aineisto sisältää skannattuja maastokäyntiraportteja ja reikäkortteja, GTK:lle ja Outokumpu Oy:lle saapuneiden näytteiden paikka- ja analyysitietoja. Vuodesta 1989 lähtien tietoja on tallennettu Järkky-tietokantaan.

Paperisesta aineistosta vain osa on tähän mennessä skannattu. Skannattu aineisto on saatavilla GTK:n Hakku-palvelun kautta. Skannattu aineisto sisältää M13, M17, M19 ja OKU -raportteja (maastokäyntiraportteja) ja GTK:n reikäkortteja (nimellä tarkistusraportit). Jatkossa tärkeimpiä skannattavia aineistoja ovat raportit, joista selviää kivinäytteen löytöpaikka ja tietoa näytteen löytöalueen malmipotentialista. Kiviarkistossa Outokummun kivinäytteiden yhteydessä on usein näytteen käyntiraportti. Nämä raportit olisi syytä skannata. Myöskään kaikkia Rautaruukin aineistoja ei ole vielä digitoitu.

5.3.1 Malmiviitetietokanta

Malmiviitetietokantaan on vuodesta 1905 lähtien koottu malmiviitteiden ohella myös merkittävimmät kansannäytetiedot vuoteen 1994 asti. Malmiviitetietokanta on Boris Saltikoffin vuosien 1930–1994 väliseltä ajalta keräämä aineisto, johon on yhdistetty malmiviitteitä OKU Oy:n, GTK:n, Rautaruukki Oy:n, Lapin malmi Oy:n, Malmikaivos Oy:n, Otanmäki Oy:n ja Suomen malmi Oy:n tiedoista. Malmiviitetietokanta käsittää yhteensä 9638 aiheen tiedot. Näistä suurin osa on lohkkareita, 7832 kappaletta. Kallioviitteitä on 1807 kappaletta (Saltikoff 1987, 1997). Aineisto on sekä raporttimuodossa ja digitaalisena GTK:n geotietoytimellä (taulukkomuodossa) ja hyödynnettävissä mm. ArcMap-ohjelmassa (Kuva 14).

Aineistossa jokaisesta malmiviitteestä on ilmoitettu paikkatieto, isäntäkivi, malmipitoisuus asteikolla mitätön-köyhä-kohtalainen-rikas ja tunnistustiedot (kohteen numero,

nimi jne.). Aineistossa ei ole ilmoitettu tarkkoja analyysitietoja, koska tiedoston tekijä on pitänyt tarkkoja analyysituloksia harhaanjohtavina. Lohkarenäytteet ovat usein yksittäisiä valikoituneita lohkareita, joiden malminetsinnällisesti kiinnostavat alkuainepitoisuudet antavat väärän kuvan alueen todellisesta malmipotentialista. Näytteiden malmipotentiali on arvioitu sanallisesti käyntiraporttien ja alueella tehtyjen tutkimusten perusteella. Malmiviitetietokannan lisäksi nykyään aineistoon on lisätty myös vähempiarvoisten näytteiden tai tutkimusten tietoja. Nämä ovat olleet valtakunnallisessa käytössä 2000-luvulla.

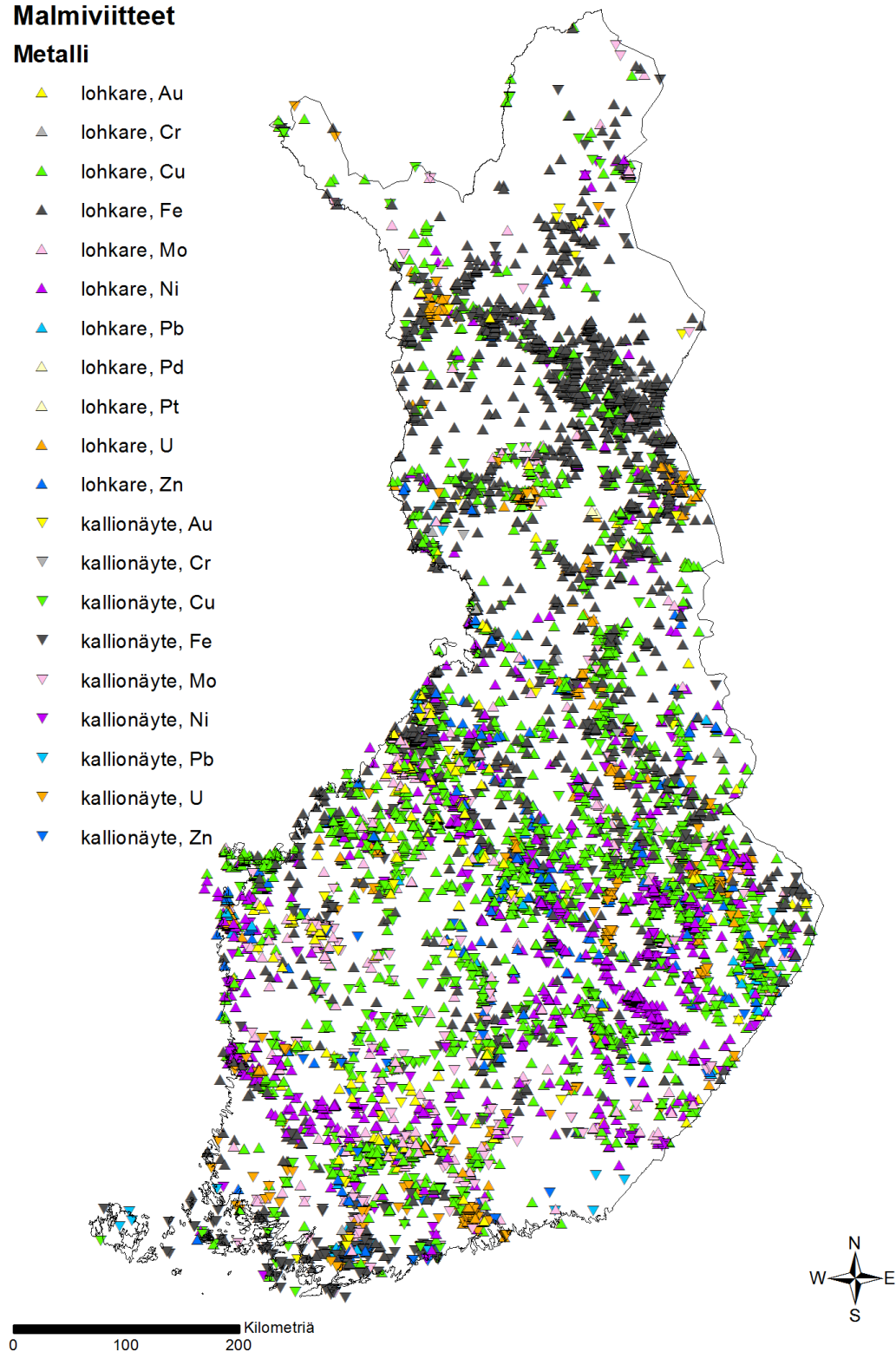
Malmiviitetietokannasta löytyvät näytteet ovat pääosin metallimalmiviitteitä, joista on olemassa paikkatiedot sekä analyysitiedot. Teollisuusmineraaliyhtiöiltä aineistoa on tullut niukasti.

Digitaalisesta malmiviitetietokannasta puuttuu suuri määrä GTK:n ja eri yhtiöiden lohkareaineistoa (Outokumpu Oy, Myllykoski Oy, Rautaruukki Oy ym.). Aineistoa on kerätty kymmenien vuosien ajan eri tutkimusten yhteydessä. Aineiston digitointi on tällä hetkellä käynnissä GTK:n tutkijoiden toimittamien tietojen osalta ja aineisto tulee tulevaisuudessa osaksi malmiviitetietokantaa.

Malmiviitteet

Metalli

- ▲ lohkare, Au
- ▲ lohkare, Cr
- ▲ lohkare, Cu
- ▲ lohkare, Fe
- ▲ lohkare, Mo
- ▲ lohkare, Ni
- ▲ lohkare, Pb
- ▲ lohkare, Pd
- ▲ lohkare, Pt
- ▲ lohkare, U
- ▲ lohkare, Zn
- ▼ kallionäyte, Au
- ▼ kallionäyte, Cr
- ▼ kallionäyte, Cu
- ▼ kallionäyte, Fe
- ▼ kallionäyte, Mo
- ▼ kallionäyte, Ni
- ▼ kallionäyte, Pb
- ▼ kallionäyte, U
- ▼ kallionäyte, Zn



Kuva 14. GTK:n ylläpitämässä malmiviitetietokannassa on tällä hetkellä yhteensä 9638 malminäytteen tiedot. Aineistossa on myös Outokumpu Oy:n, Rautaruukki Oy:n ym. yksityisten yhtiöiden toimittamaa aineistoa.

5.3.2 Järkky-tietokanta

Järkky on GTK:n geotietoytimen tietokantaohjelma, joka on tarkoitettu kansannäytteiden ja niiden lähettäjien tietojen hallintaan. Järkkyä käytetään asiakas- ja näytetietojen sekä maastohavaintojen tarkasteluun, lisäämiseen, päivittämiseen ja poistamiseen. Kirjoitusoikeudet järjestelmään ovat vain kansannäytetoiminnassa mukana olevilla henkilöillä. Kansannäyttehavaintojen tallennus Järkky-tietokantaan on aloitettu vuonna 1989. Kaikkia vuoden 1989 jälkeen kertyneitä tietoja ei kuitenkaan ole tallennettu, esimerkiksi Pohjois-Suomen tietoja puuttuu. Näytetiedot päivittyvät tietokantaan sitä mukaa, kun uusia kansannäytteitä tulee, sillä jokainen tutkittu näyte kirjataan tietokantaan.

Järkky-tietokannassa on kansannäytetoimistoon lähetetyistä näytteistä yhteensä 110 736 näytteen tiedot, vuosien 1989–2017 väliseltä ajalta (tilanne 29.5.2017) sekä 15351 asiakkaan tiedot (tilanne 29.5.2017). Näistä aktiivisia lähittäjiä on noin 1500. Aktiiviseksi asiakkaaksi katsotaan kuuluvaksi henkilö, joka on lähettänyt näytteitä viimeisen kahden vuoden ajan. Tietokannassa on maastotarkastettujen näytteiden raportteja vuosien 1989–2015 väliseltä ajalta yhteensä 3720. Vuosittain maastotarkastukseen johtaa noin 150. Näytteiden tarkistusmäärät ovat pysyneet vuosittain suunnilleen samana. 110 736 näytteestä 54 095 näytettä on analysoitu kemiallisesti laboratoriossa vuosien 1989–2017 välisenä aikana (tilanne 29.5.2017).

Tietokanta sisältää tietoa kiviharrastajien lähettämistä kallioperä- ja lohkenäytteistä, lähettäjien nimi- ja osoitetiedot, tutkittujen näytteiden paikkatiedot sekä analyysitiedot. Järkyn kautta tallennettava aineisto on jaettu kahteen osioon: asiakkaat ja näytteet. Asiakkaat -osiossa on kaikkien kiviäytteitä lähittäneiden asiakkaiden yhteystiedot ja tietoja asiakkaiden saamista kansannäyttepalkinnoista. Näytteet -osioista löytyvät tiedot kansannäytetoimistoon lähetetyistä kiviäytteistä (näytteen saapumispäivänmäärä, näytetunnus, kivilaji, lohken/kallio, malmimineraalit, näytteen tarkastaja, näytteen laatu, analyysitiedot ja käytetty analyysimenetelmä). Maastotarkastetuista näytteistä on maastokäyntiraportti, joka sisältää myös jatkotoimenpide-ehdotukset sekä löytöpaikan tarkemman kuvauksen ja koordinaatit.

Mielenkiintoiset näytteet arkistoidaan tai tallennetaan toistaiseksi. Toistaiseksi tallennettu näyte poistetaan tai arkistoidaan analyysitulosten saapumisen jälkeen. Näytteiden

ensimmäisessä tutkimus- ja tallennusvaiheessa jokaiselle näytteelle annetaan numero. Tunnuksen alkuosan muodostaa vuosiluku nelinumeroisena (esim. 2017XXXX). Näytteet tallennetaan näytteiden laadun mukaan. Näytteen laadun ja arvon mukaan se ohjautuu mahdollisiin jatkotutkimuksiin. Näyte palautetaan lähettäjälle erikseen niin pyydettyäessä. Teollisuusmineraali-, luonnonkivi-, mineraali- ja korukivinäytteet sekä poistetut näytteet saavat näyttenumerosarjaan etuliitteeksi oman kirjainkoodin (esim. Mineraalinäyte - M2017XXXX) (Taulukko 2).

Taulukko 2. Järkky-ohjelmaan tallennettavien näytteiden talletus- ja merkintätavat.

Näytteen laatu	Näytteen tila	Tunnus	Näytteen säilytys
Analysoitava	Tallennettu toistaiseksi analyysiä varten.	2017XXXX	Analyysituloksen jälkeen näyte joko arkistoidaan tai poistetaan.
Korukivi	Arkistoitu	K2017XXXX	Kansannäytetoimiston näytearkisto
Mineraalinäyte	Arkistoitu	M2017XXXX	Kansannäytetoimiston näytearkisto
Teollisuusmineraali	Arkistoitu	T2017XXXX	Kansannäytetoimiston näytearkisto
Luonnonkivi	Arkistoitu	L2017XXXX	Kansannäytetoimiston näytearkisto
Ei toimenpiteitä	Poistettu	X2017XXXX	Näyte poistetaan.

Järkyn avulla voidaan tarvittaessa hakea erilaisia tilastotietoja GTK:n geotietoytimeltä. Kansannäytetoimiston henkilökunta poimii tietokannasta vuosittain tilastot (näytetiedot ja analyysitulokset) edellisen vuoden kaikista analysoiduista malminäytteistä, teollisuusmineraali-, mineraalinäyte-, luonnonkivi-, koru- ja jalokivinäytteistä. Ne toimitetaan edelleen kansannäytteitä työssään hyödyntäville GTK:n tutkijoille. Paitsi maastokäyntiin johtavien myös johtamattomien näytteiden joukossa saattaa olla erilaisten projektien kannalta hyödyllisiä näytteitä. Tilastoista voi poimia kaikkien analysoitujen näytteiden tietoja. Vuoden 1989 jälkeen maastotarkastetut kansannäytteet saadaan näkyville paikkatietoineen ArcMapiin ja uusimmat näytteet myös analyysitietoineen. Vanhempien näytteiden osalta tiedot ovat heterogeenisiä ja mm. analyysitulosten mitätysiköt saattavat olla väärin.

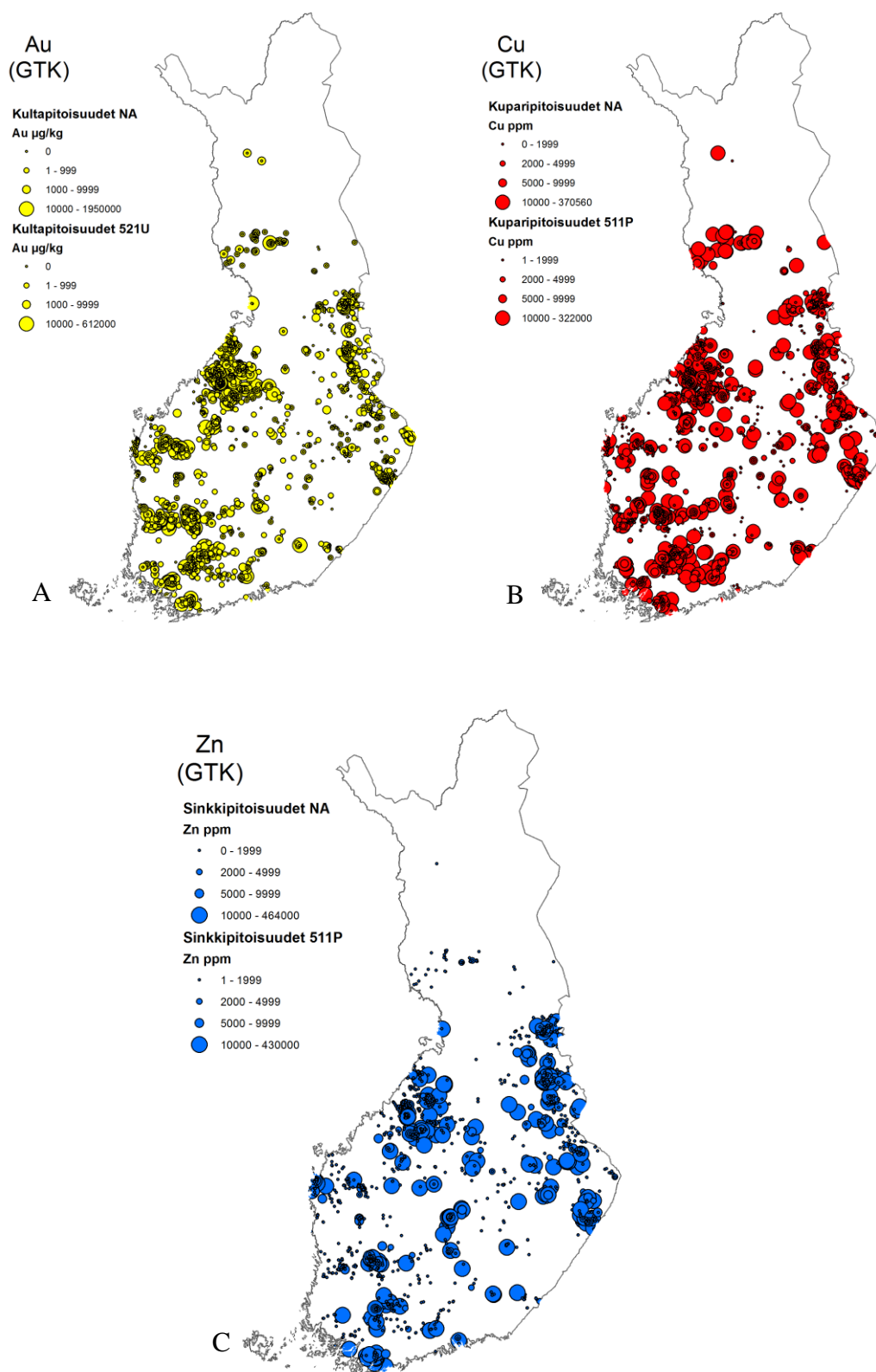
Vuosien 1989–2015 välisenä aikana analysoiduissa näytteissä on runsaasti heikon pitoisuuden alarajan ylittäviä näytteitä. Taulukoon 3 on kerätty GTK:n ja Outokumpu Oy:n kansannäytteiden näytemääriä muutamien alkuaineiden kohdalta. Näytteet ovat sekä lohkarie että kallionäytteitä. Taulukossa ilmoitettujen näytemäärien pitoisuusrajana on käytetty Järkky-järjestelmässä määritettyjä, kunkin alkuaineen osalta heikoimman alarajan ylittävää pitoisuutta. Aineistossa on runsaasti näytteitä, joiden pitoisuudet ovat

malminetsinnän kannalta huomionarvoisia. Esimerkiksi GTK:n aineistossa on 3544 kultanäytettä, joiden pitoisuus on 0,5 g/t tai yli. Outokummun aineistossa vastaavasti on 3572 näytettä, joiden nikkelpitoisuus on vähintään 0,1 %.

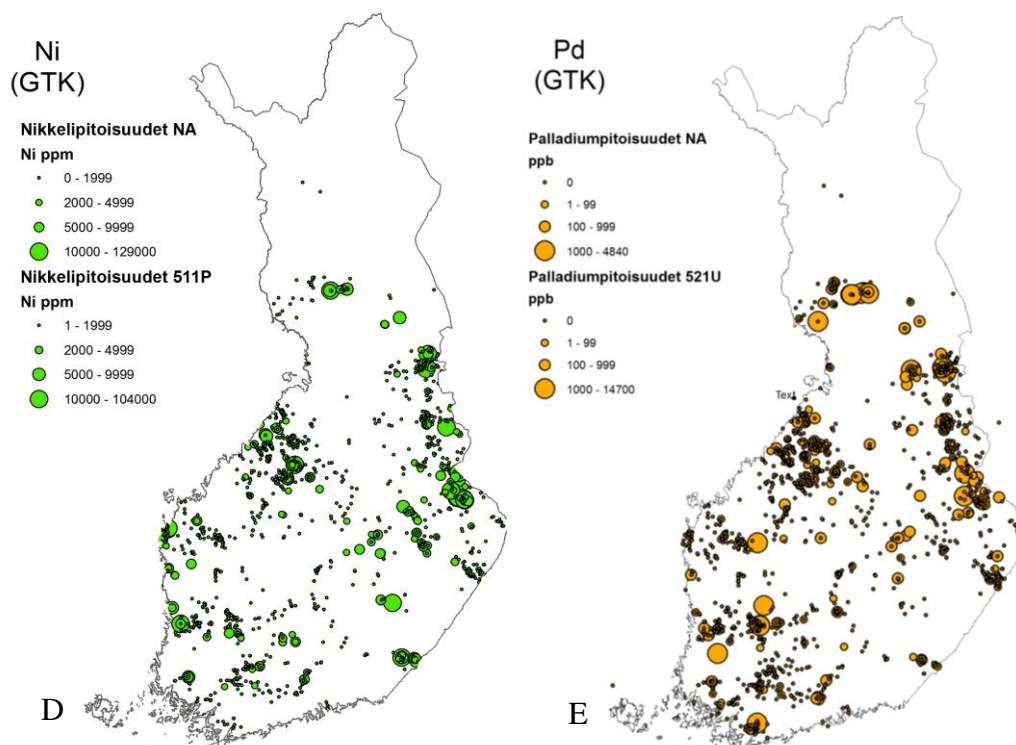
Taulukko 3. GTK:n ja Outokumpu Oy:n näytetiedoista poimittuja heikon pitoisuuden alarajan ylittävien näytteiden määriä. Taulukossa on muutamia yleisimmät metallit. Aineistona on käytetty GTK:n vuosien 1989-2015 väliseltä ajalta analysoituja näytteitä sekä digitaalisessa muodossa olevia Outokumpu Oy:n näytteitä.

Pitoisuus ppm	Alkuaine	GTK	OKU
0,5	Au	3544	542
20	Ag	828	557
5000	Cu	1916	2753
1000	Ni	1952	3572
5000	Pb	406	554
1000	Co	196	468
5000	Zn	798	910

GTK:n kansannäytteiden analyysitiedot voidaan myös havainnollistaa kartalla, esim. kultapitoisuudet saadaan näkyviin sitä isompana pallona kartalla, mitä korkeampi kultapitoisuus kussakin näytteessä on. Samoin myös kuparin, sinkin, nikkelin ja palladiumin osalta voidaan havainnollistaa pitoisuuksia (Kuva 15 A-E). Kuvissa olevat näytetiedot ovat GTK:n analysoituja kansannäytteitä vuosien 1989–2014 väliseltä ajalta.



Kuva 15 A-C. Kansannäytteistä analysoitujen kullan, kuparin ja sinkin pitoisuudet sekä käytetyt analyysimenetelmät. Analyysimenetelminä on käytetty neutroniaktivaatioanalyysiä (NA) sekä ICP-OES-/MS-tekniikalla menetelmiä 511P ja 521U. Näytetiedot ovat vuosilta 1989–2014.



Kuva 15 D-E. Kansannäytteistä analysoidun nikkelin ja palladiumin pitoisuudet sekä käytetyt analyysimenetelmät. Analyysimenetelminä on käytetty neutroniaktivaatioanalyysiä (NA) sekä ICP-OES/MS-tekniikalla menetelmiä 511P ja 521U. Näytetiedot ovat vuosilta 1989–2014.

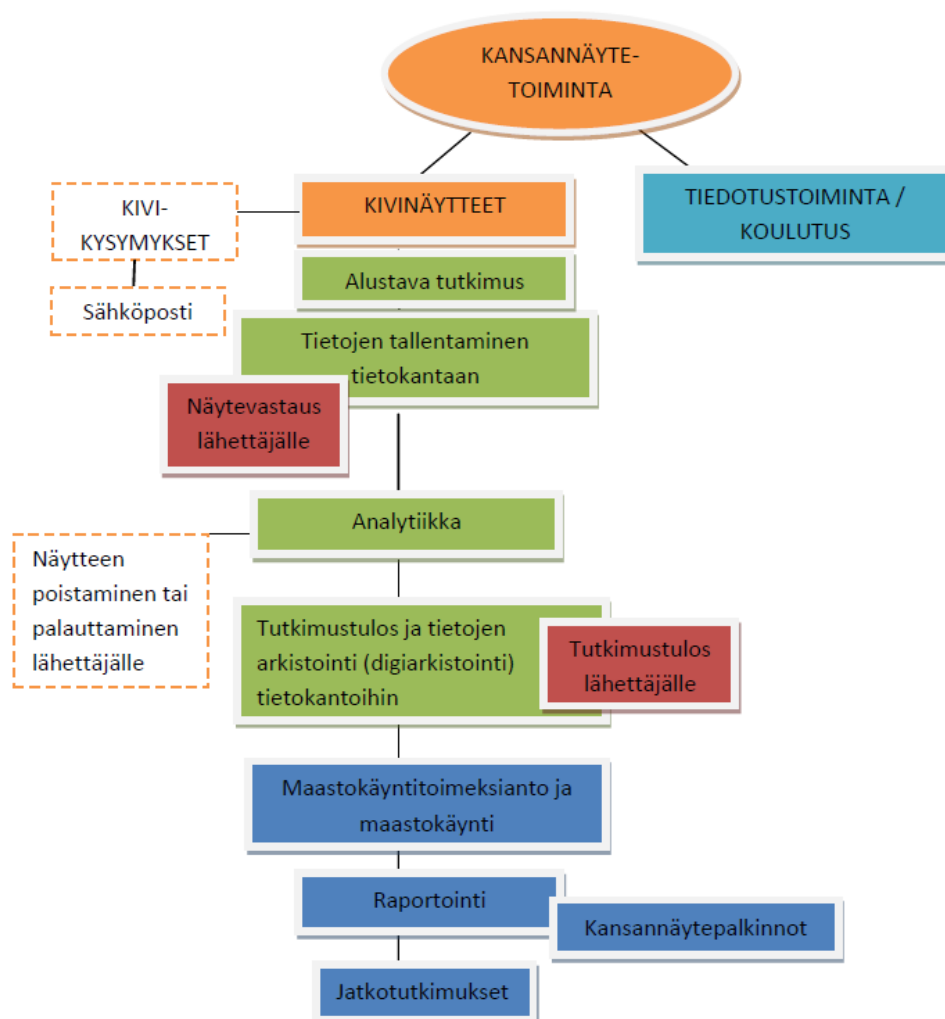
6 Kansannäytetoiminnan prosessi

Suomalaisten yhtiöiden malminetsinnän hiipuessa lopullisesti 90-luvulla GTK jatkoi raaka-ainevarojen kartoitusta ja tutkimusta. Myös kansannäytetoiminta GTK:n aluetoimistoissa Kuopiossa, Rovaniemellä ja Espoossa jatkui. Toiminnan kehittämiseksi, yhtenäistämiseksi ja tehostamiseksi kansannäytetoiminta keskitettiin Kuopioon vuonna 2005. Kansannäytteitä vastaanotetaan vuosittain 4000–5000 kappaletta.

Kansannäytetoiminnan avulla on aloitettu 2000-luvulla useiden kymmenien malmiainheiden tutkimukset. Tutkimusmenetelmien kehityksestä huolimatta havaintomme kallioperästä yli 100 metrin syvyydeltä ovat edelleen ainoastaan pistemäisiä. Malminetsinnän haasteena on myös jääkausien jäljiltä paksu maapeite kallioperän päällä. Vain noin 2 % Suomen maapinta-alasta on paljastuneena (Kontula et al. 2008). GTK:n omana työnä tehty järjestelmällinen lohkar-etsintä on lähes loppunut, joten kansannäytetoiminnan

merkitys on tästä näkökulmasta ehkä tänä päivänä tärkeämpää, kuin koskaan aikaisemmin. Kaivuutyöt, louhinta tai esim. roudan maan pinnalle nostamat lohkarieet tuovat tietoa alueen kallioperästä ja voivat myös tuoda viitteen syvällä maapeitteen alla sijaitsevasta malmista, jota ei geofysikaalisten karttojen ja erilaisten etsintämallien avulla välttämättä pystytä paikantamaan. Löydetty näyte on aina konkreettinen suora viite mahdollisesta malmista.

Kansannäytetoiminta on GTK:n laatukäsikirjan mukaista toimintaa, joka on kuvattu mineraalisten raaka-ainevarojen kartoituksen toimintakäsikirjassa. Kansannäytetoimintaan kuuluvat kansannäytteiden vastaanotto, tutkiminen, analysointi, näytteiden maastotarkistukset, lähettäjä- ja näytetietojen tallentaminen tietokantaan, vastaanotettujen näytteiden lähettäjille vastaaminen, vuosittain parhaiden näytteiden lähettäjien palkitseminen, sekä kivi-harrastukseen liittyviin sähköpostikysymyksiin vastaaminen.



Kuva 16. Vuokaavio kansannäytetoiminnan prosessin kulusta. Kivinäytteiden vastaanoton ja tutkimisen lisäksi tiedotustoiminta kuuluu oleellisena osana toimintaan.

Kansannäytetoiminnalla on taloudellisen hyödyn tuottamisen lisäksi myös muita tehtäviä. Prosessiin kuuluvat tärkeänä osana myös kansannäytetoiminnan ja GTK:n markkinointi ja geologisen tiedon välittäminen harrastajille ja muulle yleisölle. Kansannäytetoiminnasta tiedotetaan Geolöytäjä -lehdessä, sekä kansannäytetoiminnan Facebook-sivuilla ja GTK:n nettisivuilla. Pääasiakasryhmä ovat näytteiden lähettäjät, kiviharrastajat. Tärkeitä asiakkaita ovat myös GTK:n omat tutkijat, jotka hyödyntävät ao. tietoa omassa työssään sekä malminetsintää tekevät kaivosyhtiöt, jotka ovat näytetietojen lisäksi myös kiinnostuneita ja yhteistyövalmiita kansalaisille tehtävän geologiaan ja kallioperän raaka-aineisiin liittyvän popularisoinnin ja valistuksen suhteen. Merkittäviä sidosryhmiä ovat koulut, oppilaitokset ja kansalaisopistot sekä kivikerhot, joiden kanssa yhteistyössä tehty geologisen tiedon ja kiviharrastustiedon jakaminen on ollut tehokasta. Alueellisten kiviopistojen ja kiviopistojen yhteydessä tärkeitä yhteistyötahoja ja sidosryhmiä ovat kunnat, maakuntaliitot sekä yliopistot ja kaivosyhtiöt. Tärkeä tehtävä on myös laajan kansannäytearkiston järjestäminen ja kunnossapito, sekä tietojen toimittaminen GTK:n julkiseen arkistoon. Kansannäytetoiminnan prosessin kulku on esitetty vuokaaviossa (Kuva 16). Kansannäytetoimintaa havainnollistavia kuvia on seuraavilla sivuilla (Kuvat 17–22).



Kuva 17. Keväällä 2011 Luopioisissa pidetyn malminetsintäkurssin osallistujat kenttäpäivänä. Satu Hietala, GTK.



Kuva 18. Kansannäytetoimiston opetuskivisarja sekä pieniä, kouluille jaettavia kivinäytelaatikoita. Jari Nenonen, GTK.



Kuvat 19. Koululaisten kivikisan aloitustilaisuus, jossa lapsille kerrotaan geologiasta. Jari Nenonen, GTK.



Kuva 20. Itä-Suomen yliopiston järjestämässä Lasten yliopisto-luonnontiede-leirillä lapsille opetaan kivien tunnistusta. Kansannäytetoimisto on ollut mukana järjestämässä leiriä vuodesta 2012. Jari Nenonen, GTK.



Kuva 21. Kansannäytetoiminnan esiteitä ja esite Retkeilijän kivioppaasta. Jari Nenonen, GTK.



Kuva 22. Yhteistyö eri kivikerhojen kanssa on tärkeää. Kuvassa Tampereen kivikerholaisia Parais-
ten kaivoksella kansannäytetoimiston järjestämällä retkellä. Satu Hietala, GTK.

6.1 Kivilaji- ja mineraalinäytteiden tutkiminen kansannäytetoimistossa

Kivien tutkimusprosessi alkaa lähetettyjen näytteiden saapumisesta. Saapuneet näytteet avataan paketeista ja niiden mahdollinen radioaktiivisuus mitataan skintillometrillä ja mineraalien fluoresointi lyhytaalto UV-lampulla (254 nm). Näytteitä tutkitaan silmämääräisesti hyödyntämällä yksinkertaisia mineraalien tunnistustapoja. Tunnistusvälineiden, joita ovat teräspiikki, magneetti ja lasittamaton posliinin pala, avulla tutkitaan mineraalien kovuutta, magneettisuutta ja viirun väriä (Kuva 23). Näytteet tutkitaan luupilla tai stereomikroskoopilla mineraalien tunnistamiseksi. Karbonaatimineraalien, kalsiitin ja dolomiitin erottamiseen käytetään laimeaa HCl-liuosta (7 %).

Näytteet luokitellaan malmikiviin, rakennuskiviin, teollisuuskiviin, teollisuusmineraaleihin sekä jalo- ja korukiviin. Arvottomat näytteet poistetaan tai palautetaan lähettäjälle pyynnöstä. Arvokkaat kivet kuten jalokivet, kultahiput tms. palautetaan automaattisesti lähettäjille. Alustavan tutkimuksen jälkeen mielenkiintoiset näytteet analysoidaan käyttämällä kansannäytetoimiston röntgenfluoresenssianalysaattoreita tai kemi-

allisesti laboratoriossa. Osa näytteistä lähetetään tarkempiin laboratoriotutkimuksiin GTK:n Tutkimuslaboratorioon Espooseen, jossa mineraalin kiderakenne ja kemiallinen koostumus määritetään röntgendiffraktio- ja elektronimikroanalyysimenetelmillä.

Analysoinnin ja tulosten tarkastelun jälkeen, näytteet joko arkistoidaan tai poistetaan arvottomina. Tutkimustulokset tallennetaan tietokantaan ja kaikista tutkimustuloksista lähetetään vastaus lähettäjälle.

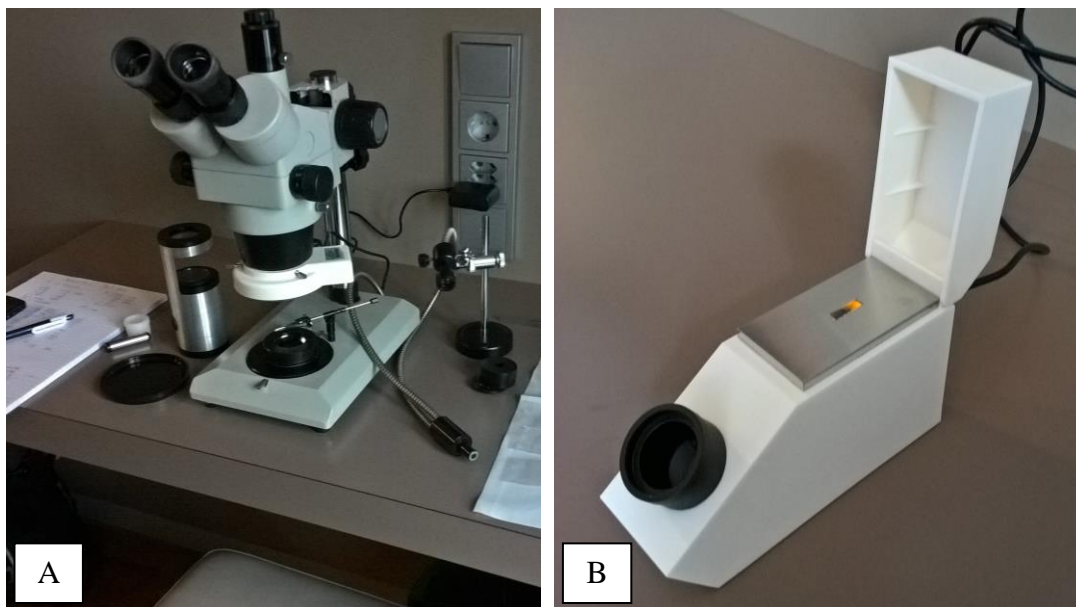


Kuva 23. Kivinäytteiden alustava arviointi tapahtuu perinteisesti kovuuden, viirun, magneettisuuden sekä luupin avulla tutkimalla. Jari Nenonen, GTK.

6.2 Jalo- ja korukivien tutkiminen kansannäytetoimistossa

Kansannäytetoimistoon tulevien korukivinäytteiden määrä on lisääntynyt viimeisten vuosien aikana, erityisesti 2010-luvulla. Korukivinäytteistä määritetään kivilaji tai mineraali ja arvioidaan kiven soveltuvuus korukivikäyttöön. Tunnistaminen vaatii useita gemmologisia laitteita, kuten jalokivitutkimukseen tarkoitettua mikroskooppia (Kuva 24 A), polariskooppia, dikroskooppia, spektroskooppia sekä timanttiteriä. Näytteestä riippuen jalokivistä ja läpinäkyvistä korukivistä mitataan taitekerroin refraktometrillä (Kuva 24 B) sekä tarvittaessa ominaispaino hydrostaattisella punnituksella. Uusien korukivityyppien löytyessä voidaan näytteistä tehdä koehionta. Kivilaji- tai mineraalinäyte

hiotaan pyöröhiontalaitteistolla. Uuden esiintymän tutkimusvaiheessa tehdään myös detaljikartoitus eli riittävän tarkkamittakaavainen tutkimus kalliosta, jossa korukivilajia tai korumineraalia esiintyy. Ensivaiheen tutkimukseen voi sisältyä vielä kallionäytteenotto sahaamalla tai minikairalla (Hietala 2017b).



Kuvat 24 A ja B. Kuvassa A jalokivien ja korukivien tutkimiseen tarkoitettu jalokivimikroskooppi ja kuvassa B jalokivitutkimuksessa tärkein mittalaite, refraktometri, jolla mitataan jalo- ja korukiven taitekerroin-arvot. Satu Hietala, GTK.

6.3 Maastotarkastukset

Analyysitulosten perusteella valitaan näytteet, jotka olisi syytä käydä maastossa tarkastamassa ja heikoimmat näytteet poistetaan. Kaikista analyysituloksista lähetetään tiedot näytteen lähettäjälle. Mahdollisesta tulevasta maastotarkastuksesta ilmoitetaan analyysituloksen yhteydessä lähettäjälle. Kansannäytetoimisto lähettää sähköpostitse näytteiden maastotarkastajille toimeenpanokehotuksen, joka sisältää tiedot tarkastettavasta näytteestä sekä lähettäjän tiedot. Maastotarkastaja ottaa yhteyttä näytteen lähettäjään, joka opastaa tarkastajan löytöpaikalle. Maastotarkastuksen tekee löytöalueen hyvin tunteva geologi tai kokenut tutkimusassistentti yhdessä löytäjän kanssa. Maastotarkastuksen yhteydessä tallennetaan löytöpaikan koordinaatit.

Maastossa tarkastettujen kansannäytteiden paikannukseen on käytetty vuodesta 1998 lähtien käsikäyttöistä GPS-laitetta. Tarkastetut näytteet tallennetaan GTK:n Kapalo-

tietokantaan. Tallennettu aineisto siirtyy geotietoytimeen. Maastokäyntiin johtaneet kivi- ja mineraalinäytteet valokuvataan ja näytteet arkistoidaan kansannäytetoimiston kiviarkistoon.

6.4 Lähettäjien palkitseminen

Kansannäytepalkinnot jaetaan vuosittain parhaiden näytteiden lähettäjäille. Kokonaispalkintosumma on vaihdellut vuosien aikana 10 000–25 000 € välillä, henkilökohtaiset palkintosummat 200–4000 €. Valtakunnallinen palkintojenjakotilaisuus pyritään järjestämään mahdollisimman pian maastotarkistusten jälkeen, viimeistään vuoden loppuun mennessä, pääpalkinnon saajan toiminta-alueella (Kuva 25). Tilaisuus järjestetään mahdollisuuksien mukaan esim. maakuntaliiton tai muun arvovaltaisen alueellisen tahon kanssa yhteistyössä. Tiedot palkintojen saajista tiedotetaan valtakunnallisesti kaikelle medialle palkintotilaisuuden yhteydessä. Medialevytyksestä ja tiedotuksesta vastaa GTK:n viestintä yhteistyössä kansannäytetoiminnan kanssa.

GTK jakaa palkintoja parhaista malmiviitteistä, korukivi- ja luonnonkivi- sekä teollisuusmineraalinäytteistä. Palkinnot luokitellaan pääpalkintoihin, tunnustuspalkintoihin sekä harrastuspalkintoihin. Vuonna 2011 palkintoluokkiin lisättiin myös uuden lähettäjän palkinto ja vuonna 2012 nuoren lähettäjän palkinto. Palkinnot ovat verovapaata tuloa saajilleen.

Pohjois-Suomessa kansannäytetoimintaa tuetaan myös kuntien taholta. Lapin Liitto saa vuosittain ehdotukset kansannäytetoimistolta ja välittää ehdotukset eteenpäin Lapin kunnille. Ehdotettujen palkintojen yhteissumma on yleensä ollut n. 4000€. Uusin kansannäytetoiminnan tukija, Renlundin säätiö, jakaa kansannäytteiden lähettäjäille apurahoja hakemusten perusteella malminetsintäharrastuksen kuluihin.



Kuva 25. Palkittuja kansannäytteiden lähettäjiä. Vuonna 2012 kansannäyteseminaarin yhteydessä pidetty palkintojenjakotilaisuus Espoon GTK:n yksikössä. Satu Hietala, GTK.

6.5 Kansannäytteiden analyysimenetelmät

Kansannäytteiden analyysimenetelminä käytetään kemiallista analyysiä, röntgenfluoresenssianalytiikkaa sekä tarvittaessa näytteistä voidaan valmistaa ohuthie, josta tutkitaan mineraalit ja tehdään kivilajin petrografinen kuvaus. Lisäksi näytteistä tehdään tarpeen mukaan mineraalien kidekemiallisia sekä rakennetutkimuksia mikroanalyysaattoria tai pyyhkäisyelektronimikroskooppia käyttäen sekä kokokivianalyysejä. Kansannäytteiden kemialliset analyysit tehdään sertifioituissa laboratorioissa.

6.5.1 Kemiallinen analyysi laboratoriossa ja röntgenfluoresenssianalytiikka

Laboratoriossa tehtävien näyteanalyysien menetelminä tällä hetkellä ovat kuningasvesiliuotus ja ICP-MS–monialkuaineanalyysi ja GFAAS-tekniikka (Au, Pd ja Te) sekä rikastusmenetelmänä Fire Assay. Pääsääntöisesti näytteistä analysoidaan 40 eri alkuainetta ja analyysipaketteja voidaan muuttaa tarpeen mukaan. Laboratoriosta saapuvat analyysitulokset siirtyvät GTK:n geotietoytimelle, josta ne siirretään Järkky-tietokantaan. Tuloksia tarkastellaan kunkin alkuaineen kohdalta. Pelkkien pitoisuustietojen lisäksi näytteen jatkokäsittelyyn (arkistointi/poisto) vaikuttaa kiven löytöpaikka, onko kyseessä kallio- vai lohkarenäyte, aikaisemmat löydökset alueelta sekä kiven rakenne ja muuttuminen. Analyysitulosten käsittelyssä käytetään kullekin alkuaineelle määritettyjä pitoisuusrajoja sekä niitä vastaavia sanallisia määritelmiä heikko-kohtalainen-hyvä-rikas (Taulukko 4). Kallionäytteiden ollessa kyseessä, maastokäyntiin johtavien näytteiden pitoisuusrajat ovat alhaisempia, kuin lohkareiden pitoisuudet (Taulukko 5).

Taulukko 4. Pitoisuusrajat yleisimmille metallisille alkuaineille.

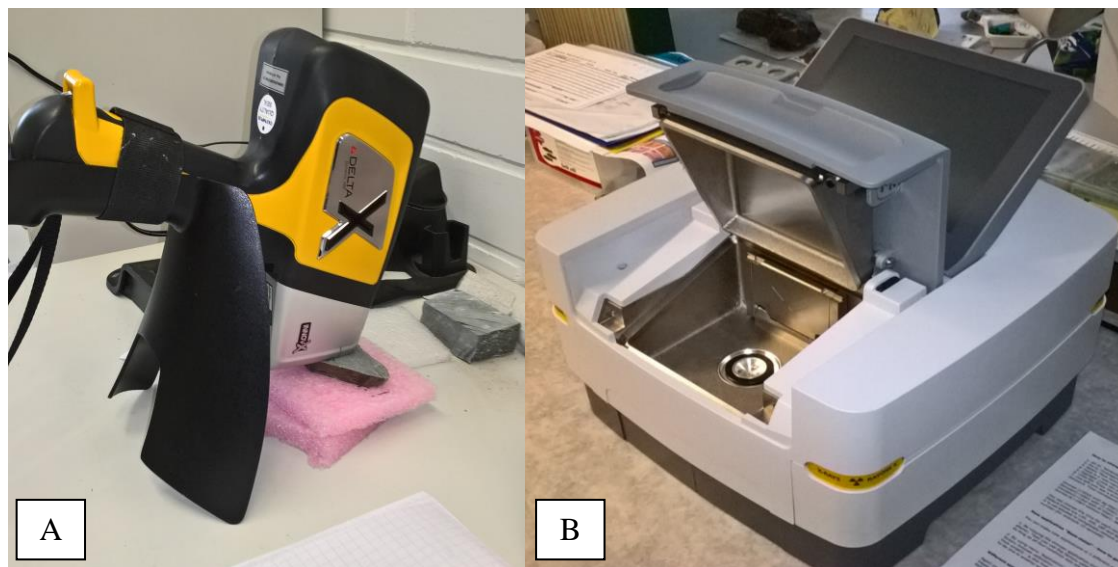
Alkuaine	heikko	kohtalainen	hyvä	rikas	yksikkö
Au	0.5	1	3	5	ppm
Ni	1000	3000	6000	12 000	ppm
Cu	5000	10 000	20 000	40 000	ppm
Zn	5000	10 000	30 000	50 000	ppm
Pb	5000	10 000	30 000	50 000	ppm
Ag	20	50	100	200	ppm
Ti	50 000	100 000	150 000	200 000	ppm
Co	1000	2000	4000	6000	ppm
Cr	100 000	200 000	250 000	300 000	ppm
Mo	2000	4000	7000	10 000	ppm
W	2000	4000	7000	10 000	ppm
Sn	2000	4000	7000	10 000	ppm
V	2000	4000	6000	8000	ppm
Pd	0.3	1	3	5	ppm
Pt	0.3	1	3	5	ppm
Te	2000	4000	7000	10 000	ppm
Fe	300 000	350 000	450 000	600 000	ppm
Mn	100 000	200 000	250 000	300 000	ppm
S	250 000	300 000	350 000	400 000	ppm

Taulukko 5. Kallionäytteiden mielenkiintoiset pitoisuudet.

Alkuaine	Pitoisuus
Pd	0,1 g/t
Au	0,1 g/t
Cu	0,20 %
Ni	0,20 %
Zn	0,50 %
Pb	0,50 %
Co	0,03 %
Ag	20 g/t
Mo	0,20 %
Pt	0,1 g/t
Sb	0,05 %
Sn	0,05 %
Cr	5 %
W	0,10 %
Fe	20 %
Ti	4 %
V	0,1 %

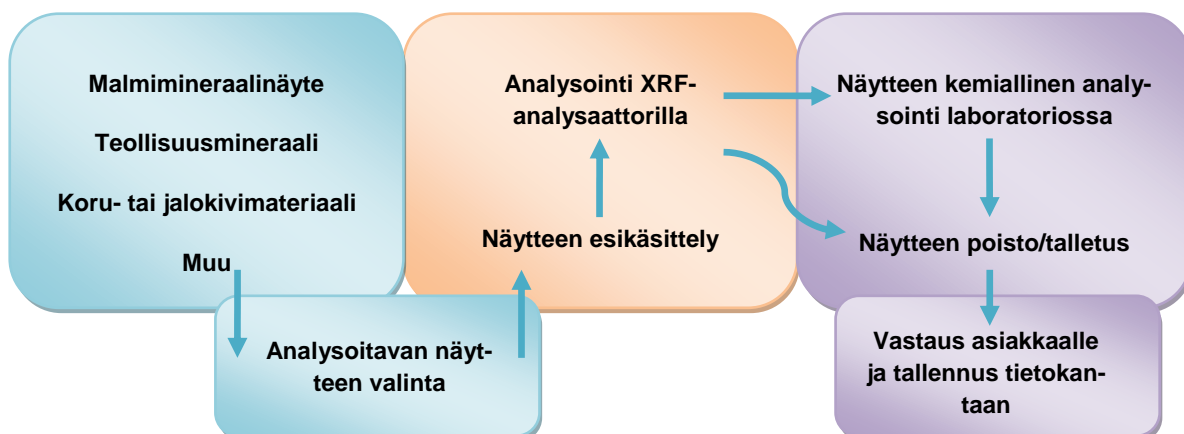
Laboratoriossa tehtävien analyysien lisäksi kansannäytetoimistossa käytetään röntgenfluoresenssianalysaattoreita. Röntgenfluoresenssianalytiikka (XRF) on analyysimenetelmä, jolla voidaan määrittää kiviläytteen kemiallista koostumusta. Sen avulla mitataan näytteen sisältämät pääalkuaineet ja hivenalkuaineet. Menetelmä on nopea ja näytettä tuhoamaton sekä vaatii yleensä vain vähän näytteen esikäsittelyä. Laitteen etuna on alkuaineiden pitoisuuksien laaja mitattava konsentraatioalue (ppm-tasolta 100 paino %:n) (Brouwer 2010, 8).

Kansannäytetoimistossa on kaksi Olympus Innov-X Delta Handheld Premium XRF-analysaattoria (Kuva 26 A). Laitteet ovat malliltaan DP4000, pääkalibrointina SOIL-, GEOCHEM-, MINING ja MINING PLUS -ohjelmat. Vuoden 2016 alusta kansannäytetoimistossa on ollut käytettävissä myös pöytämallinen EDXRF -spektrometri (EPSILON 1) (Kuva 26 B).



Kuva 26 A ja B. Kuvassa A kansannäytetoimiston kannettava käsikäyttöinen XRF-analysointilaitteisto. Kuvassa B EPSILON 1 EDXRF -spektrometri. Satu Hietala, GTK.

Kansannäytetoimistossa XRF-analytiikan tavoitteena on ollut yleisesti palvelunlaadun ja nopeuden lisääminen sekä kustannussäästöt tarpeettomien laboratorioanalyysien vähentyessä. Analytiikkamenetelmä sopii alkuaineiden ja mineraalien tunnistamiseen sekä tarkempien arvioiden tekemiseen metallisten alkuaineiden määristä kiviaineyhteiden seulontavaiheessa. Analytiikan ongelmana on se, että se on pintamittausmenetelmä. Kiviaineyhteiden pinnoilta tehtävät analyysit eivät paljasta kiviaineyhteen syvyysuuntaisia rakenteita eivätkä niiden kemiallista kokonaisuuskoostumusta. Mittaussyvyys riippuu mitattavasta materiaalista, yleisesti kivilajeissa mittaussyvyys on vain noin 2–5 mm. Tämän lisäksi fysikaalisten ja teknisten tekijöiden takia XRF-analytiikalla pystytään määrittämään vain tietyt alkuaineet, ongelmallisinta on jalometallien (Au, Pt) sekä keveiden alkuaineiden (mm. Li) määrittämiskyvyn puuttuminen. Laitteet eivät detektoi mm. kultaa muiden mineraalien hilasta, mutta toisaalta viitteitä esimerkiksi kullin esiintymisestä saadaan As, Bi, Ag, W ym. perusteella sekä näytteen muista ominaisuuksista, kuten mineraalien muuttumistuloksista ja rakenteesta. Yleisesti ottaen näytteet, jotka sisältävät arseenikiisua, laitetaan suoraan laboratorion kemialliseen analyysiin mahdollisen kulta-pitoisuuden tutkimiseksi (Hietala & Nenonen 2014). Kuvassa 27 on esitetty kansannäytetoimistossa tehtävän XRF-analyysin vaiheet pääpiirteittäin.



Kuva 27. Kansannäytetoimistoon saapuvien näytteiden XRF-analysoinnin eri vaiheet pääpiirteittäin. Näytteet jaetaan niiden laadun mukaan malmi- tai teollisuusmineraaleihin, koru- tai jalokivimateriaaleihin. Muut tutkittavat näytteet voivat olla esimerkiksi teollista tai arkeologista materiaalia. Analysoitava näyte esikäsitellään XRF-analyysiä varten. Esikäsitelyssä näyte sahataan tai jauhetaan (ei koru- ja jalokivimateriaaleja). XRF-analyysin jälkeen näyte joko poistetaan tai analysoidaan kemiallisesti laboratoriossa. Analyysitiedot tallennetaan tietokantaan ja vastaus lähetetään asiakkaalle.

Mittaustulokset ilmoitetaan asiakkaalle, sekä tallennetaan GTK:n tietokantaan (Järkky). Tarvittaessa asiakkaalle tehdään myös tarkempi raportti. Raportissa on oltava lyhyesti tietoja laitteesta, mittausmenetelmän esittely ja maininta siitä, että mittaus ei korvaa laboratorion XRF-, ICP-OES-, ICP-MS-laitteilla tehtäviä analyyssejä.

Toimivan analytiikan edellytyksenä on analyysilaitteiston kalibroiminen tutkittavien alkuaineiden määrityksissä tarvittaville pitoisuusväleille, analyysimenetelmän käyttöön-
oton validointi, kiviinäytteiden tunnistamiseen ja XRF-laitteen käyttöön perehtynyt ammattitaitoinen henkilökunta sekä näytteiden esikäsitely sahaamalla tai murskaamalla edustavampien, mm. hapettumattomien mittauspintojen paljastamiseksi. Paras tulos saavutetaan homogenisoidulla näytteellä, kuten jauhetulla näytteellä (Piltti 2011, Hietala & Nenonen 2014). Kansannäytetoimiston XRF-Laitteen avulla on tutkittu myös arkeologisia näytteitä, joista mainittakoon vuonna 1771 uponneen Vrouw Marian hylystä löytyneen hohkakiven kemiallisen koostumuksen tutkimus (Kinnunen et al. 2011) ja Isojoen Peuralan musketinkuulien tutkimus (Hietala 2014a).

7 Kansannäytteisiin liittyvät etsintämenetelmät ja jatkotutkimukset

Vuosittain kansannäytteiden maastotarkastuksiin johtaa noin 100–150 näytettä. Maastotutkimuksissa pyrkimyksenä on paikallistaa malmiesiintymä tai rajata todennäköinen esiintymisalue. Jatkotutkimukset ovat useiden tutkimusmenetelmien yhdistelmiä, niissä käytetään geologisia, geofysikaalisia ja geokemiallisia menetelmiä. Mineralisaatioiden paikallistaminen on näiden menetelmien tulosten yhteensovittamista.

Vuosien mittaan malminetsinnän avuksi on kehitetty uusia tutkimusmenetelmiä, kuten geofysikaaliset lento- ja maastomittaukset (mm. painovoima- sähköjohtavuus- ja magneettiset mittaukset), erilaiset luotaukset ja mallinnusohjelmat. Kemiaaliset analyysimenetelmät mahdollistavat nykyään monipuolisten alkuainepakettien analysoinnin. Pitkälle kehittynyt moderni mikroskooppitekniikka toimii mineraalien tunnistuksen ja rakenteiden tutkimusmenetelmänä.

Kansannäytetoimistolla on käytössään tarkkaa ja uutta spatiaalista tietoa, jota yhdistelemällä on mahdollisuus tehdä mm. karttoja malminetsinnän tueksi. Esimerkiksi yhdistämällä geofysikaalinen ja geokemiallinen aineisto sekä kansannäytteet samalle kartalle saadaan uutta tietoa sekä harrastajille että asiantuntijoille. Karttapohjana voidaan käyttää myös uutta laserkeilauksella tuotettua korkeusmallia (LIDAR), joka tuo mm. maaperämuodostumien muodostumien tutkimiseen ja tulkintaan tarkempaa tietoa.

Jatkotutkimuskohteissa GTK:n mineraalipotentialihankkeet jatkavat malminetsintätoimia parhaaksi katsomallaan tavalla mielenkiintoisimmissa kohteissa. GTK:n tutkimusten jälkeen malmiaiheet raportoidaan Työ- ja elinkeinoministeriölle (TEM), joka myy aiheen kansainvälisen tarjouskilpailun perusteella jatkotutkittavaksi. Kotimaisten malminetsintäorganisaatioiden lopetettua toimintansa kokonaan ostaja on nykyisin yleensä ulkomainen kaivosyhtiö.

7.1 Jokamiehen oikeus malminetsijän työlupana

Ympäristöministeriön vuonna 2012 ilmestyneessä oppaassa ”Jokamiehen oikeudet ja toimiminen toisen alueella” määritellään jokamiehen oikeuteen perustuvan kiviläytteen etsintätyö. Etsintätyö ja vähäinen näytteenotto on turvattu jokamiehen oikeuteen

rinnastettavalla luvalla. Vähäisellä näytteenotolla tarkoitetaan lohkar- ja kallionäytteiden keräämistä. Se, missä määrin kiviainesta tai maa-ainesta voi ottaa jokamiehenoikeudella, ei ole tarkasti määritelty. Tarkka määrittely edellyttäisi tietyn kilomäärän tai kappalemäärän määrittelemistä. Vähäinen näytteenotto on kuitenkin määritelty siten, että siitä ei saa jäädä näkyvää haittaa maastoon. Yleisen käytännön mukaan yksittäisiä kiviäytteitä kalliosta tai lohkarkeitä voi kerätä pienimuotoisesti ja näytteiden kerääminen ei saa aiheuttaa haittaa ympäristölle tai maanomistajalle (Tuunanen 2012, 90).

Suomessa uusi kaivoslaki (621/2011) astui voimaan vuonna 2011. Aikaisempi kaivoslaki oli vuodelta 1965 ja kaivoslainsäädäntö tehtiin aikanaan lähinnä isoille valtion yhtiöille, kuten Outokumpu Oy:lle ja Rautaruukki Oy:lle.

Kaivoslain tavoitteena on turvata malminetsinnän ja kaivostoiminnan edellytykset yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestäväällä tavalla (Kaivoslaki 621/2011). Malminetsintää koskevassa pykälässä 7 on määritelty etsintätyö seuraavasti:

”Jokaisella on toisenkin alueella oikeus kaivosmineraalien löytämiseksi tehdä geologisia mittauksia ja havaintoja sekä ottaa vähäisiä näytteitä, jos toimenpiteistä ei aiheudu vahinkoa eikä vähäistä suurempaa haittaa tai häiriötä (etsintätyö)”. (Kaivoslaki 621/2011 7§.)

Kaivoslaissa on määritelty selkeät rajoitukset sille, minkälaisilla alueilla etsintätyötä voi tehdä. Etsintätyötä ei voi tehdä hautausmaalla, yksityisen hautaan kuuluvalla alueella 50 metriä lähempänä, puolustusvoimien käytössä olevalla alueella eikä myöskään Rajavartiolaitoksen hallinnoimalla rajavyöhykkeellä. Tien rakentamiseen liittyvissä paikoissa etsintään tulee olla lupa, samoin kuin aktiivisten louhosten alueella. Yksityisillä alueilla, joissa liikkuminen on selkeästi rajoitettu opastein tai rakentein, sekä yleisillä liikenne- tai muilla kulkuväylillä ei myöskään ilman asianomaista lupaa saa tehdä etsintää. Edellinen liittyy kaivoslain pykälässä 7§ kohdan 5 rajoitukseen, jonka mukaan *”työntekoon tarkoitettua rakennusta tai muuta näihin rinnastettavaa tilaa ja niihin liittyvää, yksityistä piha-alueita taikka tällaisen rakennuksen paikkaa, jota varten on myönnetty maankäyttö- ja rakennuslaissa tarkoitettu rakentamiseen tarvittava lupa ja rakentaminen on aloitettu”*. Suojarajana on 150 metriä. Myöskään *”50 metriä lähempänä yleistä rakennusta tai laitosta taikka yli 35 000 voltin jännitteistä sähkölinjaa tai muuntoasemaa”* ei

saa tehdä omatoimista etsintätöitä. Mikäli yllämainittujen alueiden (pois lukien hautaushautausoimilain (457/2003) mukaisia alueita) sisäpuolella on tarkoitus tehdä etsintätöitä, tarvitaan siihen viranomaisen, laitoksen tai asianomaisen oikeudenhaltijan suostumus (Kaivoslaki 621/2011 7§). Kaivosmineraalit luetellaan kaivoslain 1 luvun 2 §:ssä.

7.2 Maaperätutkimukset ja geokemialliset malminetsintämenetelmät

Geokemiallisessa tutkimuksessa voidaan näyttemateriaalina käyttää lähestulkoon mitä tahansa luonnosta löytyvää materiaalia. Suomessa on tehty laaja-alaisia geokemiallisia kartoituksia, jotka ovat perustuneet moreeninäytteeseen, orgaaniseen ja mineraaliseen purosedimenttinäytteeseen, järvisedimenttinäytteisiin, pinta- ja pohjavesinäytteisiin sekä humus- ja kasvinäytteisiin. Malminetsinnässä eniten käytetään moreeninäytteenottoa (Salminen 1993, 247). Tutkimuksen näyttemateriaalina käytetään kivilajinäytteitä, lohkkareaineistoa (kansannäytteet), kalliokivinäytteitä sekä pora-, ura- ja kairanäytteistä saatua tietoa kivien kemiallisesta koostumuksesta.

Malmiesiintymien jäljille pääsemiseksi maa- ja kallioperään kohdistuvat geokemialliset tutkimukset ovat avainasemassa. Suomessa kvartääristratigrafiset tutkimukset ovat olleet merkittävässä osassa monissa malminetsintätöissä. Malminetsinnässä monien kansannäytteiden, pääosin lohkkareinäytteiden, lähtöalueen selvittämiseen on käytetty moreenistratigrafisia tutkimuksia (Hirvas 1980, Salonen & Kokkola 1981). Malmilohkkareet sijaitsevat yleensä moreenin pintaosassa ja niiden alkuperän tutkiminen tapahtuu selvittämällä glasiaalikuljetuksen suunta sekä glasiaalieroosion vaikutus, moreeniaineksen kerrostumisjärjestys sekä tätä kerrostumista kontrolloivat tekijät. Malminetsinnällisesti arvokasta on tieto, joka saadaan moreeniaineksen geneettisen luokittelun ja analyysin pohjalta (Salonen & Kokkola 1981).

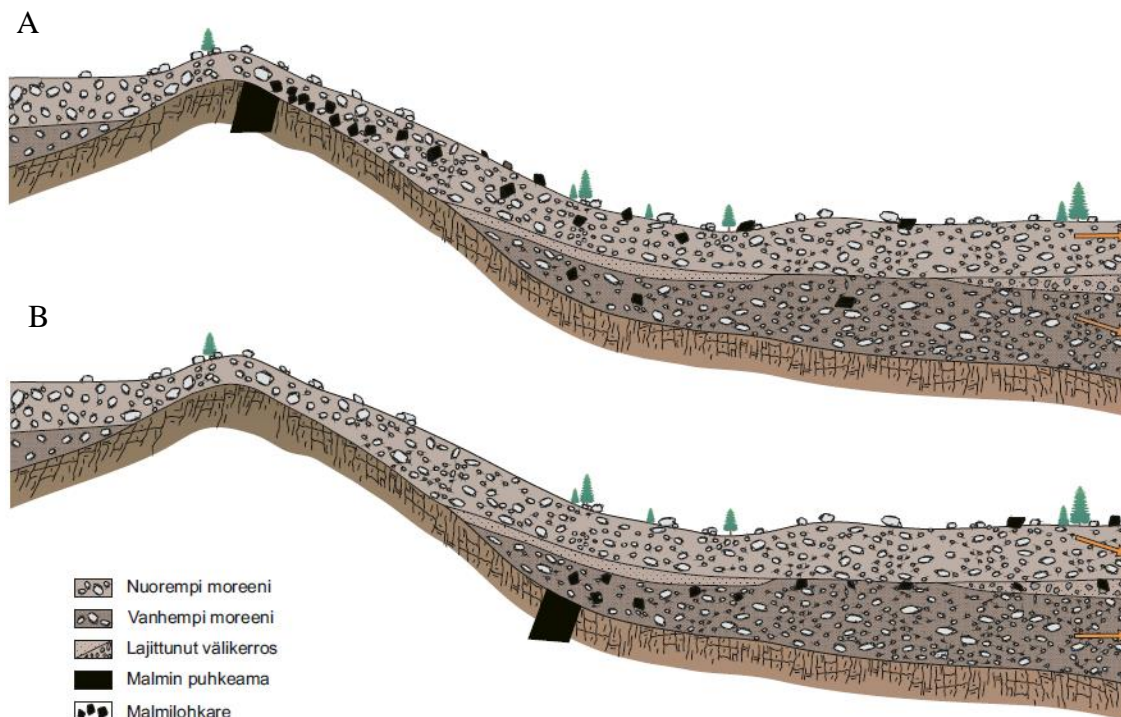
7.2.1 Kompleksikuljetus ja topografinen kontrolli

Yksinkertaisessa kuljetusmallissa moreeniaines ja lohkkareet ovat kulkeutuneet ainoastaan yhden, yleensä nuorimman jäätikkökuljetuksen mukana. Malmilohkkareiden kulkeutuessa ainoastaan nuoremman jäätikkökuljetuksen mukana, lohkkareista syntyy jäätikön

kulkusuunnan mukainen lohkaruviuhka. Lohkareet saattavat olla isompia ja kulmikkaampia, kuin kompleksikuljetuksessa liikkuneet kivet. Mikäli alueella on useita moreenipatjoja ja vanhempi moreenipatja peittää kallioperää maaston alavimmissa kohdissa, on mahdollista, että lohcareiden lähtöpaikka sijaitsee jäätikön tulosuunnassa olevalla kalliokohoumalla, jossa vain nuorempi moreenipatja peittää kallioperää. Tämän tyyppistä lohcareiden ja moreenistratigrafiaan perustuvaa sijainnin arviointia kutsutaan ”topografiseksi kontrolliksi” (Kuva 28 A.) (Hirvas 1980, 36–37).

Alueilla, joilla on useita moreenipatjoja on mahdollista, että moreeni, sen kiviaines sekä siinä olevat malmilohkareet ovat kulkeutuneet useiden eri-ikäisten ja erisuuntaisten jäätikkövirtausten mukana löytöpaikalleen. Tällaista lohcareiden moninkertaista kulkeutumista kutsutaan kompleksikuljetukseksi. Lohkareet ovat ensin kulkeutuneet vanhemman jäätikön virtauksen kuljettamana ja kerrostuneet vanhemman moreenin mukana. Osa lohcareista on kerrostunut moreenipatjan pintaosiin ja osa pintalohkareiksi saakka. Moreenipatjan kerrostaneen jäätiköitymisen deglasiatiovaiheessa sulavedet ovat huuhtoneet moreenin pintaosia ja malmilohkareita on saattanut joutua glasifluvialisen sulamisvesivirran kuljettamaksi ja kerrostamaksi. Seuraavan jäätiköitymisen aikana jäätikkö on virrannut toisesta suunnasta. Tämä on kuluttanut ja deformoinut vanhemman moreenin pintaosia ja sen päällä olevia kerrostumia, jolloin vanhemman moreenin pintaosissa olleet malmilohkareet ovat uudelleen joutuneet jäätikön kuljettamaksi nuoremman moreenin mukana (Kuva 28 B).

Kompleksisen kulkeutumisprosessin myötä nuoremmassa moreenipatjassa olevat malmikivet ovat usein pienempiä ja pyöristyneempiä sekä niitä on määrällisesti vähemmän. Samoin hivenainepitoisuudessa on eroja eri moreenipatjojen välillä. Kompleksikuljetuksessa moreenin hivenainepitoisuus laimenee, jolloin mineralisaatio ei kuvastu selkeästi nuoremman moreenipatjan geokemiassa. Tästä syystä näytteenoton tulisi ulottua vanhimpaan moreenipatjaan saakka (Hirvas 1980, 36–37).



Kuva 28 A ja B. Kaavakuva malmipuhkeaman topografisesta kontrollista A sekä kompleksikuljetuksesta B. Muokattu Hirvaksen (1980, 36) mukaan.

7.2.2 Geokemiallinen dispersio

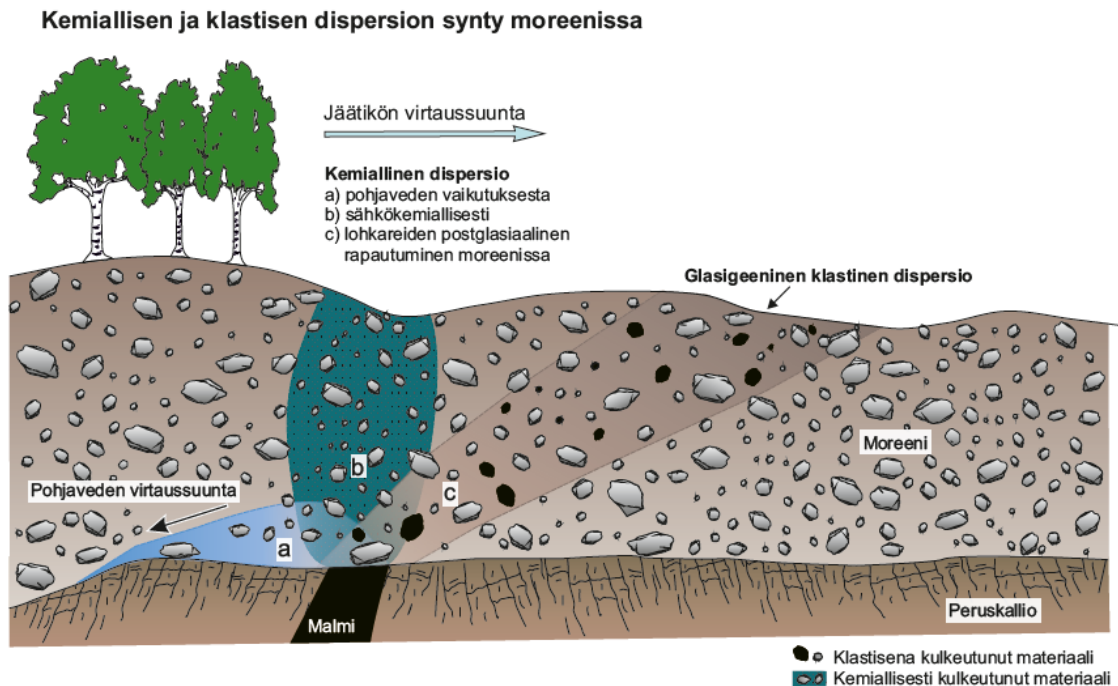
Malminetsinnässä yhä enemmän kiinnitetään huomiota geokemiallisten malminetsintämenetelmien kehittämiseen, erityisesti maaperän peittämällä vanhoilla jäätiköityneillä alueilla. Mineralisaatioihin liittyvistä maaperän geokemiallisista anomaliaista on tehty useita tutkimuksia ja aihetta on tutkittu jo pitkään (Kelley et al. 2004).

Jäätiköityneillä alueilla geokemiallisten menetelmien käyttö on haastavampaa kuin alueilla, joissa maalajit ovat syntyneet suoraan paikalleen rapautuneesta kalliosta. Jäätiköityneillä alueilla, kuten Suomessa, moreenin aines on sekoittunutta, malmipuhkeamista johtuva malmimetallikonsentraatio on laimentunut sekä jäätikön mukana kulkeutuneen aineksen kulkeutumismatka vaihtelee (Salminen 1993, 246).

Geokemiallisella anomaliolla tarkoitetaan tietyn alkuaineen poikkeavaa, yleensä suurempaa, pitoisuutta suhteessa alueella yleisesti esiintyvään pitoisuuteen ja metalli-ionien

konsentroitumista pintamaahan (Wennervirta 1967, 31; Cameron 2004). Geokemiallisella dispersiolla tarkoitetaan alkuaineiden siirtymistä paikasta toiseen jonkin väliaineen mukana (Valkama 2007). Geokemiallinen dispersio jaetaan primääri- ja sekundääridispersioon (Salminen 1993, 247). Salmisen (1993) mukaan primäärisellä dispersiolla tarkoitetaan alkuaineiden migraatiota, joka tapahtuu magman kiteytymisen, metamorfoosin tai hydrotermisten liuosten migraation tuloksena. Sekundäärinen geokemiallinen dispersio syntyy, kun rapautuessaan kiven mineraalit hajoavat ja mineraalirakeet tai alkuaineet kulkeutuvat eri mekanismien kautta eteenpäin joko mineraalirakeina tai vesien mukana. Niitä kuljettavat yleisimmin jää, tuuli ja vesi. Dispersion aikana rakeet jauhautuvat ja aines hajaantuu vaihtelevan laajuuselle alueelle riippuen kuljettavasta tekijästä. Suomessa malminetsintää palveleva geokemiallinen kartoitus on pääosin sekundääridispersiossa syntyneiden anomalioiden kartoittamista (Salminen 1993, 247).

Glasigeeninen dispersio tarkoittaa materiaalin kulkeutumista jäätikkökuljetuksessa klasistisena. Klastisesti kulkeutuneen materiaalin liikkuvuuteen vaikuttaa moreenin kerrostusmekanismet, suuntaus ja moreenistratigrafia. Kuljetusmekanismeja ovat jää ja vesi (Salminen 1993, 247). Metallien sähkökemiallisella kulkeutumisella tarkoitetaan metalli-ionien kulkeutumista suoraan ylöspäin malmista. Ilmiön aiheuttaa malmin ja pohjaveiden pinnan väliin syntyvä ero redox-potentiaalissa (kyky vastaanottaa ja luovuttaa elektroneja). Maaperän, esimerkiksi moreenin, alaosista metalli-ionit kulkeutuvat kohti pinnassa olevia kerroksia, päätyen maan pinnalle (Cameron 2004). Suomen olosuhteissa kemiallista dispersiota on tapahtunut kahdessa eri vaiheessa, preglasiaalisen rapautumisprosessin aikana sekä moreeniaineksen kemiallisesti rapautuessa postglasiaaliaikana (Salminen 1993, 247) (Kuva 29).



Kuva 29. Kemiallisen ja klastisen dispersion synty suomalaisessa moreenissa. Suomessa geokeemiallinen kartoitus on sekundäridispersio tuloksena syntyneiden geokeemiallisten anomalioiden kartoittamista. Muokattu Salmisen (1993) mukaan.

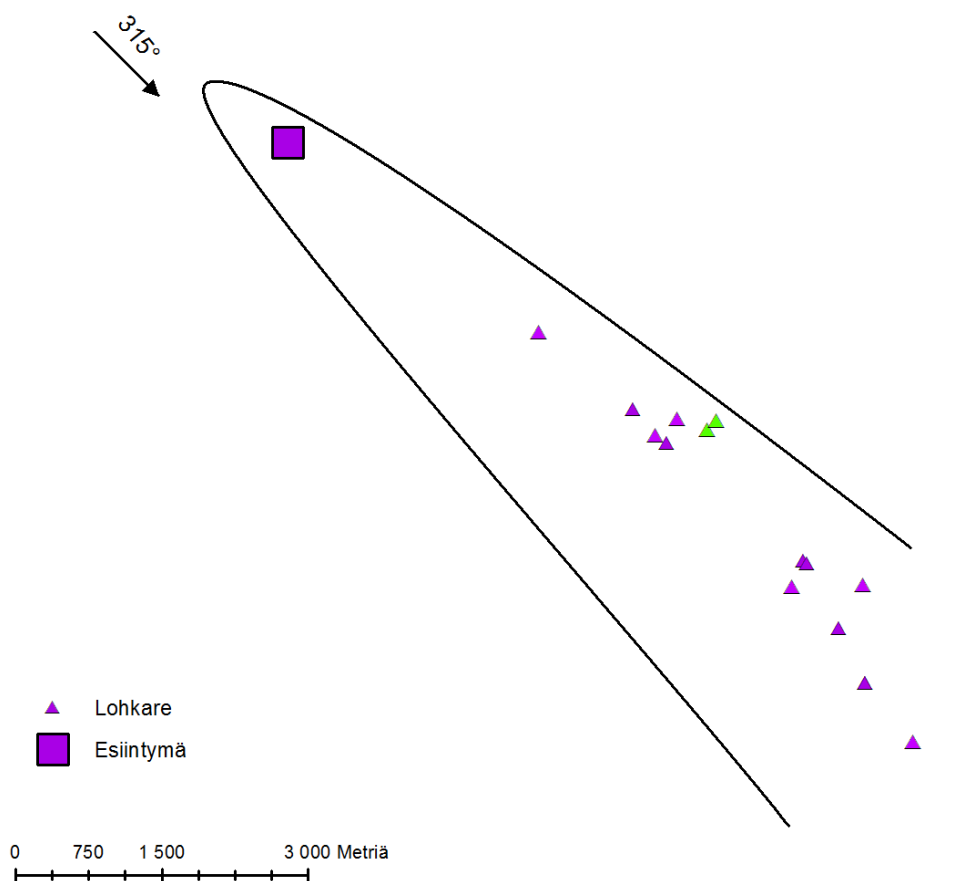
7.2.3 Lohkare-etsintä ja kallioperähavainnot

Lohkare-etsintä on avainasemassa, kun etsitään malmilohkareiden lähtöaluetta tai kalliopaljastumaa. Useimmiten etsinnän alkuun saattajana on näyte, joka sisältää malmimineraaleja. Näyte voi olla myös teollisuusmineraali- tai rakennuskivinäyte sekä myös korukivi tai jalokivi. Malmipotentialisten alueiden ja esiintymien sijaintia arvioidaan löydettyjen malmilohkareiden perusteella. Suomalaisen käytännön mukaan lohkare-etsintä kuuluu malminetsinnän tunnusteluvaiheeseen. Tässä vaiheessa mahdollisen esiintymän koosta, laadusta eikä mineraalisisällöstä ole tietoa (Saltikoff 1985).

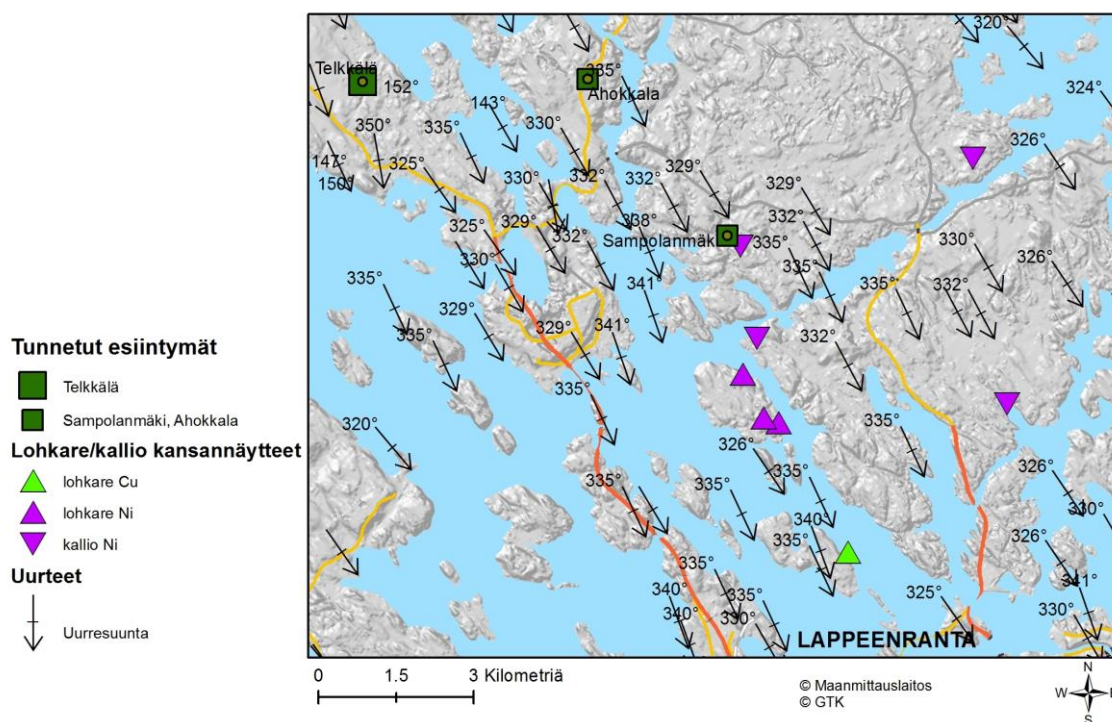
Lohkareet antavat tietoa alueen kallioperästä sekä mahdollisten geofysikaalisten piirteiden aiheuttajista. Lohkareista tärkeitä ovat niin kutsutut johtolohkareet. Johtolohkareet edustavat malmin isäntä- tai sivukiveä. Johtolohkareet auttavat esiintymän paikallistamisessa. Lohkaretutkimus aloitetaan aina uusien lohkareiden etsinnällä ja lohkareen arvon merkitys moninkertaistuu, kun löydetään toinen tai useampi samantyyppinen lohkare. Lohkare-etsinnän avulla löydettyistä lohkareista pyritään muodostamaan lohkareviuhka. Malmilohkareen löydyttyä on tutkittava tarkkaan löytöpaikka ja sen lähiympä-

ristö uusien samanlaisten lohkkareiden löytämiseksi, unohtamatta myöskään alueen kal-
liopaljastumien tutkimista. Etsintäaluetta laajennetaan, kunnes ollaan varmoja, että uu-
sia samantyyppisiä lohkkareita ei enää ympäristöstä löydy. Tämän jälkeen jatketaan tut-
kimuksia jäätikön tulosuuntaan (Saltikoff 1985, Salonen 1993).

Kuvassa 30 on esimerkki Makolan nikkelimalmiesiintymästä ja siihen liittyvästä lohka-
reviuhkasta, joka kulkee viimeisen jäätikön virtaussuunnan mukaisesti suunnassa 315° .
Kuvassa 31 on esimerkki Lappeenrannan pohjoispuolelta. Karttaan on yhdistetty aikai-
sempi kansannäyteaineisto, jäätikön virtaussuunnat sekä laserkeilausaineisto (2m) ja
tunnetut nikkelimalmiesiintymät. Etsinnälle saadaan merkittävää lisäarvoa eri tietoja
yhdistämällä.



**Kuva 30. Esimerkki lohkkareviuhkasta. Kuva on muokattu Makolan nikkemiesiintymän jäätikön vir-
taussuunnasta löydettyjen lohkkareiden mukaan. Violetilla värillä nikkeliä sisältävät lohkkareet ja
vihreällä kuparia sisältävät. Lohkkareet sijoittuvat alueella viimeisen jäätikön kulkusuunnan mukai-
sesti. GTK:n lohkkareaineisto.**



Kuva 31. Esimerkki jäätikön virtaussuunnista Lappeenrannan pohjoispuolelta. Pohjana LIDAR-aineisto, tunnetut esiintymät, lohkareet ja kallioviitteet kansannäyteaineistosta. Lisäarvoa etsinnälle syntyy eri tietoja yhdistelemällä. MLL (Haltik 2017, Lidar), GTK ja kansannäyteaineisto.

Lohkare-etsinnässä oleellista on tietää jäätikön viimeisin virtaussuunta, joka mitataan suoraan kallionpinnasta tai määritetään virtaviivaisista maaperämuodostumista, kuten drumliinien pituussuunnan perusteella. Kallionpinnasta jäätikön virtaussuunta mitataan uurteista kompassilla (Kuva 32). Uurteet ja korut ovat etenevän jäätikön pohjassa olleiden lohkareiden kallion pintaan tekemiä jäätikön virtaussuunnan mukaisia naarmuja. Selkeimmin ne ovat näkyvissä jäätikön sileiksi kuluttamien silokallioiden pinnoilla. Jäätikön virtaussuunnasta kertovat myös virtaavan jäätikön kovan paineen kallion pintaan aiheuttamat sirppi- ja simpukkamurrokset (Kuva 33). Jäätikön virtaussuuntien vaihtelusta johtuen uurteiden suunta vaihtelee eri puolella Suomea. Eteläisessä Suomessa niiden suunta on yleistetysti luoteesta kaakkoon, kun taas pohjoisessa Suomessa jäänjakajavyöhykkeen pohjoispuolella lounaasta koilliseen (Saltikoff 1985) (Kuva 34).

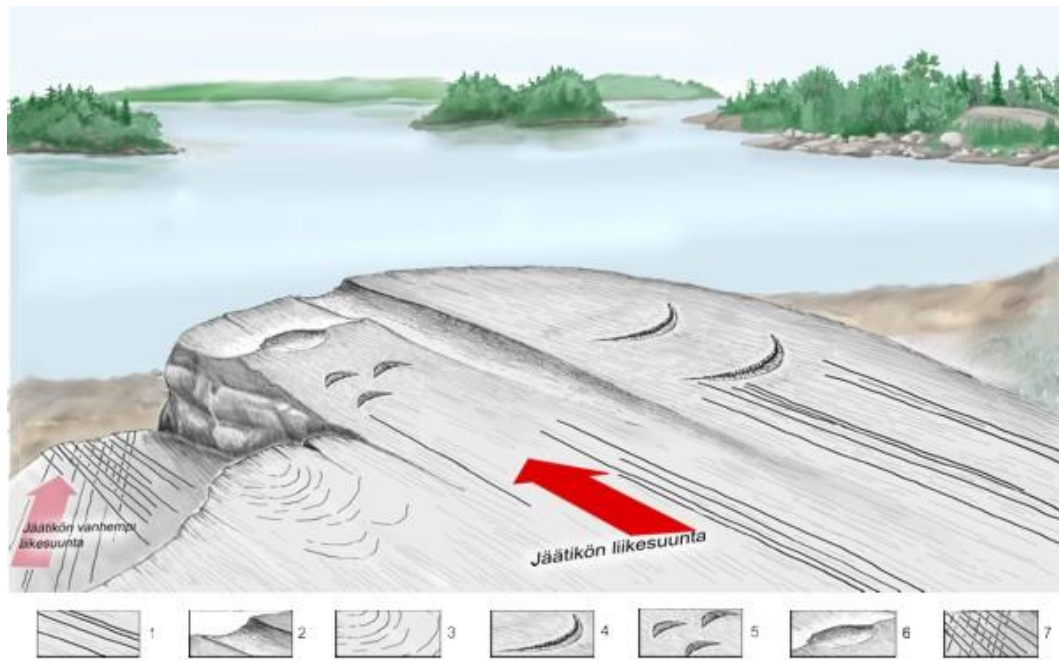
Salosen (1993) mukaan malmilohkareiden lähtöpaikan selvityksessä olennaista on selvittää jäätikkökuljetukseen liittyvät tekijät. Lohkareet edustavat lähtökalliosta tiettyä osaa jäätikön tulosuunnassa. Lohkareiden osuus riippuu niiden lähtöalueen topografiasta, koosta, kivilajien fysikaalisista ominaisuuksista, kuten niiden kyvystä vastustaa kulu-

tusta ja rapautumista, jäätikön virtausnopeudesta, virtausajasta sekä lähdealueen etäisyydestä (Salonen 1993, 100). Hyviä lohkkareiden etsintäpaikkoja ovat metsänhakkuaukeat, kivikkoiset moreenimaat, harjut ja tieleikkaukset.

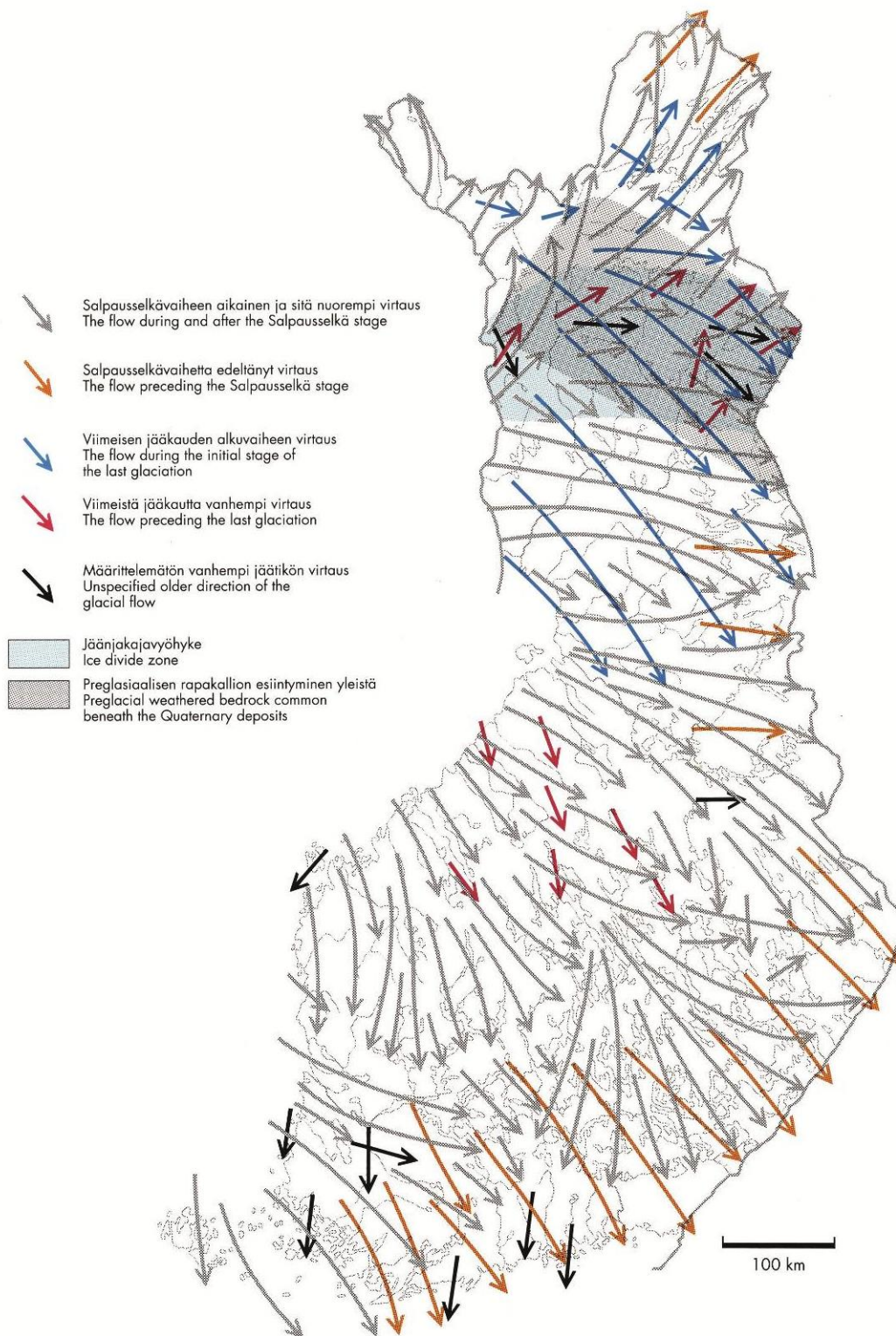
Lohkkareiden lähtöalueen selvittämiseen on kehitetty myös erilaisia laskennallisia malleja (Salonen 1981,1993) sekä Puranen (1988). Suoraan maastossa tehtävistä alustavista päätelmistä mainittakoon nk. Nenosen-malli, joka on malmiviitteiden selvittävyyden nuste (Nenonen 2005a). Mallin avulla voidaan luoda ennuste malmiviitteen selvittävyydestä sekä arvioida etsintätyöhön tarvittavaa aikaa ja muita resursseja. Mallin mukaan selvittävyyteen vaikuttavat monet tekijät, jotka on jaettu 17 eri luokkaan joista jokainen luokka on kolmenarvoinen. Selvittävyyteen vaikuttavat seikat on jaettu alueellisiin tekijöihin, jota kuvaa yksi luokitus, kallioperägeologisiin tekijöihin (5) sekä maaperägeologisiin tekijöihin (11). Parhaimmillaan mallin avulla voidaan osoittaa lohkkareen löytöpaikka tai rajata todennäköinen lähtöalue (Nenonen 2005a).



Kuva 32. Uurresuunnan mittaamista silokallion pinnalta Paltamon Kainuanmäen ofioliittijaksolla. Satu Hietala, GTK.



Kuva 33. Jäätikön aiheuttamia kulutuksen muotoja kalliopinnoilla. 1. Uurteita 2. Kouru 3. Pirste-kaarre 4. Sirppikouru 5. Sirppimurros 6. Simpukkamurros 7. Ristiurteita. Harri Kutvonen, GTK.



Kuva 34. Jäätikön virtaussuunnat. Harri Kutvonen, GTK.

7.2.4 *Malmilohkareiden alkuperän selvittäminen moreenistratigrafian avulla*

Malmilohkareiden ja geokemiallisten anomalioiden alkuperän selvittämiseksi on tutkittava moreenistratigrafia sekä mannerjäätikön virtaussuunnat. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa määritetään moreenimuodostuman tyyppi, eli onko kyseessä pohjamooreenialue, kuten esimerkiksi drumlinisoitunut alue tai kumpumoreenikenttä, harjualue, rantakerrostuma tms. Erilaisten moreenimuodostumien ja jäätikön virtaussuuntaa tutkittaessa nykyään yleisesti käytettävissä olevat tarkat korkeusmallit (mm. Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineisto) ovat avainasemassa. Tämä aineisto soveltuu hyvin myös lohcareiden kulkeutumisen tutkimukseen. Maastonmuotojen havainnointia voidaan tehdä myös ilmakuvista.

Moreenistratigrafisen tutkimuksen tavoitteena on moreenipatjojen erottaminen toisistaan. Eri-ikäiset moreenipatjat poikkeavat toisistaan suuntauksen sekä muiden fysikaalisten ominaisuuksiensa puolesta kuten värin, kivisyyden, raekoon sekä raekoostumuksen, rakenteen, tiiviyyden, kivilajikoostumuksen ja metallipitoisuuksiensa suhteen.

Moreenipatjojen erottamiseen käytetään mm. niiden fysikaalisten ominaisuuksien visuaalisia määrittäjiä. Pääsääntönä on, että vanhempi moreeni on yleensä väriltään harmaata tai harmaansinertävää, kun taas nuorempi moreeni on väriltään ruskeaa. Vanhempi moreeni on myös hyvin tiiviisti pakkautunutta. Värieron on selitetty johtuvan sekundäärisistä tekijöistä moreenin kerrostumisen jälkeen. Pohjaveden pinnan yläpuolella oleva rauta on hapettunutta ferrirautaa (Fe^{3+}), joka aiheuttaa värin, kun taas pohjaveden pinnan alapuolella oleva moreeni on väriltään harmaata. Pelkän värin perusteella moreeneja ei voida luokitella eri patjoiksi. Muita erottelevia tunnusmerkkejä ovat moreenin rakeiden kokoerot ja lohcareiden sekä hienoainekset suhteelliset osuudet. Hienoainespitoisuus on vanhemmassa moreeniaineksessa yleensä suurempi, kuin nuoremassa (Hirvas 1980).

Moreenin kivilajikoostumus on yksi keino moreenikerrosten tunnistamisessa. Erot kivilajikoostumuksessa moreenipatjojen välillä ovat usein selkeitä, mutta eivät välttämättä ratkaisevan merkityksellisiä, joten sitä voidaan pitää ainoastaan tulkintaa tukevana tekijänä. Vanhempi moreeni sisältää usein enemmän paikallisia kivilajeja. Nuoremman moreenin klasteista osa on peräisin vanhemmasta moreenista. Useimmiten eri-ikäiset moreenipatjat eroavat toisistaan myös hivenmetallipitoisuuksiltaan. Monien metallien pi-

toisuudet, kuten muun muassa sinkin, nikkelin sekä kuparin pitoisuudet ovat korkeimpia lähellä kallion pintaa, jossa on vanhempi paikallisempi moreenipatja (Hirvas 1980, 35–37). Edellä mainittujen havaintojen ohella varmin tapa eri-ikäisten moreenipatjojen erottamiseksi on moreenin pitkänomaisista kivistä tehdyt suuntauslaskut, jotka kertovat kunkin moreenipatjan kerrostaneen jäätikön virtauksen suunnan. Suuntauslasku on tilastollinen ja suuntausanalyttinen menetelmä, jossa suuntauslaskun avulla määritetään jäätikön virtaussuunta moreenista. Pohjamoreenissa pitkänomaiset kivet ovat suuntauneet jäätikön virtauksen suunnan mukaisesti. Suuntausanalyysi tehdään routarajan alapuolelta 50–100 pitkänomaisesta kivistä. Kivien pituusakselin suunnasta luetaan asteluku ja tuloksena on suuntausdiagrammi, jossa yleisin suunta tarkoittaa jäätikön virtaussuuntaa (Saltikoff 1985).

Kivilaskujen avulla selvitetään moreenin kiviaineksen kulkeutumismatkaa. Kivilaskuissa määritetään noin 100–200 kiven kivilajien prosentuaaliset osuudet ja tuloksia verrataan alueen kallioperäkarttaan, jolloin kullekin kivilajille voidaan määrittää keskimääräinen suurin tai pienin kulkeutumismatka. Menetelmä ei ole tarkka, joten tieto on suunta-antava ja kertoo kulkeutumismatkojen suuruusluokasta noin yleensä (Saltikoff 1985, 9)

Maalajinäytteitä voidaan ottaa käsin tai koneellisesti. Koneellisesti voidaan käyttää maaperäkairaukseen tarkoitettua kevyttä kairauskalustoa (Kuva 35) ja näytteitä voidaan ottaa myös lapiolla pintamaasta tai pintamoreenista (Kuva 36). Tutkimus ja näytteenotto tapahtuvat yleensä kaivinkoneella tehtävistä tutkimuskuopista. Tutkimuskuopat pyritään kaivamaan kallion pintaan asti tai niin syväälle, kuin se käytössä olevalla kalustolla on mahdollista huomioiden alueen luonnonpiirteet, kuten kivikkoisuus, kalliot, jyrkät rinteet, suo sekä pääsy alueelle tietä tai metsäkoneuria pitkin. Alustavalla tutkimuskuoppien kaivuulla saadaan yleensä kattava kuva alueiden tai kohteiden maapeitteen kerroksista, laadusta ja paksuudesta sekä eri kerrostumien geokemiallisesta ja hivenmetalli- ja raskasmetallikoostumuksesta. Parhaimmillaan saadaan välttävä kuva kallioperästä ja sen rakenteista.

Kaivuulla voidaan ohjata moreeni- ja rapakallionäytteenottoa, sekä vaikuttaa näytteenoton laatuun ja tehokkuuteen. Kaivu toimii myös kairauksen ohjauksessa yhdessä geokemian ja geofysiikan kanssa. Samalla on mahdollisuus tehdä mm. ajoitustutkimuksia

(Sarala 2015), kuten OSL- (optically stimulated luminescence) tai radiohiiliajoitus C14 tai mikrofossiili-ikämääritys (Niko Putkinen, suullinen tiedonanto 30.8.2016).

7.2.5 Hivenmetallimääritykset ja raskasmineraalitutkimukset

Hivenmetallimääritykset ja raskasmineraalimääritykset tehdään moreenileikkauksesta otetuista näytteistä. Raskasmineraalinäytteet otetaan tutkimuskuopan moreenista yleensä metrin välein, näytekoon ollessa noin 10–20 kg (Kuva 37). Raskasmineraalit voidaan käydä läpi knelson-rikastamisella. Knelson on painovoimaerotusmenetelmä, joka perustuu keskipakovoimaan. Rikastuksen jälkeen mineraalit tutkitaan stereomikroskoopilla tai käyttämällä kemiallisen koostumuksen määrittämiseen tarkoitettuja laboratoriolaitteita, kuten mikroanalyyttoria tai pyyhkäisyelektronimikroskoopin energiadispersiivistä lisäosaa (SEM EDS-laite). Pienemmistä (n. 200–300 g) geokemiallisista näytteistä tehdään kemiallinen analyysi, jolla määritetään näytteen sisältämät alkuaineet ja niiden kokonaispitoisuudet, esimerkiksi monialkuainemääritys ICP-MS-tekniikalla tai Fire Assay rikastusmenetelmällä. Tutkimuskuopasta kerätään myös kiviä näytteitä, jotka analysoidaan kemiallisesti. Tutkimuskuopan pohjalta, kallion pinnasta, voidaan ottaa murske- tai soijanäyte iskuporalla.



Kuva 35. Maakairausta Raahessa GTK:n GM50-kairakalustolla. Satu Hietala, GTK.



Kuva 36. Lapionäytteenottoa humuksen alta pintamaakerroksesta. Näytteenottosyvyys on noin 50 cm. Satu Hietala, GTK.



Kuva 37. Raskasmineraalinäytteenottoa moreenista tutkimusmontusta noin 5 metrin syvyydeltä. Satu Hietala, GTK.

7.2.6 Laserkeilausaineiston (LIDAR) käyttö maaperätutkimuksissa

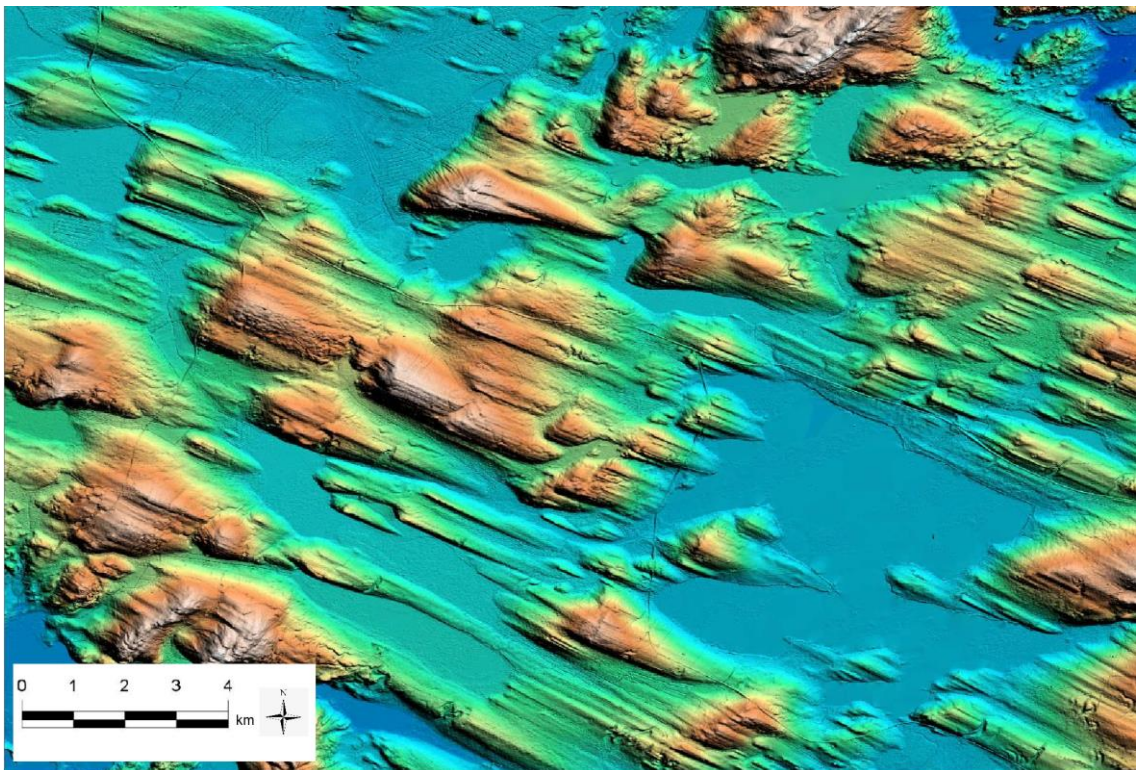
Erilaisten maaperätulkintojen apuna voidaan käyttää nykyään ilmakuvan sijasta tarkka-resoluutioista laserkeilausaineistosta johdettua korkeusmallia. Korkeusmallin avulla saadaan tarkempaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa, kuin perinteisistä stereoilmakuvista. Paras tulkinta saavutetaan yhdistämällä monoilmakuva sekä laserkeilausaineisto. Käytämällä laseraineistoa saadaan parempi sijaintitarkkuus esimerkiksi maaperämuodostumien ja kallioalueiden rajoista, ja pienemmätkin muodostumat tulevat selvemmin esille.

Aineistosta voidaan tehdä muun muassa lajittuneiden muodostumien, kuten harjujen ja reunamuodostumien rajauksia ja tehdä alustavasti tulkintoja niiden sisältämien lajitteiden laadusta samoin kuin tehdä havaintoja erilaisten moreenimuodostumien kuten drumliinien tai kumpumoreenien olemassaolosta, muodosta ja suuntautuneisuudesta (Kuva 38). Laserkeilausaineisto sopii tietokoneella tehtävään maaperän peruskartoitus-työhön ja vähentää maastotöiden tarvetta. Aineistoa voidaan hyödyntää esimerkiksi pienimittakaavaisten maaperäkartojen tekoon (Vanne 2011).

Laserkeilausaineistosta voidaan myös laskea hiekan- tai soranottoalueiden käyttöä niiden pohjatasojen (z-arvo) vaihtelun avulla. Tarkkaresoluutioinen korkeusmalli sopii

erityisesti massalaskentaan esim. hiekka-, sora- tai turveaumojen maanpintamallin massalaskennassa. Lisäksi rakennetutkimuksissa laseraineistosta voidaan tehdä 3D -malleja. Malminetsinnässä ja pohjavesitutkimuksissa aineistosta saadaan tietoa kallioperän siirros-, ruhje- ja heikkousvyöhykkeistä (Vanne 2011).

Lohkareaineiston, topografisen mallin ja mannerjäätikön virtaussuuntien yhdistäminen samalle kartalle maaperägeologian asiantuntijan neuvojen avulla auttaa määrittämään lohokareen kulkusuunnan ja todennäköisimmän lähtöalueen. Tämän perusteella on mahdollista kohdentaa malminetsintätutkimuksia, kuten tutkimuskuoppien sijainteja ja geofysikaalisia mittauksia.



Kuva 38. Lidar-aineistoa Juvan alueelta. Kuvassa näkyy drumliinikenttä. Drumliinit ja vakoumat esiintyvät laajoina satojen, jopa tuhansien muodostumien kenttinä, jotka alkavat 10–30 km isojen reunamuodostumakaarien sisäpuolelta ja jatkuvat jopa 100–200 kilometrin matkan virtauskielek-
keiden sisäosiin. Kartta MML (LIDAR), kartan prosessointi Vanne J, GTK.

7.3 Kallioperätutkimukset ja kairaus

Suomen kallioperästä on julkaistu suurimittakaavainen kallioperäkartta, 1:5 000 000 mittakaavassa sekä yleistetty kallioperä 1:1 000 000 mittakaavassa. Kartat ovat yhtenäisiä koko Suomen alueelta. Aineiston metatietojen mukaan ne soveltuvat parhaiten yleisluontoiseen tarkasteluun ja opetuskäyttöön. Mittakaavassa 1:200 000 esitetty kartta em. mainittujen lisäksi soveltuu jo paremmin tieteelliseen työhön, sekä käytettäväksi kallioperän mineraalisten raaka-aineiden kartoitustyössä. Aineiston käytön mittakaavan ylärajana voidaan pitää 1:100 000. Edellä mainitut 1:1 000 000 sekä 1:200 000 mittakaavaiset kartat ovat digitaalisessa muodossa ja julkisessa käytössä verkko-osoitteessa: <http://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>. Tämän lisäksi lähes koko Suomen alueelta on olemassa yksityiskohtaiset 1:100 000 kallioperäkarttalehdet, jotka ovat saatavilla vielä paperiversiona sekä kuvatiedostona: www.hakku.fi-palvelusta (GTK aineistopalvelut 2017).

Yksityiskohtaisempia karttoja eli detaljikarttoja laaditaan lisäksi alueellisissa sekä kohteellisissa tutkimuksissa. Riittävän yksityiskohtainen kallioperäkartta mahdollistaa malmipotentialisten muodostumien ja kivilajien paikantamisen ja luo perusteita geofysikaalisten ja geokemiallisten karttojen geologisille tulkinnoille ja tämä toimii myös päinvastoin. Malminmuodostus liittyy määrättyihin geologisiin prosesseihin ja alueiden malmipotentialiaa arvioitaessa on tiedettävä, miten tutkimusalueen kallioperä on syntynyt ja mitkä stratigrafiset ja rakennegeologiset tapahtumat siihen ovat vaikuttaneet (Papunen 1986).

Kairaus on edelleen ainoa tarkkaa kolmiulotteista tietoa antava menetelmä malmiaiheidän ja esiintymien tutkimisessa ja paikallistamisessa (Kuva 39). Suomessa maan päältä tapahtuvassa geologisessa näytteenotossa yleisimmät menetelmät ovat kallionäytekairaus (kairasydännäyte), iskuporakairaus (soija- tai murskenäytteet kalliosta, moreeni-näyte) tai kierrekairaus (jatkuva maanäyte). Malminetsinnässä kairataan viitteeseen, joko geokemian tai geofysiikan anomaliaan. Kallionäytekairausten eli syväkairausten, keskimääräinen kairaussyvyys on 100–200 metriä. Kairauksen avulla voidaan mallintaa geologisia rakenteita. Kairaustietojen ja geofysikaalisten mittausten tietoja yhdistämällä saadaan selville mineralisaation tai malmin jatkuvuus syvyys-, pituus- ja leveysuun-

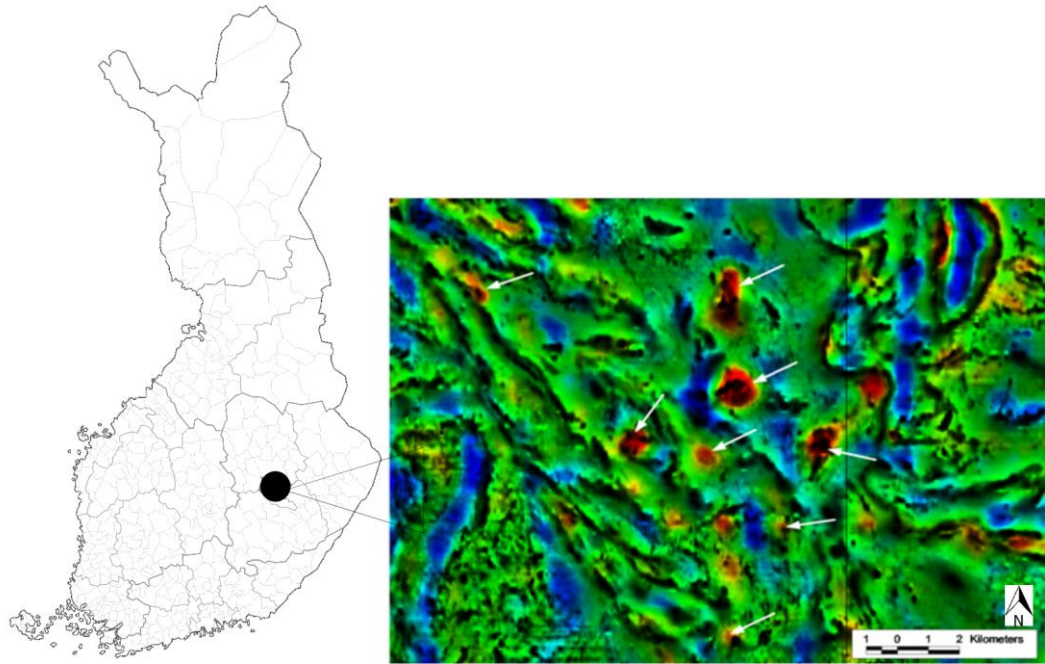
nassa (Kairaus GTK:ssa, laadunhallintajärjestelmän ohje MRVK-3O2). Syväkairausten perusteella tehdään esiintymän 3D-mallinnusta sekä varantoarvioita. Varannot ilmoitetaan yleensä tonneina tietynpitoista malmia, esim. 3 Mt@5 ppm (tai g/t.) Au tarkoittaa malmia, joka sisältää yhteensä 15 000 kiloa kultaa.



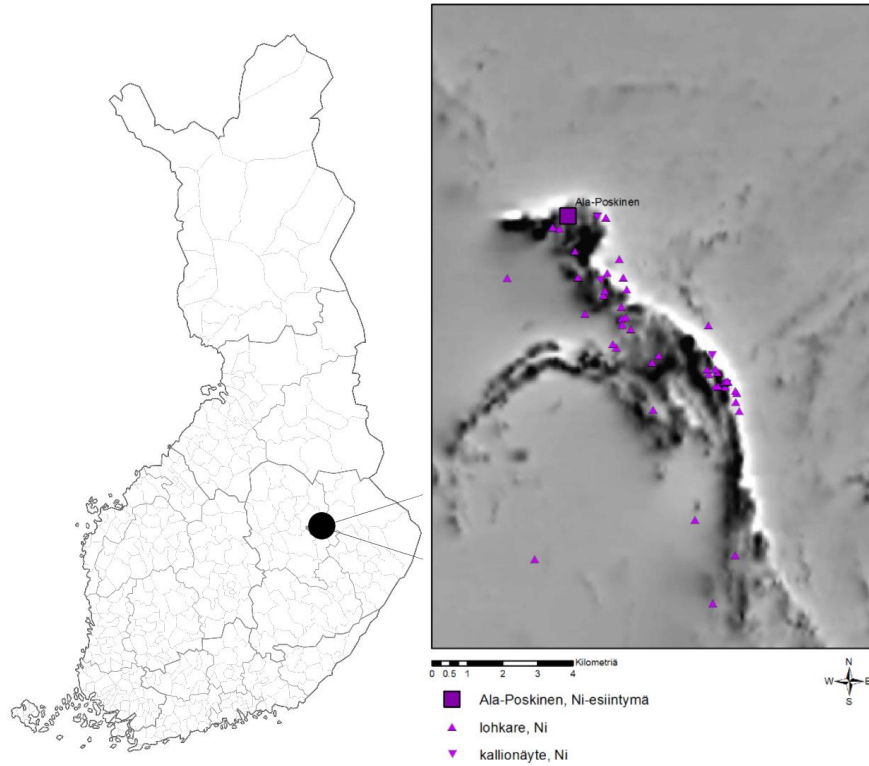
Kuva 39. Talkkiesiintymän kairaus GM100B kairauskoneella. Paikka Alanen, Rautavaara. Jari Väätäinen, GTK.

7.4 Geofysikaaliset malminetsintämenetelmät

Geofysiikka tarjoaa laajan kirjon erilaisia tutkimusmenetelmiä, joita voidaan hyödyntää malminetsinnässä. Laaja-alaisissa rakennetutkimuksissa käytetään hyväksi mm. alueellisia lento-, painovoima-, magnetotelluurisia- ja seismisiä mittauksia. Geofysikaalisten menetelmien valinnassa täytyy huomioida paikalliset olosuhteet. Suomen metamorfoituneilla kallioperäalueilla, vain muutaman metrin maaperäkerrostumiin soveltuvat menetelmät ovat erilaisia, kuin esimerkiksi pitkälle rapautuneilla lateriittialueilla. Fysikaalisen vasteen mittaaminen johtavan, paksun maaperäkerroksen läpi kallioperästä on aina haasteellista (Peltoniemi 1998). Eri menetelmiä yhdistelemällä saadaan parhaalla mahdollisella tavalla kohdennettua etsintätöitä (Kuva 40). Kuvassa 41 Juankoskella sijaitseva Ala-Poskisen nikkeliesiintymä sekä lähistön kallioviitteet ja lohkaroviitteet sijoittuvat magneettisesti positiivisiin kohtiin. Magneettisen aineiston avulla voidaan suoraan kohdentaa tutkimuksia anomaalisiin kohtiin.



Kuva 40. Yhdistelmä magneettisesta (mustat kuviot) ja gravimetrisestä (väripinta) aineistosta tuo esiin nikkelikriittiset kivilajimuodostumat (valkoiset nuolet). Esimerkkinä Leppävirran Rytky alue.



Kuva 41. Juankoskella sijaitseva Ala-Poskinen nikkeliesiintymä sekä lohkare ja kalliohavainnot ja niiden sijoittuminen magneettisella kartalla magneettisesti positiivisiin kohtiin.

7.4.1 *Petrofysiikka*

Kallionäytteen osalta mineralisaatioon päästään yleensä suoraan kiinni. Lohkarenäytteitä tutkittaessa tärkeimpiä geofysikaalisia menetelmiä ovat petrofysikaaliset laboratoriotutkimukset. Niillä selvitetään näytteen fysikaaliset ominaisuudet, joiden perusteella kivilaji voidaan erottaa ympäristöstään anomaliana, eli poikkeamana sivukivestä havaitusta arvosta (Airo et al. 2012). Mineraalien ja kivilajien sähkönjohtavuudessa on eroja sekä galvaanisesti että induktiivisesti. Petrofysiikan mittauksilla selvitetään kivilajin sähkönjohtavuusominaisuudet ja IP (indusoitunut polarisaatio)-parametrit jatkokäytös- ja tutkimusmenetelmää valittaessa. Petrofysiikan mittaukset ovat perusta geofysikaalisiin mittauksiin lähettäessä selvittämään esiintymän laajuutta tai lohkarin lähtöpaikkaa (Peltoniemi 1988, Airo et al. 2012)

Tärkeimpiä petrofysiikan suureita ovat tiheys, susceptibiliteetti, remanenssi ja sähkönjohtavuus (galvaaninen tai induktiivinen) sekä laskennallinen IP-vaikutus (indusoitunut polarisaatio). Muita vähemmän käytettyjä suureita ovat mm. huokoisuus, elastiset ominaisuudet, lämmönjohtavuus sekä radioaktiivisten aineiden pitoisuus (Airo et al. 2012).

Malmimineraalit ovat yleensä painavampia, kuin sivukivet. Esim. nikkelimineraali pentlandiitin $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$ tiheys on 4600–5000 kg/m³ (Hytönen 1999). Suomessa litosfäärin yläosan keskitiheys on 2640 kg/m³ (Elo 1997). Magneetiitti $(\text{Fe}^{+2}\text{Fe}_2^{+3}\text{O}_4)$ ja magneetikiisu $(\text{Fe}_{1-x}\text{S}, x=0-0,17)$ omaavat korkean susceptibiliteetin. Näiden mineraalien aiheuttamat susceptibiliteetit kivilajeissa vaihtelevat yleensä 0,01–0,2 SI:n välillä ja niitä voidaan paikantaa magneettisilla mittauksilla (Peltoniemi 1988). Poikkeuksena heksagoninen magneetikiisu, joka ei aiheuta magneettista anomaliaa. Toinen kivilajien merkittävä magneettinen ominaisuus on remanentti magnetoituma (remanenssi) eli ulkoisesta indusoivasta kentästä riippumaton magnetoituma. Remanenssi voidaan mitata lohkarinäytteestä ja lisäksi kalliopaljastumasta otetusta suunnatusta näytteestä voidaan mitata remanenssin vektorisuunta, joka voi vaikuttaa merkittävästi magneettiseen tulokintaan (Hjelt 1983, 21–35).

7.4.2 *Potentiaalitenttämenetelmät*

Potentiaalitenttämenetelmiin kuuluvat magneettinen- ja painovoimamittaus. Esimerkiksi pentlandiitti esiintyy VMS-malmien (massiiviset sulfidimalmit) yhteydessä muiden sulfidimineraalien kanssa, jolloin painovoimamenetelmällä voidaan paikallistaa sulfidi-

rikas esiintymä. Sulfidimineraalien korkeamman tiheyden vuoksi ne voidaan positiivisena anomaliana rajata ympäristöstään. Mittaustuloksista tehtävillä tulkintamalleilla, yhdistettynä olemassa olevaan geologiseen tietoon, arvioidaan esiintymän mittasuhteita ja ohjataan kairauksia tarkemman tiedon saamiseksi. Painovoimamittaukset ovat laajasti käytetty tutkimusmenetelmä sekä alueellisesti että kohteellisesti (Haapala et al. 1993).

Magneettisena menetelmänä Suomessa käytetään yleisesti magneettisen totaali-intensiteetin (Bt) mittausta. Totaali-intensiteetti koostuu Maan magneetikentän vaikutuksesta kivilajin susceptibiliteetin aiheuttamasta osasta sekä pysyvästä remanentista magnetoitumasta. Totaali-intensiteetin mittausta on hyvä ja nopea menetelmä tutkittaessa kivilajien eroavaisuuksia. Nykyisin käytetään magnetometrausta yhdistettynä GPS-järjestelmään (Global Positioning System), jolla saadaan jopa viisi mittaustulosta sekunnissa ja mitaaja voi olla liikkeessä koko ajan joko jalan, suksilla tai vedettynä esim. moottorikelkan perässä. Mittauksilla saadaan erittäin tarkka anomaliakartta pintaosien magneettisesta vaihtelusta. Näin voidaan havaita aivan pinnan läheiset yksittäiset lohkareet, mutta myös pidemmän aallonpituuden omaavat syvemmillä tai laajemmalla olevat magneettiset lähteet (GEM-systems 2017).

Magneettinen 3-komponenttimittaus antaa tarkemman kuvan magneettisen anomalian suunnasta mutta sitä ei käytetä malminetsinnässä systemaattisesti. Totaali-intensiteettimittauksessa mitataan teknisesti vain sen hetkisen Maan magneetikentän suuntaista komponenttia. Tässä remanenssi voi olla merkittävänä tekijänä ja jopa kumota mittausanomalian kokonaan tai muuttaa sen negatiiviseksi. Näitä mittaustuloksia saadaan nykyisin myös eräiden sähkömagneettisten taajuusmittausten yhteydessä (Niskanen 2016).

7.4.3 Sähkömagneettiset menetelmät

Geofysiikassa käytetään laajasti sähkömagneettisia induktiivisia menetelmiä erityisesti kivilajien johteiden kartoituksessa. Lähetinkenttänä on sähkömagneettinen vaihtokenttä, joka indusoi maankamaraan induktiovirtoja. Mitä paremmin johtavia osueita maankamarassa on, sitä suurempi toisiokenttä induktiovirroista aiheutuu ja saadaan tietoa kallioperän (myös maaperän) rakenteesta (Haapala et al. 1993). Menetelmät jaotellaan aika- ja taajuusalueen menetelmiin. Aika-alueen TEM (*transient electromagnetic*) mittaukset ovat käytössä yleensä laaja-alaisempien hyvien johteiden kartoituksessa. Taa-

juusalueen menetelmillä FEM (*frequence electromagnetic*) voidaan erotella heikkoja johteita toisistaan (Kuva 42). Tästä on etua heikon johtavuuden omaavien mineralisaatioiden rajaamisessa ympäristön kivilajeista (Niskanen 2013).



Kuva 42. Sampo-mittausta vuonna 2016 Pohjois-Suomessa. Sampo-menetelmä on laajakaistainen sähkömagneettinen taajuusluotausmenetelmä, jolla nykyisellään voidaan mitata jopa 1500 metrin syvyydellä olevia johteita. Kuvassa Jarkko Jokinen. Kuva: GTK.

7.4.4 Sähköiset menetelmät

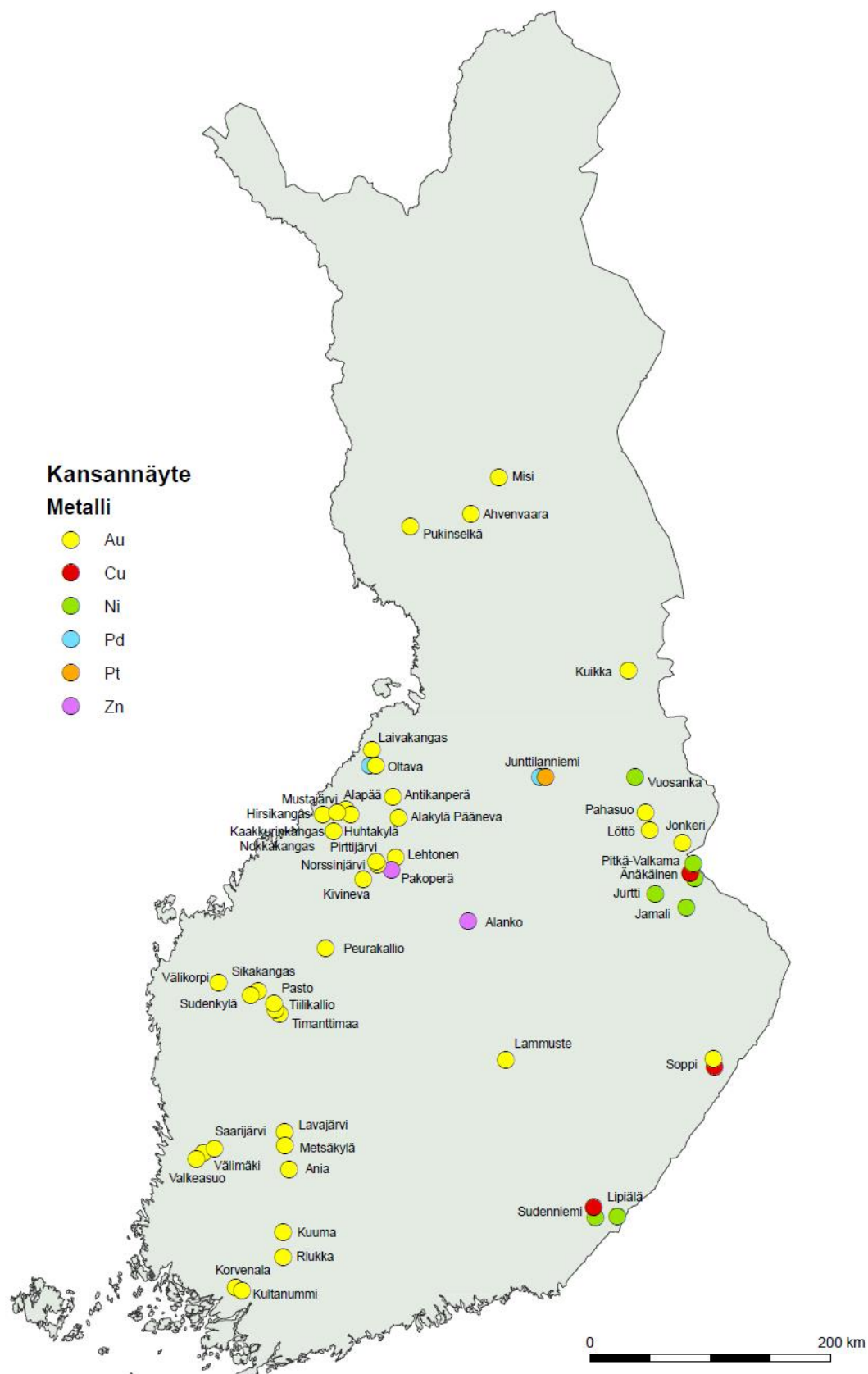
Sähköisistä menetelmistä tärkein malminetsinnän yhteydessä käytettävä menetelmä on indusoitu polarisaatio (IP) erityisesti kultanäytteiden paikannuksessa. Kullan etsintä on sekundääristen mineraalien etsintää, koska suora informaatiota kullasta ei geofysiikalla saada. Kultaesiintymät ovat kuitenkin seurattavissa mm. kvartsijuonten ruhjeiden sekä mineralisaatioon liittyvän rikki- ja/tai arseenikiisun (FeS_2 , FeAsS) avulla. Menetelmällä voidaan tunnistaa pirotteiset sulfidimineraalit ja ohjata tutkimuksia (Turunen 1992).

8 Kansannäytteet mineraalipotentialin kartoitushankkeissa 2000-luvulla

Kansannäytteet ovat tärkeässä asemassa tutkittaessa ja kartoitettaessa mineraalipotentialisia alueita. Uusien kansannäytteiden ohella myös jo arkistoidut vanhat kansannäytteet saattavat tuoda yllättävää lisätietoa tutkimuksiin. Lisäksi monien hyvien lohkaroiden lähtöalue on edelleen selvittämättä.

Kansannäytetoiminnan merkitys geologiselle raaka-ainevarojen tutkimukselle ei ole pelkästään historiaa, vaan kansannäytteet ovat tärkeä, usein oleellinen osa tutkimusta myös nykypäivänä. Yleensä kansannäytteen osuus tutkimuksissa on mainittu raporteissa. Tähän yhteenvetoon on valittu vuodesta 1980 alkaen lähetettyjä kansannäytteitä, joita on hyödynnetty 2000-luvun malmitutkimuksissa GTK:n eri yksiköissä (Kuva 43). Lähteenä käytetyistä jatkotutkimusraporteista on kooste liitteenä (Liite 1).

Kansannäytetietojen käyttömahdollisuudet ovat parantuneet uusien verkkopalveluiden myötä. GTK:n Hakku-palvelusta (www.hakku.fi) on saatavilla kansannäytetietoja ja kansannäytteiden maastokäyntiraportteja.



Kuva 43. Karttaan on merkitty kansannäytteiden perusteella tehdyt jatkotutkimukset 2000-luvun aikana. Suurin osa jatkotutkimuksista on tehty kultaa sisältävien näytteiden johdosta.

8.1 Jatkotutkimukset Länsi-Suomessa

Parhaat kansannäytelöydöt Länsi-Suomen alueella ovat olleet melkein yksinomaan kulta-aiheita. Kultanäytteiden osuus kansannäytteistä on yleisesti ottaen muita metalleja suurempi. Suurin tähän mennessä analysoitu yksittäinen kultapitoisuus, 1950 g/t Au, on Kari Ahlholmin vuonna 2000 lähettämässä loh karenäytteessä Kalajoen Pahajärveltä.

Väli-Suomen kultavarojen kartoitus -hankkeen kultatutkimuksiin liittyvissä raporteissa (Kontoniemi 2009, Kontoniemi et al. 2007) malminetsinnän apuna on käytetty ensisijaisesti harrastajien lähettämiä kansannäytteitä. Kansannäytetoiminnan ja GTK:n tutkijoiden yhteistyön tärkeimpänä tuloksena Keski-Pohjanmaan alueen kultatutkimuksissa on Himangan Hirsikankaan kultaesiintymän löytyminen. Hankkeen puitteissa löytyi myös useita pienempiä kulta-aiheita.

Himangan Hirsikankaalla tutkimukset saivat alkunsa myös Kari Ahlholmin vuonna 2003 lähettämästä kultanäytteestä. Ahlholmin lähettämän näytteen kultapitoisuus oli 3,6 g/t. GTK:n vuosina 2004–2006 suorittamat kultatutkimukset käsittivät loh kare-etsintää, kallioperäkartoitusta, petrologisia ja mineralogisia tutkimuksia, geofysikaalisia mittauksia ja syväkairausta. Kultaesiintymä sijaitsee Himangan vulkaniittijaksolla Raahe–Laatokka -vyöhykkeen luoteisosassa. Kairausten perusteella esiintymän malmivarojen on arvioitu olevan noin 2 miljoonaa tonnia keskipitoisuudella 1,85 g/t Au. Jatkossa koh teella tulisi tehdä lisää tutkimuksia kuten kairausta, koska alue on erittäin mielenkiintoinen ja kultapotentiaalinen (Kontoniemi & Mursu 2006).

Keski-Pohjanmaan alueella Haapaveden Päänevan ja Alakylän alueilla tehtiin vuosina 2004–2006 kultatutkimuksia. Tutkimusmenetelminä käytettiin moreeni- ja kalliopinta näytteenottoa, geologista kartoitusta, geofysikaalisia mittauksia sekä kairausta. Aikaisempien viitteiden perusteella mielenkiinto kohdistui Päänevan alueeseen, mutta tutkimusten aikana myös lähistöllä sijaitsevan Alakylän alueelta löytyi kansannäytteenä kultapitoinen kallionäyte. Paras kairaustulos Päänevan alueelta oli metrin matkalla 1,45 g/t Au. Alakylässä parhaassa lävistyksessä neljän metrin matkalla korkein pitoisuus oli 3,98 g/t Au ja kahden metrin matkalla 7,72 g/t Au. Toisessa lävistyksessä 2,4 metrin matkalla pitoisuus oli 3,87 g/t Au. Yhdessä yksittäisessä puolen metrin näytteessä kultapitoisuus oli 10,8 g/t (Lestinen & Mursu 2007). Oulaisten Antikanperän aluetta tutkittiin kultapitoisten kansannäytteiden johdosta vuosina 2000–2001. Alueella tehtiin loh kare-

etsintöjä, geologista kartoitusta, iskuporanäytteenottoa, magneettista mittausta sekä syväkairauksia. Tutkimukset lopetettiin, koska kultapitoisuudet jäivät alhaisiksi (Kontoniemi & Lestinen 2003).

Pyhäjoen Oltavan kultamineralisaatio tunnettiin jo 1950-luvulla (Stigzelius 1953). Outokumpu Oy:n malminetsintä teki tutkimuksia Lukkaroisten–Oltavan alueella vuosina 1985–1986, sekä GTK vuosina 1994–1995. Tästä alueesta noin kilometrin päästä malminetsijä Tapio Törmäkangas lähetti vuonna 1997 kansannäytteenä kultapitoisen kalliönäytteen kvartsidioriitin ja kiilleliuskeen kontaktista. GTK teki alueella vuosina 1998–1999 moreeninäytteenottoa, geofysiikan mittauksia, kallioperäkartoitusta, iskuporanäytteenottoa sekä syväkairausta (Nikander 1999). Samalla alueella tutkittiin myös palladiumin esiintymistä, johon johti Törmäkankaan lähettämä 7,7 g/t palladiumia sisältävä näyte. GTK teki alueelle valtauksen vuonna 2001 ja tutkimukset tehtiin liittyen Raahe-Laatokka vyöhykkeen nikkelin ja kullan etsintähankkeeseen. Tutkimuksilla paikannettiin heikohko Pd-Au-mineralisaatio (Kontoniemi 2003).

Kalajoen Alapään tutkimusten lähtökohtana olivat Kari Ahlholmin vuonna 1999 lähettämät kultapitoiset (maksimipitoisuus 8,7 g/t Au) lohkarenäytteet. GTK käynnisti tutkimukset kesällä 2000. Alueella tehtiin lohkare-etsintää, moreeni- ja kalliopintänäytteenottoa, geologista kartoitusta, geofysikaalisia mittauksia sekä kairauksia. Tutkimuksilla ei löydetty malmiluokan esiintymää, joten tehdyistä valtauksista luovuttiin. Juonien jatkuminen valtausalueelta sekä itään että länteen jäivät kuitenkin selvittämättä. Syväkairauksissa paras yksittäinen lävistys 2,5 metrin matkalla sisälsi 2,7 g/t kultaa (Lestinen & Mursu 2005).

Myös Kalajoen Huhtakylällä on tehty kultatutkimuksia. Huhtakylä on vanhempi aihe, joka aktivoitui uudelleen vuonna 1990. GTK aloitti alueella tutkimukset, jotka saivat alkunsa kultaa 72,2 g/t sisältävästä kansannäytteestä. Lohkareen emäkalliota ei vuoteen 1992 jatkuneissa tutkimuksissa saatu paikallistetuksi. Niin kutsutun Raution batoliitin kontaktivyöhykkeellä, johon Huhtakylän kohdekin sijoittuu, GTK teki malminetsintään liittyviä moreenigeokemiallisia tutkimuksia vuosina 1984–1991 ja kolmas tutkimusvaihe alkoi vuonna 2001. Tutkimuksen alullepanijana olivat useat vanhat kultapitoiset kansannäytelohkareet, joiden emäkallio oli vielä selvittämättä sekä myös uudet GTK:lle lähetetyt kultapitoiset kansannäytteet (Lestinen & Mursu 2006). Kohteessa tehtiin lohkare-etsintää, moreeni- ja kalliopintänäytteenottoa, geologista kartoitusta, geofysikaali-

sia mittauksia sekä kairausta. Tutkimusten aikana tehdyn lohkarere-etsinnän ja esikartoituksen yhteydessä ei kovin merkittäviä uusia kultaviitteitä saatu (Lestinen & Mursu 2006).

Haapajärven Lehtosen alueella tehtiin vuosien 2004–2007 välisenä aikana lohkarere-etsintää, geofysikaalisia maastomittauksia ja kairausta. Tutkimukset saivat alkunsa vuonna 2004 lähetetyistä kultapitoisista lohkarereista. Parhaassa lohkarereessa oli kultaa 2,83 g/t ja kuparia 0,56 %. Tutkimuksilla pystyttiin paikantamaan todennäköinen lohkarereiden lähtöpaikka, mutta koska mineralisaation kulta- ja kuparipitoisuudet jäivät odotettua alhaisemmiksi, tutkimuksia ei jatkettu (Kontoniemi & Mursu 2007).

Kannuksen ja Toholammin alueelta on pitkään lähetetty korkeita kultapitoisuuksia sisältäviä näytteitä. Tärkeimmät kohteet Kannuksen ja Toholammin alueella olivat vuosina 1999–2008 aikajärjestyksessä Kaakkurinkangas, Nokkakangas sekä Märsylä. Kohteille on tehty kairauksia, tutkimuskuoppia ja geofysikaalisia mittauksia. Kaikissa kohteissa työt ovat lähteneet käyntiin kansannäytteistä. Kontoniemen (2009) raportissa kerrotaan lyhyesti myös valtauksien ulkopuolella tehdyistä tutkimuksista Keski-Pohjanmaalla. Näistä Kaakkurikankaan ja Nokkakankaan alueella tehtiin mm. lohkarere-etsintää, kallio-peräkartoitusta ja kairauksia. Kaakkurikankaan kairauksissa saatiin paras lävistys, mutta jatkotoimenpiteitä ajatellen Toholammin Nokkakankaan kohde vaikutti mielenkiintoisimmalta (Kontoniemi 2009).

Myös Reisjärven Pakoperän ja Norssinjärven kulta-aiheet vaatisivat tulevaisuudessa lisätutkimuksia. Pakoperän tutkimukset saivat alkunsa Kari Ahlholmin vuonna 1996 GTK:lle lähettämistä vulkaniittilohkarereista, joissa oli sinkkivälkettä ja lyijyhohdetta. Näytteitä oli kolme ja parhaassa näytteessä oli hopeaa 143 g/t, kuparia 0,46 %, lyijyä 0,85 %, sinkkiä 3,95 % sekä kultaa 1,6 g/t. Kohteessa tehtiin syväkairauksia vuonna 2006. Kairausten tulokset osoittivat, että Pakoperän alueen kivilajit ja niissä olevat muuttumisilmiöt ovat otollisia sinkkimalmille. Tutkimuksia tulisi jatkaa tarkentavilla maastogeofysikaalisilla mittauksilla ja kairauksilla (Nikander 2006).

Norssinjärven alueella tehtiin kuparinäytteen perusteella tutkimuksia vuosina 2003–2005, jolloin syväkairaustutkimusten paras tulos oli 4 metrin matkalla 0,98 % kuparia. Tutkimuksia jatkettiin Norssinjärven ja lisäksi hieman pohjoisempana sijaitsevan Pirttijärven alueilla myöhemmin uudelleen, koska alueilta lähetettiin vuonna 2009 kultapitoi-

sia kansannäytteitä Aaro Paanasen ja Reino Sainkankaan toimesta. Parhaassa Paanasen lähettämässä lohkarissa oli 67 g/t kultaa. Lohkareet olivat kivilajiltaan kvartsiutuneita porfyyrejä. Niissä oli hieman arseenikiisua, magneetikiisua ja kuparikiisua, mutta joissakin oli silmin nähtäviä kultahippuja. Alueella tehtiin geologista kartoitusta ja vuoden 2013 alussa tehtiin moreeninäytteenotto (Kontoniemi 2015a).

Sievin Pirttijärvellä tutkimukset käynnistyivät Reino Sainkankaan lähettämistä näytteistä vuonna 2010, joista parhaassa oli 57 g/t kultaa. Lohkareet löytyivät Pikkuradan vieriseltä hakkuuaukealta läheltä Pirttijärveä. Lohkareiden kivilajiksi määritettiin hiertynyt plagioklaasiporfyriitti, jossa oli havaittavia määriä magneetikiisua, kuparikiisua ja arseenikiisua. Tutkimuksia varten haettiin alueelle valtausvaraus syksyllä 2010 ja malminetsintälupa vuotta myöhemmin 2011. Malminetsintälupa myönnettiin vuoden 2014 tammikuussa. Jo varauksen aikana tehtiin 1 km²:n alueella geofysiikan mittauksia ja alue kairattiin vuoden 2014 aikana. Syväkairausta tehtiin 41 metriä kolmella reiällä. Yleisin kivilaji oli plagioklaasiporfyriitti ja paras kultapitoisuus oli arseenikiisua sisältävissä kvartsijuonissa, 1,25 g/t Au. Maastotyöt ja tutkimukset liittyivät Länsi-Suomen malmipotentialin kartoitushankkeeseen (Kontoniemi 2015a).

Lestijärven Kivinevan kohde otettiin työn alle vanhojen Outokumpu Oy:lle lähetettyjen ns. Karhuharjun Cu-Au-lohkareiden ja myöhemmin vielä uudempien Aaro Paanasen lähettämien lohkarviitteiden takia. Tutkimusten aloittamiseen vaikutti mielenkiintoinen matalalentoanomalia tonaliittialueella, sekä geologi Olavi Kontoniemen ja tutkimusavustaja Rauli Lempiäisen löytämät kiisuviitteet alueelta. Töiden toteuttamiseksi haettiin vuoden 2012 alussa Kivineva-niminen valtaus. Tutkimusalueella tehtiin magneettisia ja IP-maastomittauksia, iskuporanäytteenottoa ja syväkairausta (Kontoniemi 2015b). Tulokseksi saatiin anomaalisia kulta- ja kuparipitoisuuksia moreenista sekä kalliosta, mutta varsinaista mineralisaatiota ei löytynyt. Alueella on myös magneettinen häiriö, mutta sen aiheuttaja ei selvinnyt tutkimuksissa (Wik 2015).

Etelä-Pohjanmaalla, Seinäjoelta luoteeseen kulkevaan 30 kilometriä pitkään, luodekaakko -suuntaiseen siirros- ja ruhjevyöhykkeeseen ja sen läheisyyteen liittyy useita mineralisaatioita, joista osa on löydetty kansannäytteen perusteella. Alue on monipuolisesti mineralisoitunut ja sieltä tunnetaan useita Au, Sb-, Pb-Zn-Ag-, W- ja Sn-aiheita. Alueelta tunnetaan mm. Seinäjoen Törnävän, Sikakankaan, Marttalanniemen, Kalliosalon, Pihjalanniemen, Mustakorven, Yljoen, Tervasmäen, Timanttimaan ja Paston sekä

Ilmajoen puolelle menevien Huussin, Sudenkylän ja Välikorven Au-aiheet. Näistä Sikakankaan, Marttalanniemen ja Kalliosalon kultaminalisaatio liittyy plagioklaasiporfyriittiin, Ylijoki grauvakkaliuskeeseen sekä Timanttimaata tonaliittiin. Hiertovyöhykkeet ja niiden sivuruhteet ovat vaihtelevan paksuisia ja kulta liittyy niissä kulkeviin kvartsijuonin tai kvartsijuoniverkostoihin. Alueella tutkimuksia ovat suorittaneet GTK, Outokumpu Oy sekä Malmikaivos Oy. Ensimmäiset tutkimukset on tehty jo 1980-luvulla (Kärkkäinen 1993, Eilu 2007, Nenonen & Hietala 2017).

Lupaavin ja todennäköisin kaivokseen johtavista esiintymistä sijaitsee Seinäjoen Sikakankaalla. Helsingin yliopiston Ruralia-instituutti on tehnyt arvon mahdollisen kulta-kaivoksen aluetaloudellisista vaikutuksista (Törmä 2010). Sikakankaan tutkimukset alkoivat, kun malminetsijä Pekka Hietala lähetti vuosien 2001–2002 aikana korkean kultapitoisuuden sisältäviä lohkarenäytteitä, joissa oli näkyvää kulta. Parhaiden näytteiden kultapitoisuudet olivat välillä 40,3–575 g/t. Lukuisten näytteiden korkea kultapitoisuus johti GTK:n useita vuosia kestäneisiin tutkimuksiin ja kallioperäkairauksiin. Geologian tutkimuskeskuksen Etelä- ja Länsi-Suomen kultavarojen kartoitus -hankkeen yhteydessä Sikakankaalla tehtiin lohkare-etsintää, kallioperäkartoitusta, tutkimuskuoppia, geofysiikan mittauksia, geokemiallista näytteenottoa, malmimineraalitutkimuksia sekä syväkairausta. Kultaminalisaatio liittyy plagioklaasiporfyriitin kvartsijuonia sisältäviin hiertovyöhykkeisiin. Syväkairauksissa korkeimmat kultapitoisuudet olivat 53 g/t sekä 28,3 g/t. Raja-arvolla 0 g/t varannoksi saatiin 2,419 Mt ja raja-arvolla 0,55 g/t varannoksi saatiin 0,171 Mt. Esiintymän laajuutta ei arvioitu, joten mineraalivaranto on todennäköisesti arvioitua suurempi (Isomaa et al. 2010). Esiintymää ovat tutkineet myös ulkomaiset yhtiöt. Viimeiseksi Sikakankaan esiintymä on ollut Akkerman Exploration B. V. -yhtiön hallussa. Vuonna 2010 yhtiö ilmoitti tiedotteessaan tutkimustuloksista, joiden mukaan yhtiön tekemien kairausten tuloksena oli havaittu merkittäviä kultapitoisuuksia. Parhaat pitoisuudet olivat 21,1 g/t ja 69,8 g/t kulta. Tulos on samantasoinen kuin GTK:n kairausten tulos, joista paras oli ~50 g/t kulta (Isomaa et al. 2010).

Seinäjoen Paston alueella on tehty viime vuosina tutkimuksia. Pekka Hietala lähetti kulta- ja volframipitoisia kansannäytteitä ensimmäisen kerran vuonna 1977 sekä vuonna 1982 Seinäjoen Paston Larvamäen ja Alavuden Leviäkallion alueelta. Myös Reijo Perälä lähetti arseenikiisupitoisia ja kultapitoisia näytteitä Paston Larvamäeltä. Vuosien 1983–1984 aikana Malmikaivos Oy teki Leviäkallion eteläosassa syväkairausta, mutta

tuolloin kultapitoisuudet jäivät alhaisiksi. Kultapotentialin selvittämiseksi GTK teki alueella tutkimuksia vuosien 2008–2013 välisenä aikana. Alueella tehtiin geofysikaalisia mittauksia, geokemiallista näytteenottoa, malmimineraalitutkimusta, kallioperäkartoitusta sekä syväkairausta ja myöhemmin iskuporanäytteenottoa. Kulta esiintyy Paston Larvamäen alueella hiertovyöhykkeiden kvartsijuonissa useammassa eri kivilajissa (Wik & Isomaa 2014), mutta mineralisaation vallitsevana kivilajina näyttää olevan porfyriitti, jota kvartsijuonet sekä pegmatiittijuonet leikkaavat (Kontoniemi 2015b). Kairauksissa lävistettyjen hiertovyöhykkeiden kohdalla kullan pitoisuus nousee yli 1 g/t. Vuoden 2009 Larvamäen parhaassa lävistyksessä kahden metrin matkalla kultapitoisuus oli 7,83 g/t ja vuoden 2013 lävistyksessä 1,2 metrin matkalla 5,92 g/t. Alue vaatisi jatkotutkimuksia (Wik & Isomaa 2014).

Seinäjoen Timanttimaan esiintymä löytyi GTK:lle lähetettyjen kultapitoisten kalliosta otettujen kansannäytteiden perusteella. Malminetsijä Reijo Perälän lähettämässä näytteissä kultapitoisuudet vaihtelivat välillä 0,6–18 g/t. Esiintymää tutkittiin vuosina 1987–1991. Kartoituksissa paikannettiin Au-, As- ja Cu-anomaalinen vyöhyke. Mineralisaation laajuuden selvittämiseksi alueella tehtiin pohjamoreenin ja rapakallion geokemiallista tutkimusta sekä geofysikaalisia tutkimuksia (IP). Anomaliioihin tehtiin yhdeksän syväkairausreikää, yhteensä 904 metriä. Enimmillään kultapitoinen lävistys oli noin 20 metriä paksu, mutta kultapitoisuus jäi melko alhaiseksi. Paras lävistys oli 1,5 metrin matkalla 15,5 g/t kultaa (Kärkkäinen 1993).

Kuten lähistöllä oleva Timanttimaan esiintymä, myös Tiilikallion esiintymä löytyi kansannäytteiden perusteella. Vuosien 1981–1984 välisenä aikana saapui tutkittavaksi useita kultapitoisia lohkareita Tiilikallion alueelta. Maastotutkimukset tehtiin vuosien 1981–1983 välisenä aikana. Tutkimuksiin kuului kallioperäkartoitusta, syväkairausta sekä geofysikaalisia mittauksia. Aiheesta on tehty gradu Oulun yliopistoon (Tuovinen 2013).

Ilmajoen alueelta on tutkittu viime vuosina kahta kultakohdetta. GTK teki Ilmajoen Välikorven alueella tutkimuksia vuosina 2008, 2009 ja 2011. Välikorven alueen tutkimukset saivat alkunsa Jussi Mäenpään lähettämistä hyvistä kultanäytteistä (Isomaa 2012). Alueella tehtiin lohkar-etsintää, kallioperäkartoitusta, geofysikaalisia mittauksia ja geokemiallista näytteenottoa, malmimineraalitutkimuksia sekä syväkairauksia 20 reikää, yhteensä 1,4 km. Kivilajeina ovat poimuttuneet mafiset sekä intermediääriset vul-

kaniitit, jotka ovat tektonisesti hiertyneitä. Kulta liittyy arseenikiisupitoisiin kvartsijuo-
niin. Syväkairauksissa korkein kultapitoisuus oli 10,3 g/t sekä pisin ja paras lävistys oli
7 metrin matkalla pitoisuudella 2,5 g/t Au (Kärkkäinen 2012). Jussi Mäenpää on lähet-
tänyt uusia kultapitoisia näytteitä mm. vuonna 2015. Mäenpää on löytänyt kultapitoisen
kallioalueen uudesta paikasta läheltä Välikorven aluetta. Kallionäytteiden kultapitoi-
suudet ovat 1,64 g/t, 0,89 g/t, 0,91 g/t, 0,57 g/t ja 1,41 g/t.

Ilmajoen Sudenkylän tutkimukset ovat saaneet alkunsa kansannäytteistä. Kurikkalainen
Pekka Hietala lähetti ensimmäisiä kultapitoisia lohkareita Kärmesmäen alueelta Malmi-
kaivos Oy:lle jo Malmimanian aikoihin 1986. Kahdessa näytteessä kulta- ja vol-
framipitoisuudet olivat erityisen korkeita, Au 1,5 g/t, W 2,44 % sekä Au 94 g/t ja W
1,12 %. Lohkareet olivat muodoltaan kulmikkaita. Näiden lohkareiden lisäksi samasta
paikasta Hietala on löytänyt 4 samantapaista lohkareta, joiden Au-pitoisuudet ovat ol-
leet: 3,0 g/t, 1,8 g/t, 0,6 g/t ja 0,2 g/t. Lisäksi näytteissä on ollut merkkejä wolframista
(scheeliitti) ja niiden on katsottu edustavan merkittävää Au- ja W-mineralisaatiota ja
arvioitu lohkareiden kuljetusmatkan olleen lyhyt. Jatkotutkimuksena tehtiin Malmikai-
vos Oy:n toimesta moreenin raskasmineraalifraktiotutkimus 10 km² alueelle ja lohkare-
etsintää. Vuonna 1995 Pekka Hietala toimitti näytteen Outokumpu Finnmines Oy:lle.
Näytteen pitoisuus oli 87 g/t kultaa. Outokumpu teki alueella moreenin geokemiallisia
tutkimuksia. Vuosien 1997–2015 välisenä aikana Hietala lähetti lisää kultapitoisia näyt-
teitä, joiden paras pitoisuus oli vuonna 2015 lähetetyssä näytteessä 112 g/t Au. Näyt-
teessä oli lisäksi näkyvää kultaa. Tämän johdosta GTK teki alueella 2016 maastotutki-
muksia. Tutkimus toteutettiin kaivinkoneella tehtyinä tutkimuskuoppina, joista tutkittiin
moreenikerrosten ominaisuudet, kerrosjärjestys, jäätikön virtaussuunnat ja tehtiin geo-
kemiallista sekä raskasmineraalinäytteiden ottoa. Lisäksi tutkittiin kuopista nouseva
lohkareaineisto ja otettiin kallionäytteet. Kaikkiaan kaivettiin kuusi tutkimuskuoppaa
lohkareiden löytöalueelle ja kohti jäätikön tulosuuntaa. Kultaa 112 g/t sisältävästä näyt-
teestä tehtiin myös kevään 2017 aikana kokokivianalyysi (XRF) Helsingin yliopiston
Mineralogian laboratoriossa. Kokokivianalyysin perusteella Ilmajoen Sudenkylän kul-
tapitoisten lohkareiden lähtöaluetta ei voi yhdistää mihinkään aiemmin tunnettuun esiin-
tymään. Sudenkylän lohkareiden lähtöpaikan jäljittämiseksi huomio malminetsinnälli-
sessä mielessä kiinnittyy maaperätutkimukseen ja lohkareiden kuljetussuuntiin (Ne-
nonen & Hietala 2017 julkaisematon raportti).

Alajärvellä on ollut kaksi mielenkiintoista tutkimuskohdetta, Peurakallio sekä Iirunjärvi. Peurakallion tutkimukset saivat alkunsa vanhan Paalijärveltä löydetyn kansannäytteen ja tutkimusavustaja Rauli Lempiäisen kesällä 2008 tekemien tutkimusten pohjalta. Kansannäytteen kultapitoisuus oli 9,5 g/t ja tutkimusten aikana otetun lisänäytteen kultapitoisuus oli 5,7 g/t. Näytteet olivat kalliosta, joka on kivilajiltaan hiertynyttä kvartsidioriittia. Tutkimusta varten tehtiin aluksi Peurakallio-niminen varaus ja myöhemmin syksyllä 2012 Roviomaa-niminen varaus. Kohteella tehtiin geologista kartoitusta, moreeninäytteenottoa, geofysikaalisia tutkimuksia ja syväkairausta. Vuosien 2013–2014 aikana kairattiin kymmenen reikää, yhteensä 995 metriä. Parhaat pitoisuudet olivat metrin matkalla 5 g/t (2013 kairaus) sekä 2,2 g/t (2014 kairaus). Kultapitoisuudet ovat arsenikiisupitoisten kvartsijuonten yhteydessä kvartsidioriitissa, joka on hiertynyt (Laxström ja Kontoniemi 2015).

Iirunjärven aluetta on tutkittu vuosina 1987 sekä 2008–2010. Vuosien 2008–2010 tutkimukset liittyivät Etelä-Suomen kultavarojen kartoitus -hankkeeseen. Kansannäytteiden lähettäjä Voitto Autio sekä myös muut malminetsijät ovat lähettäneet alueelta kultapitoisia lohkareita. Voitto Autio lähetti ensimmäiset kultapitoiset lohkareet vuonna 1970 Iirunjärven länsipuolelta. Paras kultapitoisuus on ollut 55,5 g/t. Tutkimuksissa tehtiin vuosien 2008–2010 välisenä aikana lohkare-etsintää, geokemiallista näytteenottoa sekä syväkairausta. Tutkimuksilla saatiin viitteitä kullasta, mutta tiheän mökkiasutuksen vuoksi tutkimuksia ei jatkettu (Laxtröm 2010).

Jalasjärven ja Parkanon alueella on hopeaa sisältävä laaja kallioalue. Jalasjärven Mustajärven tutkimukset saivat alkunsa malminetsijä Matti Rajamäen löytämän Ag-Pb-Zn-mineralisoituman perusteella. Mustajärven ympäristössä tehtiin lohkare-etsintää, geologista kartoitusta, moreeni- ja kallionpintänäytteenottoa, geofysikaalisia maastomittauksia ja kairausta. Tutkimuksilla ei löydetty malmiluokan esiintymää ja keskeisellä alueella oli muiden tekemiä valtauksia, tehdystä valtauksesta luovuttiin vuoden 2004 lopussa (Kärkkäinen & Alanen 2000). Matti Rajamäki on lähettänyt vuosien 2012–2015 välisenä aikana uusia näytteitä, jotka ovat kalliosta. Näytteiden parhaat pitoisuudet olivat hopeaa 330 g/t, kuparia 0,93 %, lyijyä 5,25 % sekä sinkkiä 3,46 %. Kallioalue on laaja ja yhtenäinen, kivilajiltaan raitainen tuffiitti.

8.2 Jatkotutkimukset Etelä-Suomessa

Eteläisen Suomen alueella on tutkittu erityisesti Hämeen sekä Pirkanmaan ja myös Kaakkois-Suomen alueen mineraalipotentialia. Tampereen ja Pirkanmaan alueella on useita kansannäytteiden perusteella löydettyjä esiintymiä. GTK:n Etelä-Suomen yksikön raportoimia kultatutkimuksia, joihin liittyy kansannäyte, on mm. Hämeenkyrön Lavajärven (Lehto & Vuori 2004) ja Ylöjärven Metsäkylän (Lehto 2004) sekä Nakkilan Valkeasuon kultatutkimukset, jotka aloitettiin vuonna 2007 lähetettyjen kansannäytteiden perusteella. Kärkkäinen (2007) mainitsee Etelä- ja Länsi-Suomen kultavarojen kartoitus -hankkeen yhteydessä löydetty seitsemän mineralisaatiota ja kolme aiemmin tutkittua esiintymää. Näistä esiintymistä on kansannäytteiden avulla löydetty Satulinmäen (Somero), Riukan (Tammela), Saarijärven (Kullaa), Anian (Pirkkala) ja Kultanummen (Halikko) esiintymät. Uusia löydöksiä ja jatkotutkimuskohteita ovat olleet Forssan ja Jokioisten rajoille sijoittuva Latovainion alue sekä Huittisten Ritakallio ja sen jatkeet. (Kärkkäinen 2007, 2015).

Tammelan ja Someron alueelta on lähetetty 2000-luvun aikana hyviä kultanäytteitä. Aikaisemmin Outokumpu Oy tutki 1980-luvulla Tammelan Riukan pohjoispuolelta löydettyjä kultapitoisia lohkarkeitä. GTK vastaanotti alueelta vuosituhaten vaihteessa lisää kultapitoisia näytteitä, jotka olivat kalliosta. Seppo Virtasen, Heikki Helteen ja Matti Mikkolan lähettämien kalliönäytteiden keskimääräinen kultapitoisuus oli 7,3 g/t, välillä 1,49–23,5 g/t. Vuosina 2001–2005 Riukassa sekä Pursiossa tehtiin kartoitusta, geofysiikan mittauksia sekä syväkairauksia. Tutkimuksilla ei kuitenkaan paikallistettu yhtenäistä, taloudellisesti hyödynnettävissä olevaa esiintymää ja GTK luopui valtauksesta (Kärkkäinen 2007). Tällä hetkellä alueella on Tammela Minerals Oy:n valtaus (2019 asti) (Tukes 2017 kaivosrekisterin karttapalvelu).

Hämeen malmipotentialin arviointihankkeessa malmiviitteiden perusteella alueelle ominaisia metalleja ovat kupari, kulta ja volframi sekä eräät erikoismetallit, kuten Li, Be, Cs, Nb ja Ta, jotka liittyvät graniittipegmatiitteihin. Etelä-Suomessa petaliitti-albiitti-kvartsi- ja spodumeeni-albiitti-kvartsi-pegmatiitteja tunnetaan mm. Someron-Tammelan alueelta. Hämeen alueen merkittävämpinä kansannäytteinä sekä GTK:n kartoituksissa tehdyt havainnot liittyvät Someron ja Tammelan alueen kompleksipegmatiittien erikoismetalleihin. Litiumia sisältävä petaliittimineraali tavattiin Somero-Tammelan alueen pegmatiiteista ensimmäisen kerran. Näistä Kietyönmäen ja Hirvikal-

lion esiintymiä on tutkittu potentiaalisina litium-malmeina (Kärkkäinen 2015). Suurin osa Hämeen alueen malmiviitteistä on saatu kansannäytteinä, joista valtaosa on 1960–1980-luvuilla lähetettyjä.

Kullaan alueella on tutkittu Välimäen ja Saarijärven kultapotentialia. Kullaalla sijaitsevan Välimäen tutkimusten lähtökohtana ovat olleet lukuisten kultapitoisten kansannäytteiden lisäksi alueen geologia sekä tektonisesti otolliset rakenteet. Suoria kultaviitteitä olivat kansannäytteet, joita oli yhteensä 54 lohkare- ja kallionäytettä. Näytteiden keskipitoisuus oli noin 6,8 g/t Au. Välimäen alueella tehtiin tutkimuksia vuonna 1997 sekä 2000. Välimäen alueella tehtiin geokemiallista näytteenottoa, raskasmineraalitutkimuksia, geofysiikan mittauksia sekä syväkairausta. Kairauksilla saatiin tulokseksi hyviä kultapitoisuuksia, sekä löydettiin alueelle uusi kultamineralisaatio. Kullaan aluetta voidaan kokonaisuudessaan pitää kullan suhteen potentiaalisena alueena (Lehto & Kärkkäinen 2006, Kärkkäinen 2015). Kärkkäisen (2007) loppuraportissa Etelä- ja Länsi-Suomen kultavarojen kartoitushankkeessa (2002–2007) kuvataan mm. Kullaan Saarijärven sekä Jokioisten Kuuman kansannäytteiden perusteella tehtyjä jatkotutkimuksia. Kohteilla käytettyjä alueellisia menetelmiä olivat kohdentavat moreenigeokemialliset tutkimukset, raskasmineraalitutkimukset ja rakennegeologinen sekä geofysiikan tulkin-

Pirkkalan alueelta on lähetetty runsaasti kultapitoisia kansannäytteitä. Aikaisemmissa tutkimuksissa mm. 1990-luvulla, alueella on tehty tutkimuksia Anian lohkareen lähtöalueen selvittämiseksi. Onni Similän vuonna 1999 Anialta lähettämässä näytteessä oli kultaa 10,1 g/t. Tarkastuskäynnillä näytteestä löytyi lisäksi näkyvää kultaa. Vuosina 2000–2001 alueella tehtiin lohkaretutkimuksia, geofysiikan maastomittauksia, kairauksia, moreenitutkimuksia, sekä malmimineralogisia tutkimuksia. Näkyvää kultaa sisältävän Anian lohkareen lähtöpaikka löytyi kairauksissa. Tutkimusten jälkeen alueelta lähetettiin vielä lisää kultaa sisältäviä lohkareita (Kärkkäinen et al. 2006).

Pirkanmaalla Hämeenkyrön Lavajärven tutkimukset käynnistyivät alueellisten kultaviitteiden sekä lähetettyjen kultapitoisten kansannäytteiden vuoksi vuonna 1996. Vuosina 2002–2003 tehtyjen tutkimusten perusteella ei havaittu merkittävää kullan mineralisointumista. Tutkimukset keskitettiin Lepomäelle ja Pärssärinvuorelle, joissa tehtiin kallioperäkartoitusta, iskuporausta, syväkairausta ja maastogeofysiikan tutkimuksia

(Lehto & Vuori 2006). Ylöjärven Metsäkylän tutkimukset alkoivat jo vuonna 1997, kun malminetsijä Juhani Kankaansivu lähetti kultapitoisia näytteitä tutkittavaksi. GTK:n tutkimuksissa löydettiin kulta- ja arseenipitoinen kvartsiutunut ja hiertynyt plagioklaasiporfyyriitti. Löydetyn esiintymän kultapitoisuus oli korkea, paras kairasydänlävistys oli 27,6 g/t Au (Rosenberg 2000a). Juhani Kankaansivu lähetti myöhemmin myös alueelta vaskaamiaan kultahippuja ja jatkotutkimukset tehtiin vuosina 2000–2002. Jatkotutkimuksissa paikannettiin kultakriittisiä hiertovyöhykkeitä geofysikaalisten mittaus-ten ja iskuporalla suoritettun kallonäytteenoton avulla. Alueella saattaa olla taloudellisesti mielenkiintoinen kultamineralisaatio (Lehto 2004).

Varsinais-Suomessa Paimion Korvenalan alueella suoritettiin kultatutkimuksia vuosina 1996–1998. Tutkimukset saivat alkunsa lukuisista kultapitoisista kansannäytteistä, joissa osaan liittyi korkeita kultapitoisia sekä näkyviä kultarakeita. Vuonna 1996 malminetsijä Veli-Matti Koivula lähetti näytteitä, joissa oli paljain silmin nähtäviä kultarakeita. Alueella tehtiin geokemiallisia moreenitutkimuksia, geofysikaalisia maastotutkimuksia, kairauksia ja raskasmineraalitutkimuksia. Kairaukset eivät tuottaneet merkittäviä tuloksia. Kiireellisempien töiden ja resurssien vähäisyyden vuoksi tutkimukset päätettiin alueella toistaiseksi keskeyttää, mutta selvää on, että alueen kivilajit ovat huomattavan anomaalisia kullan suhteen (Rosenberg 2000b).

Varsinais-Suomen tutkimuksista mainittakoon myös Halikon Kultanummen tutkimukset. Tutkimukset aloitettiin vuonna 2001 malminetsijä Veli-Matti Koivulan lähettämien kultapitoisten näytteiden johdosta. Koivula oli lähetettyjen näytteiden lisäksi löytänyt vaskaamalla kultarakeita moreenista. Kultarakeiden löytöpaikalla tehtiin syväkairauksia, joiden tuloksena oli 1–6 metrin matkalla 0,5–6 g/t kultaa. Kohteella tehtiin lisäksi raskasmineraalitutkimuksia, magneettisia mittauksia ja IP mittauksia. Syväkairausten perusteella korkeimmat pitoisuudet esiintyivät ensimmäisten hippujen löytöpaikan alueella. Vuonna 2004 tehtiin lisää syväkairausta edellisen kohteen jatkeiden etsimiseksi. Kairausten tuloksiksi saatiin maksimissaan yhden metrin matkalla 10 g/t. Tästä syystä kairauksia jatkettiin edelleen vuonna 2005. Kairauksissa kultapitoista vyöhykettä voitiin seurata 175 metrin matkalla. Alueella tehtiin myös geofysikaalisia maastotutkimuksia, kallioperätutkimuksia, raskasmineraaliseparointia, moreenitutkimuksia sekä kallonäytteenottoa. Lopulta valtauksista luovuttiin, koska yhtenäistä ekonomisesti kannattavaa

malmiesiintymää ei voitu osoittaa (Kärkkäinen 2007). Kärkkäinen (2007) esittää raportissaan, että tutkimuksia kannattaa jatkaa heti, kun resurssit sen sallivat.

Etelä-Suomen läänissä Lappeenrannan Joutsenon alueella on kansannäytteen perusteella tutkittu mm. Lipiälän, Kuurnanpohjan ja Kurkikankaan kohteita. Lipiälän alue sijoittuu ns. Telkkälän nikkelivyyöhykkeen kaakkoisosaan. Alueelta oli saatu kansannäytteenä useita nikkelimalmiviitteitä, joiden lähtöalue haluttiin selvittää. GTK on tehnyt alueella malmitutkimuksia kahdessa vaiheessa vuonna 1996 ja Väli- ja Etelä-Suomen nikkelipotentialin arviointi -hankkeen aikana vuosina 2007–2009. Parhaassa kallionäytteessä oli nikkeliä 0,97 % ja kuparia 0,31 %. Lipiälän alueen sähköiset anomaliat osoittautuivat joko sulfidipitoisten liuskeiden tai sulfidipitoisten gabrojen aiheuttamiksi. Tutkitut Ni-Cu-mineralisaatiot ovat kooltaan pieniä ja niiden pitoisuudet alhaisia. Kansannäytteen Raimo Ronkasan mukaan nimetyn Ronkasan malmin mineralisaation korkeimmat pitoisuudet olivat 0,7 % nikkeliä ja 0,4 % kuparia, mutta lävistys oli vain viisi metriä pitkä (Tiainen et al. 2010).

Joutsenon Kuurnanpohjan tutkimukset saivat alkunsa myös malminetsijä Raimo Ronkasan lähettämien nikkelipitoisten näytteiden pohjalta. GTK teki alueella vuosina 2009 ja 2010 geofysiikan mittauksia sekä kairauksia. Tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella sulfidipitoisen gabrointruusion nikkelij- ja kuparimalmipotentialia. Tutkimuksissa kairatun gabrointruusiosta analysoidun sulfidifaasin nikkelipitoisuus jäi alle kahden prosentin. Kohteen tutkimuksia ei jatkettu, koska alueelta puuttuvat ultramafiset kivilajityypit ja on epätodennäköistä, että esiintymä olisi taloudellisesti potentiaalinen (Halkoaho 2012).

Taipalsaaren Sudenniemen tutkimukset saivat alkunsa myös Raimo Ronkasan lähettämistä nikkelinäytteistä. Sudenniemen alueella suoritettiin kairausta vuonna 2009. Ensimmäiset kairareitit tehtiin Raimo Ronkasan lähettämän sulfidipitoisen paljastumanäytteen kohdalle, mutta kairauksilla ei löytynyt merkittävää sulfidipitoisuutta (Halkoaho 2012).

8.3 Jatkotutkimukset Keski- ja Itä-Suomessa

Itä-Suomen alueella malmitutkimukset ovat painottuneet nikkeli-sinkkiesiintymiin ja kansannäytteiden merkitys ei näytä olevan aivan niin korostunut, kuin Etelä- ja Länsi-Suomen kultatutkimuksissa. Kansannäytteistä on kuitenkin saatu hyviä viitteitä ja tutkimusaiheita.

Itä-Suomen arkeisten alueiden I -tutkimushankkeen aikana vuosina 1992–2001 GTK vastaanotti yhteensä 613 kansannäytettä eri puolilta hankealuetta. Näistä analysoitiin 592 näytettä ja tuloksen perusteella 98 arkistoiitiin. Suuri analyysiprosentti on seurausta siitä, että kansannäytteiden lähettäjät ovat etsineet ammattimaisesti hyvin malmipotentialiaalisia näytteitä. Suomussalmen vihreäkivivyöhykkeeltä Kuikkapuron (Kuikka), Seipelän ja Laukkasenniemen alueilta lähetetyt näytteet sekä Kuhmon vihreäkivivyöhykkeeltä lähetetyt Timolan, Mujesuon, Louhiniemen näytteet sekä Lieksan Ruunaan näytteet antoivat merkittävää tietoa näiden alueiden malmipotentialista. Edellä mainituista alueista, Suomussalmen Kuikan tutkimukset alkoivat vuonna 1998, kun malminetsijä Väinö Kempainen oli löytänyt useita kultapitoisia lohkkareita ja lähettänyt ne tutkittavaksi. Löytöalueella suoritettiin kallioperäkartoitusta, geofysiikan mittauksia ja kairauksia. Tutkimuksilla ei paikannettu kultaminalisaatiota, mutta alue on potentiaalinen tulevia tutkimuksia varten (Luukkonen 2014).

Itä-Suomen arkeiset alueet II -hankkeen toimintaraportissa (Pietikäinen et al. 2005) kuvataan vuosina 2001–2004 tehtyjä tutkimuksia Kuhmon, Nurmeksen, Lieksan ja Hyrynsalmen alueilla. Hankkeen loppuraportissa käsitellään useita eri tutkimusaiheita, joissa kansannäytteet ovat olleet apuna. Kansannäytteiden perusteella tutkitut kulta-aiheet sijaitsivat Kuhmon vihreäkivivyöhykkeellä. Tutkimukset tuottivat mm. Lötön, Pahasuon, Hietaperän sekä Piilolan kulta-aiheet. Lötön alueelta vuonna 2000 kansannäytteenä lähetetyssä näytteessä oli kultaa 4 g/t. Alueella tehtiin tutkimuksia vuosina 2000–2001. Lötön alueen kultapitoisuudet jäivät tarkemmissa tutkimuksissa alhaisiksi. Oiva Kinnusen Kuhmon Pahasuolta lähettämässä kallionäytteissä arseenikiisupitoisten kvartsijuonien kultapitoisuus oli 8,24 g/t. Syväkairauksissa löytyi noin 7 metriä paksu vyöhyke, jossa oli anomaalisen korkeita arseeni-, antimoni-, lyijy- ja sinkkipitoisuuksia. Kultaa sisältävässä horisontissa oli korkeita kultapitoisuuksia. Yhdessä poimuttuneessa

kvartsijuonessa kultapitoisuus oli 572 g/t. Raportissa suositellaan jatkotutkimuksia erityisesti Lötön ja Pahasuon alueelle (Pietikäinen et al. 2005).

Itä-Suomen arkeiset alueet II -hankkeen alkaessa edeltävän hankkeen jälkeen oli tiedossa useita kultaesiintymiä Kuhmon vihreäkivivyöhykkeeltä sekä sen eteläpuolelta. Näistä eräs mielenkiintoinen on nk. Sepposen aihe Kuhmon eteläosassa. Sepposen kulta-aihe sijaitsee Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen ulkopuolella. Aiheen tutkimukset saivat alkunsa vuonna 1992 lähetetyn kultanäytteen perusteella. Sepposen kohteessa tehtiin geofysiikan mittauksia ja kallioperästä otettiin uranäytteitä, mutta pitoisuudet jäivät laadultaan kohtalaisiksi. Kuhmon vihreäkivivyöhykkeiltä on löydetty lukuisia kultaesiintymiä, jotka ovat osoitus vyöhykkeiden merkittävästä kultamalminpotentiaalista (Luukkonen et al. 2002, 252).

Itä-Suomen arkeisten alueiden malmitutkimushankkeen aikana myös arkeisten komatiittisten nikkelimalmien etsintää tehtiin Kuhmon vihreäkivivyöhykkeellä, sekä sen ulkopuolella Kuhmon, Lieksan sekä Nurmeksen alueilla. Näiltä alueilta on lähetetty hyviä nikkelpitoisia kansannäytteitä, jotka osoittavat niiden olevan viitteitä potentiaalisista komatiittisista nikkelimalmeista. Muun muassa Kuhmon Vuosangan alueelta etsittiin kansannäytteenä lähetetyn noin 1 % nikkeliä sisältävän fuksiittikvartsiittilohkareen lähtöpaikkaa. Tutkimusmenetelminä käytettiin geofysikaalisia mittauksia, geologista kartoitusta sekä syväkairauksia. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää alueelta löydetyn nikkeliä sisältävän lohkarin lähtöpaikka. Kairaukset eivät tuoneet uusia suoria viitteitä nikkelimalmista, joten valtauksista päätettiin luopua. Lohkarin lähtöpaikka on vielä selvittämättä (Pietikäinen 2005). Kuhmon Jonkerista lähetettiin vuonna 2003 2,2 % nikkeliä sisältävä lohkar. Jonkerin alueella tehtiin geologista kartoitusta ja kairauksia. Jonkerista on lähetetty myös hyviä kultapitoisia lohkariteita. Malminetsijä Jorma Myöhänen on lähettänyt kultapitoisia näytteitä, joiden tiimoilta alueelle on vuonna 2013 tehty GTK:n toimesta lohkar-etsintää (Halkoaho et al. 2016).

Geologisen tutkimuskeskuksen Itä-Suomen yksikön eräs malmitutkimusten päätavoitteista on ollut selvittää Lieksan kaupungin keskustan alueelta kansannäytteenä lähetettyjen nikkeli-rikkeiden (2,6 % ja 7,8 % Ni) lohkariden, ja vuonna 2003 Lieksan pohjoisosasta Raimo Ohtosen lähettämän 2,24 % nikkeliä sisältävien serpentiniittilohkariden lähtöpaikat. Nikkelpitoisen lohkarin lähtöpaikkaa ei tutkimuksissa löydetty, mut-

ta potentiaalisin lähtöalue on Kuhmon eteläosaan sijoittuva Jonkerin, Karhivaaran, Tervasvaaran ja Eeronvaaran ultramafisten pahkujen muodostama vyöhyke (Halkoaho & Niskanen 2006, 42).

Malminetsijä Onni Silvennoinen lähetti vuonna 1988 Lieksan Änäkäisen Markenlammen väliseltä alueelta lohcareen, jonka kuparipitoisuus oli 1,45 % ja nikkelpitoisuus 0,5 %. Lohkare löytyi metsäkoneurasta ja sen arveltiin olevan kooltaan 1m³. Alueella tehtiin tutkimuksia vuosien 1988–1989 välisenä aikana. Tutkimusten aikana tehtiin lohcare-etsintää, geologista kartoitusta, moreenistratigrafisia tutkimuksia ja geofysiikan mittauksia sekä kairausta. Vuonna 1990 lohcareesta tehtiin petrografinen ja mineraloginen selvitys (Pekkarinen 1990). Markenlammen lohcareen lähtöaluetta ei tutkimuksissa toistaiseksi ole löytynyt, mutta on arveltu, että Pesovaaran alue saattaisi olla mahdollinen lähtöpaikka (Halkoaho & Niskanen 2006). Sekä Raimo Ohtosen että Onni Silvennoinen löytämät serpentiniittilohkareet osoittavat, että Lieksan ja Nurmeksen alueilla saattaa olla massiivinen nikkeliesiintymä. Seuraava vaihe olisi Lieksan, Nurmeksen sekä Kuhmon alueella suoritettavat lisätutkimukset, mm. kairaamalla systemaattisesti alueiden ultramafisia pahkuja (Halkoaho & Niskanen 2006).

Etelä-Savossa Juvalla on tehty useita eri tutkimuksia kansannäytteinä 1960-luvulla löytyneiden kupari- ja nikkelpitoisten lohcareiden lähtöalueen selvittämiseksi. Tutkimusten perusteella vuosina 1978 sekä 1984 alueella suoritettiin syväkairauksia ja mm. Lumpeisen peridotiitti-serpentiniittikivi oli tyypiltään samankaltaista, kuin löydetyt lohcareet, mutta sulfidipitoista rikastumaa ei tavoitettu (Makkonen 1985). Juvan Kivikkokankaan tutkimukset saivat alkunsa vuonna 1988 lähetetyistä näytteistä, joissa paras näyte sisälsi nikkeliä 0,34 % ja kuparia 0,30 %. Kivikkokankaalla tehtiin lohcare-etsintää, kallioperäkartoitusta, geofysiikan mittauksia sekä iskuporanäytteenottoa. Löydetyssä Kivikkokankaan peridotiittipahkussa ei ollut kuitenkaan merkittäviä pitoisuuksia (Makkonen 1992). Tutkimuksia jatkettiin kairauksin vuonna 2010. Keväällä 2014 tehtiin vielä neljä kairausreikää. Lohcareiden lähtöalue on vielä löytymättä (Halkoaho et al. 2016).

Kainuussa Ristijärvellä Ahven-Koukeron alueen tutkimukset saivat alkunsa kansannäytteenä lähetetystä kuparipitoisesta kallionäytteestä. Löytöalueen paljastumien puuttuessa kohteella tehtiin geofysiikan mittauksia kuparikiisupitoisen kallioalueen laajuuden tut-

kimiseksi. Kairauksissa korkein kuparipitoisuus oli 2,3 %, mutta rikastuneen vyöhykkeen jatkuvuutta ei selvitetty (Halkoaho et al. 2016).

Paltamon Junttilanniemen kerrosintruusiota tutkittiin vuonna 2010 Nurmeksen Näätävaaran alueelta kansannäytteenä lähetetyn platinametallirikkaan näytteen vuoksi. Lähetetyssä gabronoriittilohkareessa oli nikkeliä 0,14 %, kuparia 0,38 %, rikkiä 0,7 % palladiumia 6,83 g/t, platinaa 1,56 g/t sekä kultaa 0,18 g/t. Tutkimusten tarkoituksena oli selvittää Junttilanniemen kerrosintruusion nikkeli-, kupari- ja PGE-potentiaalia. Tutkimusten tuloksena intruusion stratigrafia täydentyi kolmella yksiköllä, jotka olivat ultramafisia, sekä samalla löytyi viisi platinametalista rikastunutta vyöhykettä. Kuitenkaan Nurmeksestä löydetyn kansannäytteen kaltaisia platinametallien pitoisuuksia ei löytynyt (Halkoaho 2012).

GTK aloitti tutkimukset Siilinjärven Keskimmäinen-nimisellä alueella kesällä 2010. Alueelta on lähetetty kansannäytteinä vuonna 1958 sekä edelleen 1980-luvulla sulfidipitoisia gabrolohkareita. Alueen etsintähistoria alkoi joulukuussa vuonna 1958, kun tietä tehtäessä löytyi kalliopaljastuksen ja räjäytysten yhteydessä gabro, jossa oli magneettikiisua sekä kuparikiisua. Parhaan näytteen nikkelpitoisuus oli 1 %. Vuonna 1959 Outokumpu Oy teki löytöalueella geofysiikan mittauksia. Kahdensadan metrin päästä löytöpaikasta löytyi 200 metriä pitkä sähköinen ja magneettinen anomalia, joka kairattiin vuonna 1961. Anomalian aiheuttajana oli rikki- ja magneettikiisua sisältävä grafiittipitoinen gneissi. GTK:n tutkimuksissa vuonna 2010 Keskimmäisen tien ojat avattiin kairavinkoneella, jolloin tien ojasta nousi esille useita sulfidipitoisia gabrolohkareita. Näistä kaksi analysoitiin, joista toisessa oli rikkiä 17,2 %, nikkeliä 0,8 %, kuparia 0,6 % ja kobolttia 0,07 %. Toisessa näytteessä oli sulfidipisaroita, joista isoimmat olivat halkaisijaltaan jopa 1,5 cm, sisältäen rikkiä 7,45 %, nikkeliä 0,37 %, kuparia 0,36 % ja kobolttia noin 0,03 %. Gabron rajaamiseksi alueella suoritettiin vuosina 2010–2011 geofysiikan mittauksia sekä vuonna 2011 kairauksia, yhteensä 1432,3 metriä. Kairauksissa merkittävää sulfidipitoisuutta ei tavattu. Jatkotutkimusehdotuksena loppuraportissa ehdotetaan tehtäväksi lisää kairauksia. Gravimetrisen aineiston perusteella on mahdollista, että gabrointruusio jatkuu tonaliittisten gneissien alla länteen Lapinjärven suuntaan lähes kahden kilometrin matkalla (Halkoaho 2012).

Keski-Suomen malmipotentialin kartoitushankkeen yhteydessä tutkittiin Pieksämäen Lammusteella Teuvo Heikkisen vuonna 2013 lähettämien kulta-, kupari- ja sinkkirik-

kaiden lohcareiden alkuperää. Tutkimuskohde kuuluu laajaan Kangasniemen–Pieksämäen drumliinikentään, joka on heikosti paljastunutta. Alueella tehtiin lohcaretsintää, kallioperäkartoitusta, syväkairausta, geofysikaalisia mittauksia sekä tutkimuskuopista moreenistratigrafisia tutkimuksia. Tutkimuksen tuloksena mahdollisen malmin todettiin liittyvän emäksisen vulkaniitin ja kvartsidioriitin välisen kontaktin muuttumisvyöhykkeeseen. Vyöhyke kulkee lohcareiden löytöpaikalla olevan drumliinin länsilaitaa pitkin ja noin 700 metriä luoteeseen lohcareiden löytöpaikalta. Tehtyjen tutkimusten perusteella todennäköinen lohcareiden lähtöalue on rajattu, mutta asian varmistamiseksi ja kohdentamiseksi tarvitaan tarkentavia geofysiikan tutkimuksia ja kairauksia (Solismaa et al. 2016).

8.4 Jatkotutkimukset Pohjois-Suomessa

Pohjois-Suomen kultavarojen kartoituksen yhteydessä 2000-luvulla on tehty kansannäytteisiin perustuvia tutkimuksia Pukinselässä Tervolassa (Karvinen et al. 2007) ja Rovaniemellä Ahvenvaaran ympäristössä. 1990-luvulla tutkimuksia on tehty Tervolan Vammavaarassa, Haukiputaan ja Kiimingin ympäristössä ja Misin ympäristössä Rovaniemen ja Kemijärven puolivälissä (Sarapää et al. 2008).

Tervolassa sijaitsevan Pukinselän alueelta lähetetyissä kansannäytteissä oli kohonneita kulta- ja kuparipitoisuuksia. Lohkareet olivat juonikvartsi- ja diabaasilohkareita, joissa oli magneetti- ja rikkikiisupiroetta sekä kuparikiisuläiskiä. Alueella on ollut aiemmin myös kiviaineslouhoksia, joista on tavattu malmimineraaleja sekä mm. malakiittia. Vuosina 2005–2006 tehdyt tutkimukset käsittivät geologista kartoitusta, sähkömagneettisia maastomittauksia ja kairauksia. Selviä merkkejä kullan tai muiden arvomineraalien runsaammasta esiintymisestä ei näissä tutkimuksissa tavattu, mutta aluetta voidaan pitää potentiaalisena (Karvinen et al. 2007).

Pohjois-Suomen kultavarojen kartoitushankkeen loppuraportissa (2003–2008) mainitaan lyhyesti Rovaniemen Ahvenvaaran nk. Lohelan kultapitoisesta lohcareesta ja siihen liittyneestä lohcare-etsinnästä. Veikko Lohelan lähettämässä näytteessä oli kuparia 5,9 %, kultaa 31 g/t ja palladiumia 0,25 g/t. Alueelta on löytynyt runsaasti lisää erityyppisiä kiisupitoisia lohkareita, joista osa on Lohelan lohcareen tyyppisiä (Sarapää et al. 2008). Rovaniemen Misin alueelta lähetettyjen rautaoksidi-kupari-kultamalmitypin

näytteiden pohjalta Misin-Raajärven alueella on tehty tutkimuksia. Tutkimuksiin kuuluvat lohkare-etsintä, kallioperäkartoitus, geofysikaaliset tutkimukset, maaperätutkimukset ja syväkairaukset. Tutkimukset Misin alueella viittaavat liuskealueen mahdolliseen malmipotentialisuuteen. Raportissa ehdotetaan useita erilaisia jatkotutkimuksia alueelle (Nenonen 2005b, Isomaa 2007).

8.5 Korukivet, teollisuusmineraalit ja rakennuskivet

Lähes kaikki Suomen koru- ja jalokivilöydöistä ovat löytyneet harrastajien lähettämien kansannäytteiden perusteella (Kuva 44–45). Suomesta tunnetaan tällä hetkellä noin satakunta jalo- ja korukiviesiintymää (Kuva 46).

Merkittävimpana jalokivilöytönä voidaan pitää Luumäen jaloberylliesiintymää, jonka Kauko Sairanen löysi vuonna 1982. Kauko Sairasen, Matti Långin ja Risto Pitkäsen perustama Suomen Jalokivikaivos Oy aloitti louhinnan vuonna 1986. Louhos on edelleen toiminnassa ja sen omistaa Karelia Beryl Oy. Muita merkittäviä löytöjä ovat Pohjois-Suomen ametistit Lampivaaralla sekä Yli-Luostolla ja Etelä-Suomessa Helsingin nuummiitti sekä Orimattilan hohtokordieriitti. Erityisen merkittäviä ovat olleet myös Lapin alueelta löytyneet ensimmäiset tunnistetut safiirit ja rubiinit, jalozirkonit sekä smaragdit (Kinnunen 2017, 25).

Kansannäytetoimistoon lähetettyjen korukivien määrä on kasvanut 2010-luvun alusta lähtien. Myös jonkin verran jalokiviä toimitetaan kansannäytetoimistoon tunnistettavaksi. Yleensä harrastajat lähettävät koru- tai jalokivinäytteensä suoraan tutkijoille, jolloin niitä ei voi varsinaisesti luokitella kansannäytteiksi, vaan ennemminkin yhteistyöksi tutkimuksessa ja etsinnässä. Jatkossa (vuoden 2017 aikana) GTK:n tutkimat jalo- ja korukivinäytteet tulevat keskittymään kokonaan kansannäytetoimistoon.

Kansannäytetoimistoon tulleita merkittäviä tai kiinnostavia korukiviä on useita. Usein kyseessä on jo tunnetun esiintymän lähettäviltä löydetty näyte tai yksittäinen lohkare. Tunnetuistakin paikoista tulleet näytteet antavat usein tarpeellista lisätietoa alueen mineraalipotentialista ja yksittäinen lohkare on viite näytteen lähtöpaikasta.

Viime vuosien mielenkiintoisia korukivinäytteitä ovat myös Huittisten seudulta löydetty iso akaattilohkare, joka liittyy läheiseen Sääksjärven törmäyskraatteriin ja tummansini-

nen sinikvartsi Isokyröstä ja jalotopaasikide Kotkan Laajakoskelta sekä vuonna 2015 Eräjärven Viitaniemen louhokselta, vanhan maasälpälouhoksen kivikasoista, löytynyt 691 karaatin jalotopaasi. Vuonna 2010 myönnettiin harrastuspalkinto Vuotson alueelta lähetetyistä lukuisista kalsedoninäytteistä.

Kokonaan uusia koru- ja jalokiviesiintymiä löytyy myös aina silloin tällöin. Vuosien 2012 ja 2013 aikana merkittävimpiä uusia löytöjä ovat olleet Laitilan rapakivi-graniittialueen korukivet, Nurmijärven Ilvesvuoren kuukivi ja Talvivaaran kaivoksen hyötykivilouhoksen thuliittikivi. Aikaisemmin tehdyistä kansannäytelöydöistä mainittavia ovat Helsingin nuummiitti ja Orimattilan hohtokordieriitti. Kordieriitin uusi, korukivimateriaaliksi soveltuva muunnos hohtokordieriitti löytyi kansannäytteenä syksyllä 2003 Orimattilasta (Kinnunen 2004) ja löytäjäkaksikko palkittiin kansannäytepalkinnolla. Hohtokordieriitti valittiin myös Orimattilan kuntakiveksi.

Kansannäytteenä tullut nuummiitti Suomenlinnasta käynnisti GTK:n nuummiittitutkimukset syksyllä 1991, jonka jälkeen nuummiittia löytyi useasta paikasta (Alviola & Lahti 1991). Mielenkiintoinen havainto tähtimäisesti kiteytyneestä kvartsista saatiin myös kansannäytteen avulla (Kinnunen 1997). Kaikkien näiden löytöjen tekijöille on myönnetty kansannäytepalkinnot. Pitkälti harrastajien löytämiin koru- ja jalokivinäytteisiin perustuen GTK julkaisi keväällä 2017 Suomen Korukivet -kirjan (Kinnunen 2017).

Siilinjärven apatiittiesiintymää lukuun ottamatta kansannäytteiden osuus teollisuusmineraalien ja rakennuskivien paikantamisessa on suhteellisen pieni. GTK:n asiantuntijoilta kysyttäessä tuli esiin muutamia teollisuusmineraali- ja rakennuskiviaihteita, joita on louhittu ja jotka on löydetty kansannäytteen avulla. Siilinjärven apatiittikaivos löydettiin jo 1950-luvulla kansannäytteen avulla. Kansannäytteinä löytyi myös 1970-luvulla kromimarmoriesiintymä Kittilässä, jota on louhittu ja myyty *Lappia Green* nimellä. Luonnonkiviaiheesta myönnettiin harrastuspalkinto viimeksi vuonna 2010 useista Paltamon alueelta lähetetyistä vuolukiviviitteistä.

Mielenkiintoisia uusia mineraalihavaintoja tulee myös vuosittain. Vuonna 2012 palkittiin Erich Berger Helsingistä hänen lähettämästään kansannäytteestä. Berger löysi metallista kuparia Helsingin Laajasalosta. Kupari esiintyi ohuina selkeästi silmälle erottuvina levyinä kalimaasälvän sisällä. Näytteistä tehtiin XRD-analyysi Espoon GTK:n

Tutkimuslaboratoriossa. Löytö on mielenkiintoinen, sillä metallisen kuparin esiintyminen on harvinaista. Kuparia sisältävät lohkat ovat lisätutkimuksissa paljastuneet olevan lähtöisin paikallisesta kalliosta. Suomessa metallisen kuparin esiintyminen kalliosta kiinnostaa mm. ydinjätteen loppusijoitukseen liittyvissä tutkimuksissa. Esiintymän metallinen kupari on nähty osoituksena kuparin kestävydestä emäksisten kalliopohjaviesien olosuhteissa (Marcos 1996). Laajasalon mikroskooppisen ohuet kuparikalvot osoittavat nekin kuparin säilyvän miljoonia vuosia kallioperässä. Tästä syystä myös Posiva on osoittanut kiinnostusta Erich Bergerin löydön suhteen (Hietala & Nenonen 2014, 20; Kinnunen 2014).

Löytäjilleen jalo- ja korukivet ovat aarteita. Kansannäytetoimiston tutkimuksen tarkoituksena on paitsi pyrkiä löytämään uusia hyödynnettäviä esiintymiä Suomesta, myös laajentaa kansallista uusien mineraalilöytöjen tietopankkia. Korukivilöydöistä voi olla lisääpua, kun etsitään yhteiskunnalle uusia raaka-aineita, sillä korukivet esiintyvät usein sellaisissa kallioperän heikkousvyöhykkeissä ja muuttuneissa kivissä, joissa myös metalliset malmit viihtyvät. Lisäksi korukiviä löytyy usein hylättyjen kaivosten ja louhosien hylkykivikasoista, mikä on hylättyjen kaivosten kivikasojen parasta uusiokäyttöä.



Kuva 44. Kansannäytteinä löydettyjä korukiviesiintymiä. Satu Hietala, GTK.



Kuva 45. Joensuun kivikerhon löytämä kvartsikidesikerö Enon alueelta sekä kerhon puheenjohtaja Antti Junntilan kvartsikiteestä viestehiottu kivi. Jouko Ranua, GTK.

KORUKIVIESIINTYMIÄ Gemstone occurrences

Kaledoninen vuoristo

Caledonian orogenic belt (0.5 - 0.4 Ga)



Mesoproterotsooisia kiviä

Mesoproterozoic rocks (1.65 - 1.27 Ga)



Rapakivigraniitteja
Rapakivi granites



Sedimenttikiviä
Sedimentary rocks



Diabaasia
Diabase

Paleoproterotsooisia kiviä

Paleoproterozoic rocks (2.50 - 1.66 Ga)



Syväkiviä
Igneous rocks



Pintasytyisiä kiviä
Supracrustal rocks



Lapin granuliittijakso
Lapland granulite belt

Arkeisia kiviä

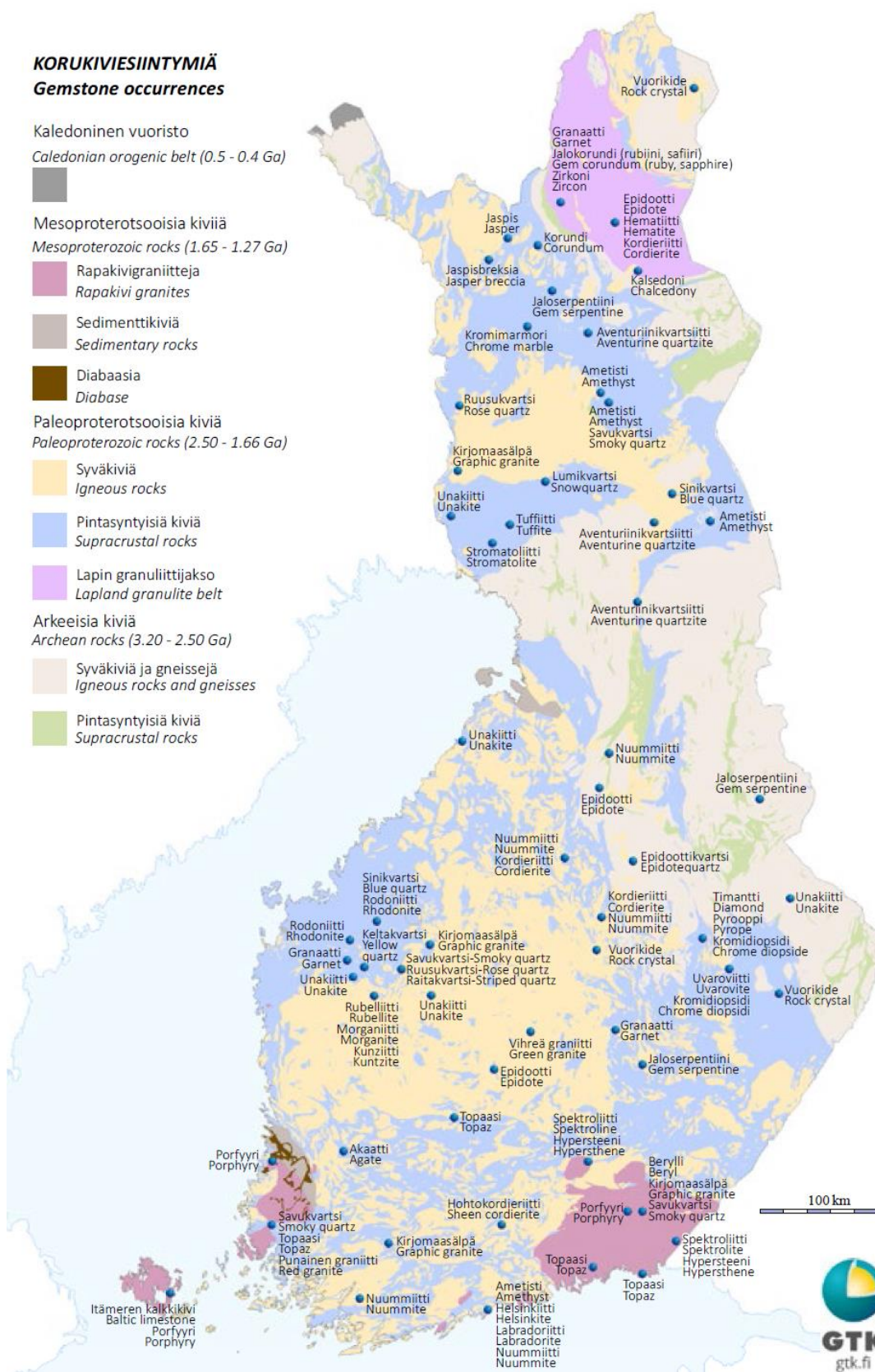
Archean rocks (3.20 - 2.50 Ga)



Syväkiviä ja gneissejä
Igneous rocks and gneisses



Pintasytyisiä kiviä
Supracrustal rocks



Kuva 46. Kartta Suomen korukiviesiintymistä. Kartta on päivitetty vuonna 2017. Kirsti Keskiäsaari, GTK.

8.6 Hi-tech-metallit kansannäytteissä

Sellaisia metallisia alkuaineita, joita käytetään erityisesti uusissa teknologisissa ratkaisuissa, kutsutaan hi-tech-metalleiksi. Perinteisten metallien, kuten raudan, nikkelin, kullin ja hopean rinnalle on noussut uusi hi-tech-metallien ryhmä. Niihin lasketaan yhteensä 32 alkuainetta, muun muassa litium, titaani, koboltti, gallium, germanium, indium, antimoni, niobium, tantaali, harvinaiset maametallit ja platinametallit. Suomen ja koko Fennoskandian kallioperä on varsin potentiaalinen näiden suhteen. Eniten kysyntää maailmalla on harvinaisista maametalleista (REE), joiden maailmanlaajuisesta tuotannosta yli 90 % tapahtuu Kiinassa niin, että maan oma tarve on johtanut vientirajoituksiin ja hintojen rajuun kasvuun (Möller 1989, Hietala 2012c).

Hi-tech-metalleja sisältäviä mineraaleja esiintyy kaikissa kivilajiryhmissä, magmakivissä, metamorfisissa kivissä ja sedimenttikivissä. Taloudellisesti hyödynnettävissä olevat esiintymät liittyvät yleensä karbonaattiteihin, alkalikiviin, graniittipegmatiitteihin, kaoliinirapautumiin, hydrotermisiin muuttumisvyöhykkeisiin, gabroihiin, rautaoksidikupari-kultaesiintymiin ja appiniitteihin. Appiniitit ovat sarvivälke- ja biotiittirikkaista syväkivistä (gabroja, kvartsidioritteja) koostuva kivilajiryhmä, joihin on poikkeuksellisesti rikastunut fosforia ja lantanoideja. Suomessa appiniitteja tunnetaan Keski-Lapin granitoidialueelta (Sarapää 2011).

Kompleksipegmatiiteissa esiintyy monia hi-tech-metalleja. Kompleksipegmatiiteiksi kutsutaan sellaisia graniittipegmatiitteja, jotka sisältävät harvinaisia alkuaineita. Nämä pegmatiitit jaetaan kemiallisen koostumuksen perusteella kahteen pääryhmään, LCT (litium, cesium, tantaali)- ja NYF (niobium, yttrium, fluori) -pegmatiitteihin. LCT-pegmatiitit sisältävät Li-, Rb-, Cs-, Be-, Ga-, Sn-, Hf-, B-, F-, Nb-, Ta-mineraaleja ja NYF-pegmatiitit Y-, REE-, Ti-, U-, Th-, Zr-, Nb-, Ta-mineraaleja. LCT-pegmatiitit ovat kiteytyneet graniittien sisällä tai kontakteissa ja NYF-pegmatiitit ovat kiteytyneet pääsääntöisesti graniittien ulkopuolella. Litiummineraaleja sisältävät LCT-tyypin pegmatiitit ovat Suomessa yleisempiä kuin NYF-pegmatiitit, tosin myös REE-mineraaleja sisältäviä NYF-tyypin pegmatiitteja tunnetaan paikoin Etelä-Suomessa (Alviola 2003, Hietala 2012c).

Harvinaiset maametallit kuuluvat yhtenä ryhmänä hi-tech-metalleihin. Niistä käytetään usein lyhennettä REE, joka tulee englanninkielen sanoista Rare Earth Elements. Niihin kuuluvat alkuaineiden jaksollisesta järjestelmästä kaikki lantanoidiryhmän alkuaineet (15), sekä lisäksi kemiallisesti samankaltaiset alkuaineet yttrium ja scandium. Harvinaiset maametallit jaetaan kahteen ryhmään, raskaisiin HREE (Eu-Lu) ja keveisiin LREE (La-Sm) maametalleihin. Näistä kevyemmän pään lantanoidit ovat yleisempiä maankuoressa (Möller 1989).

Kansannäytteiden analyysituloksissa on perinteisesti kiinnitetty huomiota lähinnä jalo- ja perusmetalleihin. Viime vuosien aikana hi-tech-metalleihin on alettu systemaattisesti kiinnittää huomiota kivien tutkimisvaiheessa sekä analyysitulosten tarkastelussa. Näiden metallien mielenkiintoiset pitoisuusrajat on määritelty GTK:ssa (Taulukko 6). GTK:ssa tehdyn raportin mukaan vuosien 1990–2012 välisenä aikana analysoidujen kansannäytteiden joukosta löytyi noin 1000 näytettä, jotka ylittivät mielenkiintoisten näytteiden pitoisuusrajat (Mattila 2015).

Taulukko 6. Eräiden hi-tech-metallien mielenkiintoiset pitoisuudet kansannäytteistä (GTK:n erikois-tutkija Olli Sarapään mukaan)

Alkuaine	mg/kg
La	>200
Y	>100
Co	>500
Mo	>2000
Li	>300
Sc	>50
Be	>100
V	>1000
Sb	>500
Te	>5
P	>10000
Th	>100
W	>1000
Ti	>24000

Hi-tech-metallit esiintyvät useimmiten harvinaisissa mineraaleissa (esimerkiksi spodumeenissa ja kolumbiitissa), joiden tunnistaminen saattaa olla vaikeaa. Suomesta näitä on mineraaleja kuvattu mm. Al Anin ja Pakkasen (2013) Mini Atlas of REE-minerals in Finnish Bedrocks -raportissa.

Hi-tech-metalleja sisältävien mineraalien tunnistamiseen pätevät samat keinot, kuin tavallisten malmimineraalien tunnistamiseen. Hyvänä apuna ovat mineraalin väri ja viiru, kiilto, kovuus, kidemuoto, asu, ominaispaino, magneettisuus, fluoresenssi ja radioaktiivisuus. Tiedetyt tärkeät lantanoidimineraalit ovat lasi- tai hartsikiiltoisia ja väriltään tummanruskeita tai pikimustia. Myös niobium- ja tantaalimineraalit ovat usein mustia, mutta edellisistä poiketen ominaispainoltaan hyvin raskaita ja selvästi metallinkiiltoisia. Lantanoideja sisältävissä mineraaleissa on monesti toriumia ja ne ovat sen vuoksi radioaktiivisia. Radioaktiivisuutensa vuoksi joidenkin tummien mineraalien ympärille syntyy säteittäinen rikkoutumisrakenne tai ruskeahko reaktiokehä (Kuva 47). Nämä ovat tyyppillisiä muun muassa allaniitilla ja kolumbiitilla. Tällaisia muuttumistuloksia voi käyttää mineraalien tunnistamisen apuna. Säteittäinen rikkoutumisrakenne syntyy, kun mineraalin hila alkaa muuttua. Säteily tunkeutuu mineraalin hilaan, jolloin siinä olevat kemialliset sidokset katkeavat ja se alkaa hapettua ja lopulta muuttuu toiseksi mineraaleiksi. Muuttumisessa mineraalin hila laajenee voimakkaasti ja mineraalin ympärille syntyy rakoilua (Hietala 2012c).

Niobium-tantaali-mineraaleissa rauta, mangaani, kalsium, tina, wolframi ja skandium sekä toisaalta niobium, tantaali ja titaani korvaavat toisiaan. Tämän vuoksi niobium-tantaalimineraalien koostumus voi vaihdella laajasti, samoin väri ja ominaispaino. Väriltään mineraalit ovat usein mustia, metallinkiiltoisia ja ominaispainoltaan puolta raskaampia, kuin syväkivien tummat silikaattimineraalit. Usein kolumbiitti-tantaliitti esiintyy pegmatiiteissa pitkänomaisina pölkkymäisinä tai levymäisinä rombisina kiteinä (Hietala 2012c) (Kuva 48).



Kuva 47. Kuvassa on keskellä allaniitti-Ce eli ceriumpitoista allaniittimineraalia. Allaniitti on monoklininen mineraali, joten sen kiderakenne on hajotessaan synnyttänyt rikkoutumisrakenteita ympärillä olevaan maasälpään. Tämä säteittäinen rikkoutumisrakenne toimii tunnistamisen apuna. Allaniittiosueen koko noin 1 cm. Längelmäki. Satu Hietala GTK.



Kuva 48. Kolumbiitti-(Fe) Kuortaneen Kaatialan vanhasta maasälpälouhoksesta. Kaatialassa kolumbiitti esiintyy usein pölkymäisinä kiteinä tai kiteen murtokappaleina. Näytteen koko noin 5 x 7 cm. Satu Hietala, GTK.

8.7 Meteoriiitit kansannäytteinä

Eräs erikoisempi ryhmä kansannäytteitä ovat meteoriiitit. Kahdensadan vuoden aikana, vuodesta 1813 aina tähän päivään saakka, Suomesta on löydetty ja tunnistettu 13 varmaa meteoriiittia ja näistä seitsemän on nähtyjä putoamisia. Meteoriiittiehdokkaita sekä havaintoja meteoriiittien putoamisista tulee kansannäytetoimistoon vuoden aikana lukuisia. Lähetetyt meteoriiittiehdokkaat ovat yleensä historiallisen ajan raudan valmistuksen yhteydessä syntyntä rauta- tai lasikuonaa. Lisäksi erilaiset muut teolliset tuotteet ovat yleisiä meteoriiiteiksi luultuja kappaleita. Toinen yleinen ryhmä ovat tummat syväkivet, kuten gabrot. Gabroluokan kivien paino, pyöristyneisyys sekä tumma väri ja röpelöinen pinta kiinnittävät usein ihmisten huomion.

Meteoriiitti on Maan pinnalle pudonnut kivimäinen, avaruudesta tullut kappale. Useimmat meteoriiitit ovat peräisin Marsin ja Jupiterin ratojen välistä. Lisäksi tunnetaan useita kymmeniä Marsista sekä Kuusta peräisin olevaa meteoriiittia. Marsista ja Kuusta peräisin olevat meteoriiitit ovat sinkoutuneet avaruuteen suurissa meteoriiittitörmäyksissä. Meteoriiitit läpäisevät ilmakehän pudoten osittain palaneina tai särkyneinä maan pinnalle. Maapallolle putoaa vuosittain muutama tuhat nyrkinkokoista tai sitä suurempaa meteoriiittia. Maapallolta on löydetty tähän mennessä yli 60 000 meteoriiittia. Koostumuksen mukaan meteoriiitit jaetaan kolmeen pääryhmään; kivi-, rauta- ja kivirauta-meteoriiitteihin. Nämä puolestaan jaetaan useisiin alaluokkiin (Notkin 2017).

Heikki Ojan (1978) mukaan tilastollisesti Suomessa saattaa olla löytymättömiä meteoriiitteja jopa viiden kilometrin välein. useimmat meteoriiitit voivat olla aivan maan pinnassa tai korkeintaan metrin syvyydessä. Suuri osa aiemmin löydettyistä meteoriiiteista ovat löytyneet aikoina, jolloin on järjestetty malminetsintäkilpailuja.

Suomen löydetty meteoriiitit ovat olleet yhtä lukuun ottamatta kivimeteoriiitteja. Poikkeuksen muodostaa Marjalahden meteoriiitti, joka on pallasiitti eli kivi- ja rautanikkeli-mineraalien sekoitus. Yhtään rautameteoriiittia ei ole vielä löydetty Suomesta, vaikka tilastollisesti niitä pitäisi olla. Löytöpaikoista päätellen kaikki löydetty meteoriiitit ovat viimeisen jääkauden jälkeen pudonneita. Suomesta löydettyjen meteoriiittien yhteispaino on 416 kiloa ja suurin niistä on Bjurbölen meteoriiitti, jota on saatu talteen yhteensä 328 kiloa. Bjurbölen meteoriiitin avulla on tarkennettu maapallon ikää (mm. Park 2016).

Useimmat Suomen meteoriiteista on löydetty kansannäytteinä ja suurin osa meteoriiteista on löydetty Etelä-Suomen alueelta. Asutuksen tiheys on ollut määräävänä tekijänä putoamisten havaitsemisille ja löydöille. Huittisten (Hvittis) kivimeteoriitti putosi pellolle Huittisten Rajjalaan puolen päivän aikaan 21.10.1901. Meteoriitti teki puoli metriä syvän kuopan, jonka Kustaa Lehtilä löysi peltoa kyntäessään. Kustaa Lehtilä sai sadan markan löytöpalkkion (Kinnunen 1998). Marjalahden meteoriitti putosi klo 22.10 kesäkuun 1. päivänä 1902 Jaakkiman kylän Marjalahteen tuolloiseen Viipurin lääniin. Meteoriitti iskeytyi maanviljelijä J. Koppisen talon vieressä olevaan jyrkkään kallionseinämään, josta meteoriitin kappaleita lennähti noin 50 metrin alueelle. Paikalle matkustanut tohtori Hugo Berghell sai pelastettua Geologisen komissionin kokoelmiin suurimman osan meteoriitista, mutta osa meteoriitista oli jo joutunut innokkaan kaupamiehen omistukseen oletettuna platinakimpaleena (Kinnunen 1998). Marjalahden meteoriitissa on oliviinikiteitä, joita käytetään ekstraterestriaalisen oliviinin koostumuksen standardina (Yoder & Sahama 1957).

Mikkelin (St. Michel) kivimeteoriitti putosi vuonna 1910. Meteoriitin putoamisen havaitsi maanviljelijä Daniel Honkanen tummana putoavana kappaleena, joka ensin näytti tulevan suoraan kohti. Honkanen löysi meteoriitin pellon reunassa olevasta kuopasta (Oja 1978). Meteoriitin löytäjälle Geologisen komission ylijohtaja, professori J.J. Sederholm, lahjoitti perheraamatun. Löytäjä oli nimenomaan pyytänyt palkkioksi jotain ”taivaallista” (Lehtinen 1982, 86–90).

Varpaisjärven meteoriitin löysi vuonna 1913 maanviljelijä Jooseppi Lyytinen Varpaisjärveltä Lukkarilan kylän Tyhäsuon suoniityltä. Sattumalta paikalla käynyt kirkkoherra Hylander epäili kiveä meteoriitiksi ja lähetti siitä pienen palan tutkittavaksi. Tutkimuksissaan J.J. Sederholm tunnisti kiven meteoriitiksi. Meteoriitin löytäjä ei kuitenkaan halunnut luopua kivistä, joten se saatiin ainoastaan kuvattua ja mitattua. Vehkalahden metsäkylän meteoriitin löysi maanviljelijä Kalle Kunnari syksyllä 1938 pellostaan Metsäkylästä Vehkalahdelta Haminan läheltä. Hän lähetti kiven kansannäytteenä tutkittavaksi. Analyysitulosten perusteella näytteessä oli 15 % nikkeliä. Kivistä ei jäänyt mitään jäljelle, koska se hajotettiin kokonaan. Geologisen toimikunnan malmitutkimuksia tuolloin johtanut valtioneologi Martti Saksela lähetti kolme kesäapulaista näytteen emäkalliota etsimään. Etsintöjen epäonnistuttua professori Heikki Väyrynen näki sama-

na syksynä kivistä teetetyt ohuthieet ja tunnisti näytteen meteoriitiksi (Oja 1978, Kinnunen 1998).

Valkealan meteoriitti löytyi vuonna 1962 perunannoston yhteydessä. Se lähetettiin kansannäytteenä Outokumpu Oy:n malminetsintään, jossa tarkkasilmäinen mineralogi Yrjö Vuorelainen tunnisti kiven meteoriitiksi. Maanviljelijä Kauko Piisilä löysi kesällä vuonna 1963 ruosteisen kiven maanpinnalta Salmivaaran kylästä Sallassa. Hän lähetti kiven malminäytteenä Otanmäki Oy:n konttoriin Rovaniemelle (Oja 1978). Näyte herätti mielenkiintoa ainoastaan malminäytteenä, kunnes vierailulla ollut Geologisen tutkimuslaitoksen malmigeologi Veijo Yletyinen tunnisti sen meteoriitiksi (Kinnunen 1998).

Kivesvaaran meteoriitti löytyi toukokuussa, kun paltamolaiset Pertti Huusko ja Esko Leinonen olivat metsänistutustöissä Paltamon Kivesvaaran itäpuolella vuonna 1968. He löysivät suoniityltä lukuisia oudonäköisiä mustia kiviä maanpinnalta. Leinonen lähetti muutaman kiven malminäytteenä Geologiseen tutkimuslaitokseen, mutta pahaksi onneksi kivet olivat mustaliuskealueelta ja ne eivät herättäneet mielenkiintoa tuon enempää silloin. Lähetetyt näytteet oli myös hävitetty. Pertti Huusko itse väitti kivien olevan meteoriitteja. Lopulta hän lähetti niitä lisää tutkittavaksi vuonna 1980. GTK:n erikoistutkija Kari A. Kinnusen tutkimuksen perusteella kivi ei ollut paitsi meteoriitti, vaan hyvin harvinainen hiilikondriitti. Viimeisin löydös on Orimattilan meteoriitti, jonka malminetsijä Keijo Virtanen löysi vuonna 1974 Mallusjoelta etsiessään malmilohkareita eräästä vesikaivannosta (Kuva 49). Outokumpu Oy:n malminetsinnästä mineralogi Yrjö Virtanen tunnisti sen meteoriitiksi (Oja 1978, Kinnunen 1998).

Varsinaisesti geologisia rakenteita ei yleensä ole löytynyt kansannäytteenä mutta asteroidien, meteoroidien tai komeettojen törmäämiseen liittyviä törmäysrakenteita on löydetty harrastajien voimin. Karikkoselän törmäysrakenne löytyi paikallisen asukkaan vihjeestä pyöreästä järvestä (Lehtinen 1998) ja Keurusselkä pirstekartiokivien perusteella (Hietala & Moilanen 2004). Kansannäytetoimistoon tulee usein kansalaisilta ehdotuksia uusista kraatterirakenteista.



Kuva 49. Orimattilan meteoriitti on viimeisin Suomesta löydetty. Meteoriitin löysi Keijo Virtanen vuonna 1974 Mallusjoelta etsiessään malmilohkareita eräästä vesikaivannosta. Mineralogi Yrjö Virtanen Outokumpu Oy:n malminetsinnästä tunnisti sen meteoriitiksi. Näyte on Helsingin luonnontieteellisen keskusmuseon (LUOMUS) kokoelmassa. Satu Hietala, GTK.

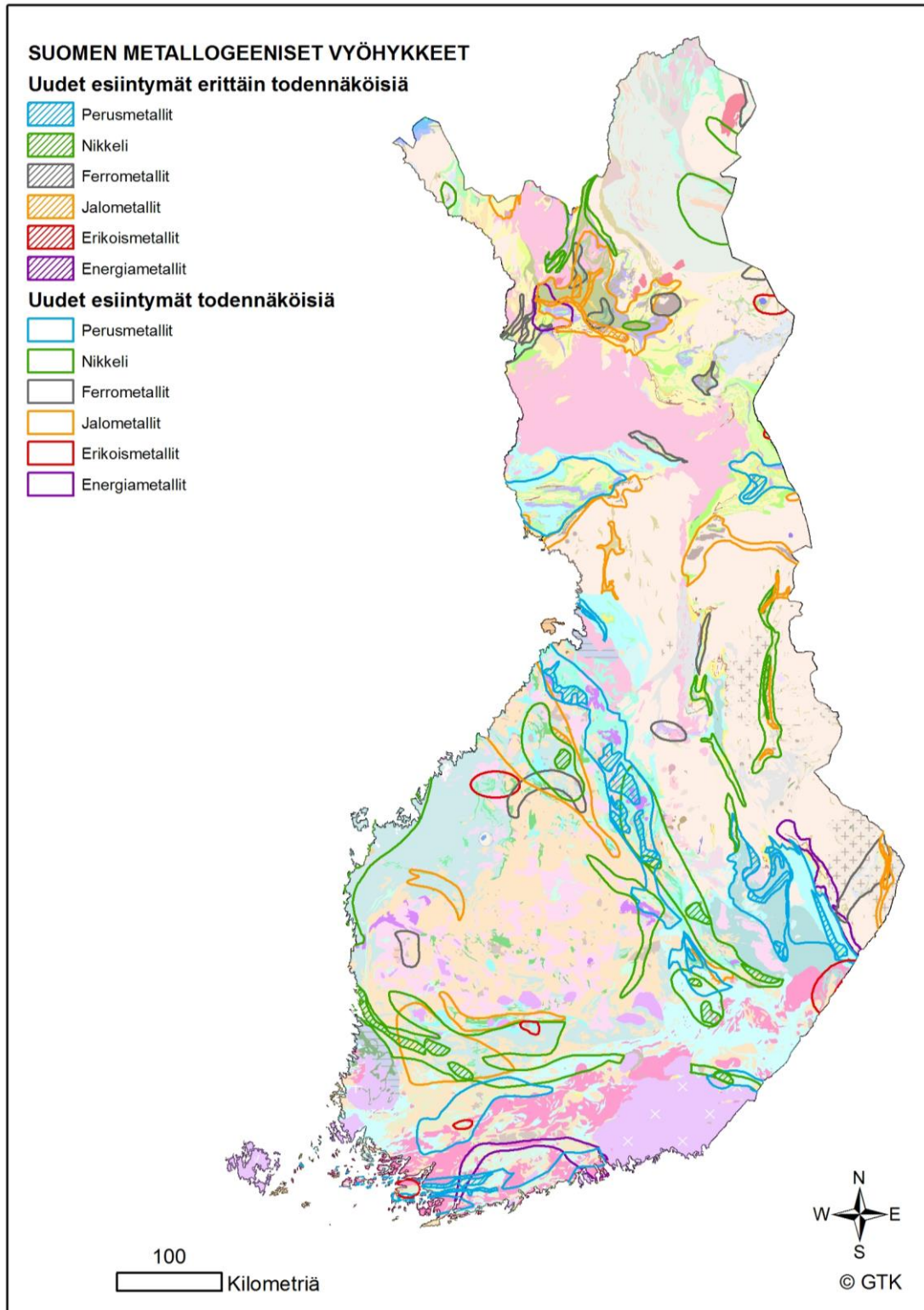
9 Suomen metallogeeniset vyöhykkeet ja kansannäyteaineisto

Suomi on yhä erittäin potentiaalinen maa uusille malmilöydöille. Viime vuosina aktiivisen etsinnän kohteina ovat olleet erityisesti kulta, mutta myös platina, nikkeli, kupari, lyijy, sinkki, teollisuusmineraalit, hi-tech -metallit ja timantit. Malmiesiintymien sijoitumista kontrolloivat tietyt geologiset tekijät ja tätä tieteellistä perustaa käytetään hyväksi malminetsinnässä.

Metallogenialla tarkoitetaan oppia mineraaliesiintymien syntyhistoriasta, sekä niiden alueellisesta sijoittumisesta suhteessa tilaan ja ajanjaksoihin sekä rakennegeologisiin ympäristöihin Maan kuoressa. Metallogeeninen provinssi tai vyöhyke on alue, jolle on ominaista tietyn tyyppiset mineraaliesiintymät tai niissä voi olla yksi tai useampia erilaisia mineralisaatiotyyppisiä (American Geosciences Institute 2013).

Metallogeeninen kartta perustuu tutkittuun tietoon aikaisemmin löydettyjen esiintymien ja pienempien malmilöydösten sijainnista, sekä tietoon maankamaran yleisestä geologisesta rakenteesta. Malmien kannalta otollisilla alueilla mineraaliesiintymät keskittyvät malminmuodostuksen kannalta suotuisiin kallioperän rakenteisiin ja kivilajeihin. Metallogeenisten mallien hahmottamisessa on hyödynnetty tietoa niistä prosesseista, jotka ovat tapahtuneet syvällä maankuoressa (Eilu et al. 2009, Eilu 2012).

Suomen metallogeeniseen karttaan on rajattu tiettyjä metallisia malmeja sisältävät alueet, joiden sisältä on mahdollista löytää uusia esiintymiä. Ne on määritelty alueiksi, joissa on merkittävä potentiaali tietynlaisten geneettisten mineralisaatioiden löytymiselle. Määrittelyt perustuvat tietoon olemassa olevien kaivosten sijainnista, tunnettujen mineraaliesiintymien sijainnista sekä alueelliseen tietoon kallioperästä, sen geofysikaalisista ja geokemiallisista piirteistä. Suomen kallioperästä voidaan erotella 47 metallogeenistä aluetta (Kuva 50), joista 12 aluetta jatkuvat Suomen rajojen ulkopuolelle Norjaan, Ruotsiin sekä Venäjälle (Eilu 2009, 2012, Nurmi & Rasilainen 2015, 753, 767).



Kuva 50. Suomen metallogeeniset vyöhykkeet ja uusille esiintymille potentiaaliset vyöhykkeet. Muokattu Eilu et al. (2009) mukaan. Taustakartta DigiKP, GTK.

Suomen metallogeenisistä alueista 13:lla esiintyy rautametalleja (Fe, Ti, V, Cr). Jalometalleja (Au, Pt, Pd) esiintyy 13 esiintymässä, perusmetalleja 23:ssa (Ni, Cu, Zn, Pb,

Co) sekä hi-tech-metalleja (Be, Li, Mo, Nb, REE, Sc, Sn, Ta, W, Zr) ja uraania yhteensä kymmenessä esiintymässä (Nurmi & Rasilainen 2015, 768).

Metallogeenisten alueiden kokonaispinta-ala Suomessa on 103 824 km², joka kattaa 31 % Suomen maapinta-alasta. Näistä tärkeimpiä metallogeenisiä alueita ovat varantoarvioiden ja arvon mukaan mafiset-ultramafiset intruusiot (Cr, Fe-oksidi-Cu-Au-mineralisaatiot), kerrosintruusiot (Ni-Cu- ja Pt-ryhmän alkuaineet) ja synorogeeniset intrusiiviset nikkeli-kuparimineralisaatiot, orogeeninen kulta sekä vulkanogeeniset massiiviset sulfidiesiintymät (VMS) ja Outokumputyypin Cu-Co esiintymät samoin kuin laaja ja merkittävä Talvivaaran Ni-Zn-Cu-Co-esiintymä-alue (Nurmi & Rasilainen 2015, 768).

Lukuun ottamatta melko pienialaisia arkeoisia orogeenisiä kultaesiintymiä sekä komatiitteihin liittyviä nikkeliyesiintymiä, tunnetuimmat metalliset malmiesiintymät Suomessa ovat muodostuneet maankuoren repeämistapahtumissa paleoproterotsooisella ajanjaksolla 2,45–1,92 miljardia vuotta sitten sekä 1,9–1,8 miljardia vuotta sitten liittyen svekofenniseen vuorijonopoimutukseen. Poikkeuksena näistä on kallioperämme nuorin muodostuma, Soklin karbonatiitti (~ 350 Ma), joka sisältää fosforin lisäksi harvinaisia maametalleja, niobiumia, tantaalia sekä uraania ja on tärkein post-svekofenninen metalliesiintymä Suomessa (Eilu et al. 2009, Eilu 2012, Nurmi & Rasilainen 2015, 766–768).

Geologian tutkimuskeskuksessa on arvioitu Suomen kallioperän löytymättömiä mineraalivarantoja sekä mahdollisia mineraaliesiintymäalueita Ni-Cu-esiintymien, PGE-mineralisaatioiden, VMS-, porfyirikupari ja Outokumputyypisten esiintymien, orogeenisten kultaesiintymien sekä kromiittiesiintymien osalta (Rasilainen et al. 2010, 2012, 2014, 2016, Eilu et al. 2015).

Alueita, joilla tietyn tyyppiset esiintymät ovat mahdollisia geologisesti, kutsutaan mineraaliesiintymien mahdollisiksi esiintymisalueiksi. Mineraaliesiintymätyypin aluerajaus perustuu arviointiin alueen mahdollisesti löytymättömistä mineraaliesiintymistä sekä niiden sisältämistä määristä. Määrät on ilmoitettu tonneissa. Löytymättömällä mineraaliesiintymällä tarkoitetaan sellaista mineraaliesiintymää, jonka oletetaan sijaitsevan alle 1 kilometrin syvyydessä maankuoressa tai se voi olla em. syvyydessä sijaitseva puutteellisesti tutkittu mineraaliesiintymä, joka voi olla riittävän suuri ja luokiteltavissa esiintymäksi. Vastaavasti löytymättömällä mineraalivarannolla tarkoitetaan mineraali-

esiintymiä, joiden olemassaolo perustuu välillisiin geologisiin todisteisiin. (Rasilainen et al. 2012, Eilu et al. 2015).

Suomen löytymättömien orogeenisten kultaesiintymien määrän on arvioitu 50 %:n todennäköisyydellä sisältävän 750 tonnia kultaa. Arvion mukaan 70 % kultavarannoista on puutteellisesti tutkituissa tai kokonaan löytymättömissä esiintymissä. Näistä potentiaalisia alueita ovat Keski- ja Pohjois-Lapin paleoproterotsooiset karjalaiset vihreäkivi-vyöhykkeet ja Hämeen sekä Pirkkalan svekofenniset alueet Etelä-Suomessa. Arkeeisista alueista potentiaalisimpia ovat Itä-Suomen Ilomantsin (Hattu) ja Kuhmo-Suomussalmen alueet. Kaiken kaikkiaan orogeenisten esiintymien, kerrosintrusioiden PGE-esiintymien, porfyryri-kulta-kupariesiintymien sekä VMS-esiintymien löytymättömät kultavarannot ovat arvion mukaan 1 366 tonnia (Eilu et al. 2015).

Synorogeenisten intrusiivisten ja komatiittisten Ni-Cu-esiintymien sisältämät nikkeli-, kupari- ja kobolttivarantojen on arvioitu olevan 50 %:n todennäköisyydellä 760 000 tonnia. Kaikkiaan Suomen löytymättömien nikkeli-esiintymien määrän on arvioitu olevan 4,96 miljoonaa tonnia. Synorogeenisiä mahdollisia löytymättömiä intrusiivisia esiintymisalueita on arvioitu olevan 26 sekä komatiittisia 30 kappaletta. Talvivaara-tyyppisiä Ni-Zn-Cu-Co-esiintymiä ei ole arvioitu. Vastaavasti potentiaalisimmat synorogeeniset intrusiiviset nikkeli-alueet sijoittuvat Keski-Suomen granitoidikompleksia ympäröivälle alueelle. Potentiaaliset synorogeeniset komatiittiset alueet sijoittuvat Pohjois- ja Itä-Suomen vihreäkivivyöhykkeille (Rasilainen et al. 2012).

Näiden lisäksi myös Suomen vulkanogeenisiin massiivisiin sulfidimalmeihin (VMS) liittyvät kupari-, sinkki-, lyijy-, kulta- ja hopeavarannot, porfyryrikupariesiintymiin liittyvät kupari-, molybdeeni-, kulta- ja hopeavarannot sekä Outokumpu-tyyppisiin esiintymiin liittyvät löytymättömät kupari-, sinkki-, nikkeli- ja kobolttivarannot on arvioitu (Rasilainen et al. 2014). Arvion mukaan löytymättömiä VMS-malmien mahdollisia esiintymisalueita on 31, jotka sisältävät 50 %:n todennäköisyydellä 730 000 tonnia kuparia, 1,6 miljoonaa tonnia sinkkiä, 150 000 tonnia lyijyä, 1 100 tonnia hopeaa sekä 16 tonnia kultaa. Löytymättömiä porfyryrikupariesiintymiä on arvioitu olevan kymmenen, sisältäen 50 %:n todennäköisyydellä 2,4 miljoonaa tonnia kuparia, 100 000 tonnia molybdeeniä, 1 000 tonnia hopeaa sekä 170 tonnia kultaa. Outokumpu-tyyppisiä löytymättömiä esiintymisalueita arvioitiin olevan yksi laaja alue, sisältäen 580 000 tonnia kupa-

ria, 220 000 tonnia sinkkiä, 53 000 tonnia kobolttia ja 41 000 tonnia nikkeliä. Potentiaalisimmat VMS-tyyppiset esiintymisalueet keskittyvät Vihanti-Pyhäsalmen alueelle. Porfyrikkupariesiintymien potentiaalisin alue sijoittuu Keski-Pohjanmaan, Tampereen, Hämeen ja Haaparannan alueelle. Kaikista löytymättömistä porfyrikkupariesiintymistä arvelaan 86 % sijoittuvan Keski-Suomen ja Etelä-Suomen alueelle. Kaiken kaikkiaan löytymättömissä VMS-, porfyrikkupari- ja Outokumpu-tyypin esiintymissä on arvioitu 50 %:n todennäköisyydellä olevan ainakin 3,7 miljoonaa tonnia kuparia ja 1,8 miljoonaa tonnia sinkkiä (Rasilainen et al. 2014). Suomen kallioperän löytymättömien podiformisten ja kerrosmyötäisten reef-tyyppisten kromivarantojen on arvioitu sisältävän 50 %:n todennäköisyydellä 350 miljoonaa tonnia kromia. Määrä ei kansainvälisesti ole kovin suuri, vain noin 1 % tunnetuista varannoista, mutta Suomen esiintymät ovat EU:n alueen suurimmat. Suomen tunnetut kromivarannot ovat Kemin alueella. Kemin esiintymän metallisisältö on 28,7 miljoonaa tonnia kromia. Podiformisille esiintymille on rajattu kaksi aluetta Itä- ja Pohjois-Suomessa sekä reef-esiintymille 16 aluetta, jotka sijaitsevat Pohjois-Suomen alueella. Käytännössä löytymättömät varannot sijaitsevat Pohjois-Suomen Koitelaisen, Akanvaaran, Penikoitten, Tornion ja Narkauksen reef-tyypin kerrosintruusioissa (Rasilainen et al. 2016).

9.1 Kansannäyteaineiston tarkastelua

Kansannäytteistä kerättyjä paikka- ja analyysitietoa voidaan verrata arvioituihin Suomen kallioperän löytymättömiin mineraaliesiintymiin, sekä mineralisaatioiden mahdollisiin esiintymisalueisiin. Aineistosta tehtävää vertailua voidaan käyttää apuna kohdenettaessa etsintätyötä. Tietoja voidaan parhaiten hyödyntää kartta-aineiston avulla. Tärkeää on, että kansannäytteiden lähettäjiä voidaan ohjata mielenkiintoisille alueille nykyistä paremmin. Kansannäyteaineiston vertailuaineistoina voidaan käyttää myös Suomen moreeni- ja litogeokemian, lentogeofysiikan sekä maastogeofysiikan aineistoja.

Tähän tarkasteluun on otettu mukaan vain muutamia aineistoja esimerkinomaisesti. Tarkoituksena on antaa kuva siitä, kuinka laajasta ja minkä tyyppisestä aineistosta on kyse. Vertailuaineistoina on käytetty Suomen moreenigeokemian harvapistenäytteenottoaineistoa ja litogeokemian aineistoa. Yhdistelemällä erilaisia karttapohjia ja kansannäyteaineistoja voidaan saada uutta tietoa mahdollisesta mineraalipotentialista eri alueille.

Karttapohjina on käytetty litogeokemiallisen tietokannan (RGDB) aineistoa. Litogeokemiallisen tietokannan aineisto käsittää tiedot 6544 näytteestä, joista on analysoitu 88 alkuainetta ja määritetty 77 eri kivilajia (Ruotoistenmäki 2016) (Kuva 51 A). Geokemian aineistona on käytetty suuralueellisen kartoituksen tietokantaa. Suuralueellisen aineiston näytteenottitiheys on ollut 1 näyte/300 km². Koko Suomen alueelta on analysoitu noin 1000 näytettä (Koljonen 1992) (Kuva 51 B).

Kansannäyteaineistoa on viime vuosien aikana lisätty GTK:n digitaaliseen tietokantaan myös niiden GTK:n ja Outokumpu Oy:lle lähetettyjen kansannäytteiden osalta, joista ei ole olemassa tarkkaa koordinaattitietoa, mutta joista on olemassa analyysitulokset. Näissä tapauksissa näytteelle on annettu sen kunnan (tilanne vuonna 2015) keskipisteen koordinaatit, jonka alueelle näyte sijoittuu. Suomi on jaettu viiden neliökilometrin kokoisiin ruutuihin. Kussakin ruudussa on valittu sen alueelle osuvista näytteistä suurin alkuainepitoisuus. Tämä tehtiin erikseen jokaisen alkuaineen kohdalla. Näin saatu rasteri edustaa kansannäytteiden alkuaineiden maksimipitoisuuksia. Alkuperäisestä yksittäisistä kansannäytepisteistä koostuvasta aineistosta muodostettiin jatkuva pinta interpoloimalla. Tähän käytettiin ArcMap:n työkaluja, Inverse weighted distance (IWD) – interpolointia 50 km hakusäteellä. Syntynyt pinta esitetään kartoilla rasterina, jossa on viiden neliökilometrin ruutukoko (Kuvat 53 A-C, 54 A-C, 55, 56 A-C, 57 A-C). Aineistossa on yhteensä 64 365 kansannäytteen tiedot.

Litogeokemian näytepisteet
(6544)

A

Suuralueellisen kartoituksen näytepisteet
Moreeni (~1000 näytettä)

• TIII_312P_511P_519U_810I_900N

B

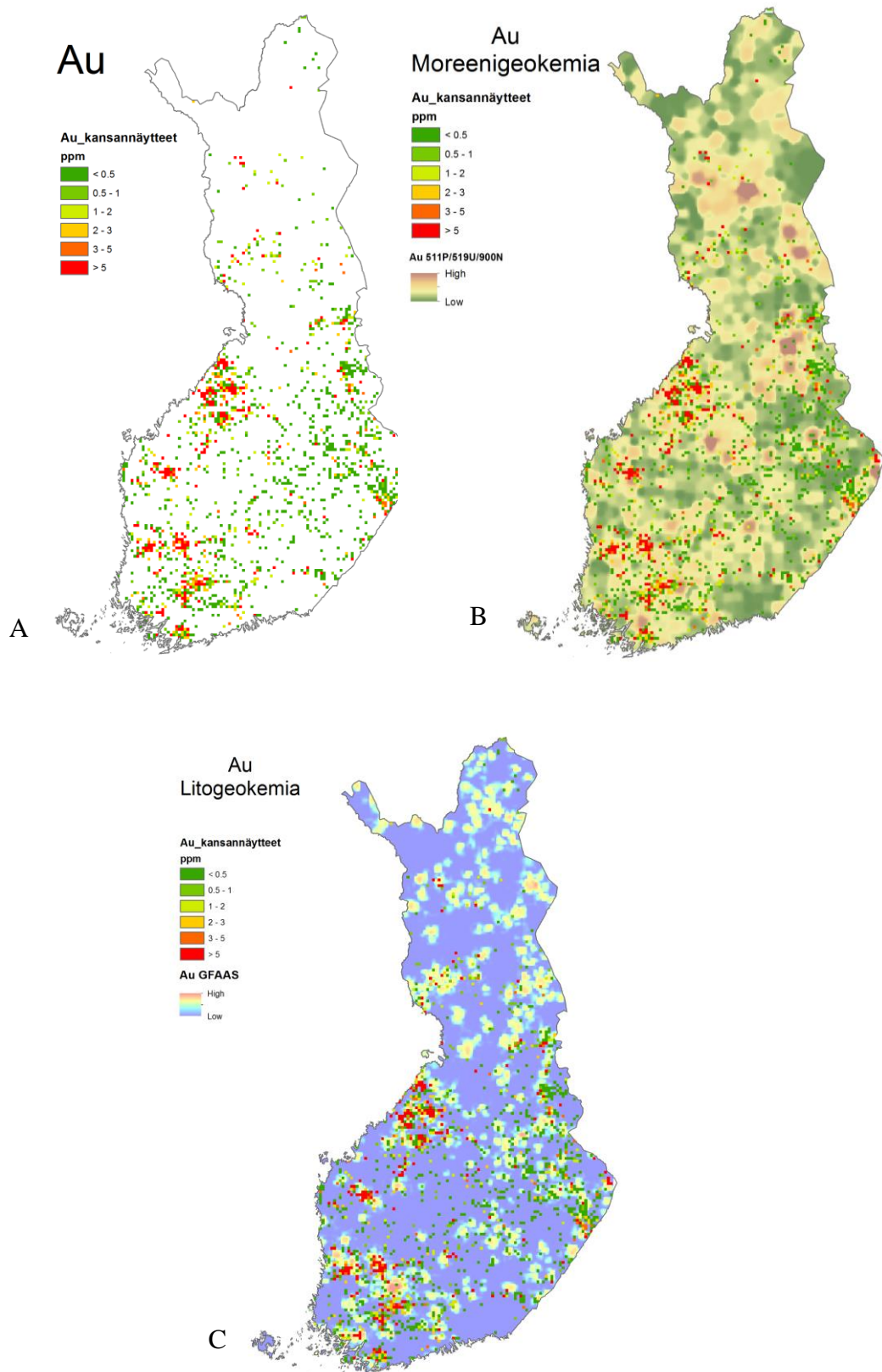
Kuva 51 A ja B. Kuva A kartassa litogeokemiallisen tietokannan aineiston 6544 näytepistettä. Ku-
vassa B suuralueellisen geokemiallisen kartoituksen näytepisteet, noin 1000 näytettä (GTK:n tieto-
kanta).

9.1.1 Kultänäytteet

Kansannäytteistä analysoituja kultapitoisuuksia verrattaessa moreeni- ja litogeokemiallisen näyteaineiston alkuainekohtaiseen analyysiaineistoon voidaan havaita yhtäläisyyksiä, mutta myös eroja (Kuva 53 A-C). Eroja syntyy lähinnä siinä, että selviä kultapitoisuuksien keskittymiä syntyy alueille, joiden kultapotentiaalista ei ole aikaisempaa tietoa.

Kansannäytteiden korkeimmat kultapitoisuudet sijoittuvat pääosin jo tunnetuille ja etsintäarvoltaan potentiaalisimmille alueille, kuten Suomussalmen ja Kuhmon sekä Ilo-mantsin vihreäkivijaksoille, Raahe-Haapajärvi-vyöhykkeelle, Etelä-Pohjanmaan alueelle sekä Tampereen, Pirkanmaan ja Hämeen alueille. Uudenmaan alueella on myös korkeampien pitoisuuksien keskittymä, jossa on kaksi tunnettua VMS-esiintymää, joihin kulta liittyy.

Tunnettujen esiintymisalueiden lisäksi myös Kaakkois-Suomen rapakivigraniittialueen reunavyöhykkeelle sijoittuu korkeita kultapitoisuuksia sisältäviä kansannäytteitä, samoin Keski-Suomen granitoidikompleksin alueella on muutamia keskittymiä. Sen pohjoisosasta tunnetaan kolme kultamineralisaatiota, mutta muuten yleisesti ottaen granitoidikompleksin aluetta on pidetty suhteellisen köyhänä malmiviitteiden suhteen. Viime vuosina sen itäosasta on tullut uusia kultänäytteitä. Mielenkiintoisiksi alueiksi kullan suhteen voikin muodostua granitoidikompleksin itäosa.

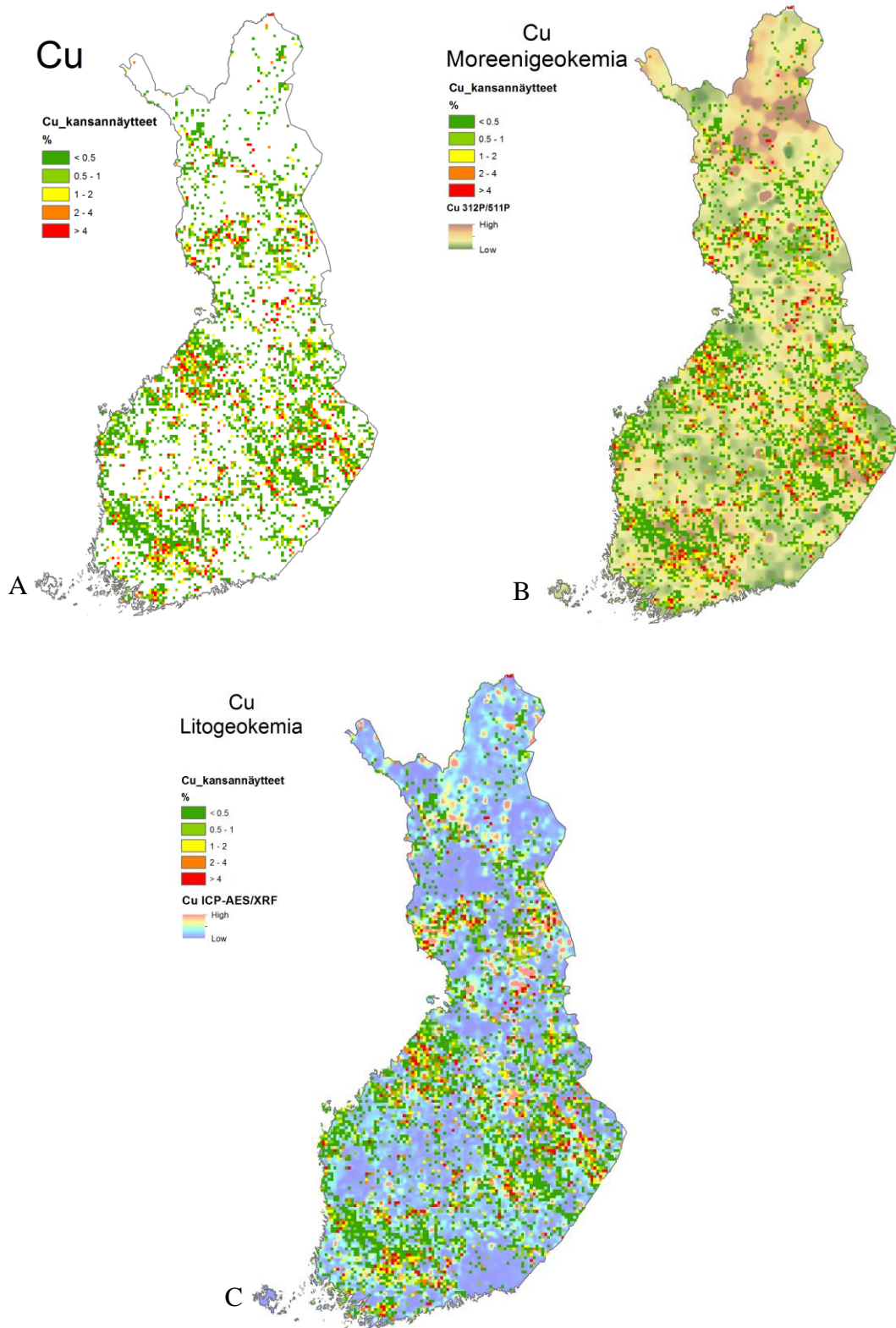


Kuva 53 A-C. Kuvassa A) kultapitoiset kansannäytteet ja niiden sijainti, B) morenigeokemia ja kansannäytteet, C) litogeokemia ja kansannäytteet. Kultapitoisuudet ovat välillä < 0,5 g/t, 0,5–1 g/t, 1–2 g/t, 2–3 g/t, 3–5 g/t sekä > 5 g/t.

9.1.2 Kuparinäytteet

Analysoitujen kuparinäytteiden pitoisuudet on luokiteltu viiteen eri luokkaan, <0,5 %, 0,5–1%, 1–2 %, 2–4 % ja > 4 %. Hyvän pitoisuuden rajana on pidetty 2–4 % ja rikkaan pitoisuuden rajana 5 % tai yli. Suurimmat analysoidut pitoisuudet ovat kymmenien prosenttien luokkaa. Kuparipitoisuuksissa sekä näytteiden määrissä selvää jatkumoa tulee Raahe-Laatokka-vyöhykkeellä. Itä-Suomessa Outokumpu-Polvijärven alueella on kuparinäytteiden keskittymä. Tältä alueelta tunnetaan Cu-Co-Zn-esiintymiä, mutta alueelta on löydetty myös hyviä lohkareaiheita, joiden lähtöalue ei ole tiedossa. Peräpohjan sekä Kuhmon alueilla on myös havaittavissa keskittymiä. Pohjois-Lapin alueella moreeni-geokemian aineistossa on kohonneiden moreenin kuparipitoisuuksien muodostama vyöhyke, joka ilmeisesti liittyy Venäjän puolelta jatkuvaan Lotta Ni-Cu-metalliseen vyöhykkeeseen (Eilu 2012, 9). Litogeokemian aineistossa tämä ei tule niin selvästi esille. Tältä alueelta kansannäytetiedot ovat vähäisiä, mutta kyseiset alueet voisivat olla potentiaalisia esiintymisalueita. Kupari- sekä kultanäytteitä voidaan verrata myös samalla karttapohjalla varsinkin alueilla, joissa on arvioitu olevan mahdollisia porfyryisiä kupari-kultaesiintymiä, esimerkiksi Hämeen vyöhykkeellä (Eilu 2012, 16). Kuparin suhteen kohonneita kansannäytteiden pitoisuuksia on havaittavissa Hämeen alueella (Kuvat 54 A-C).

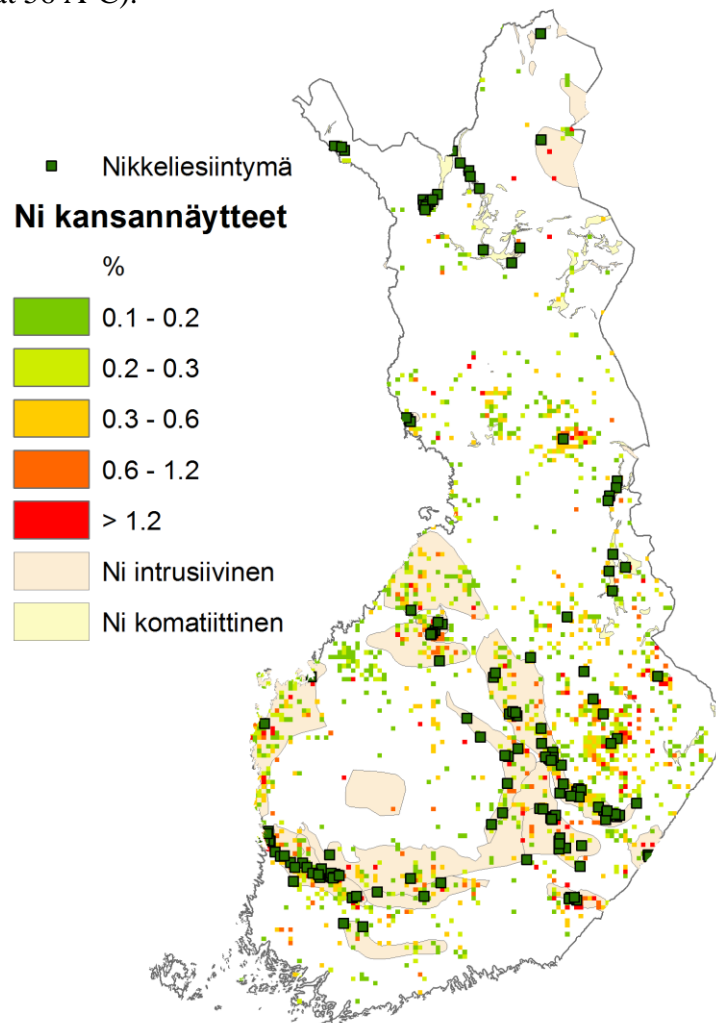
Moreenigeokemian kartassa näkyy selvästi eri maaperämuodostumien vaikutus. Yhdistetyssä kuparipitoisten analysoitujen kansannäytteiden ja moreenigeokemian kartassa Pieksämäen-Keiteleen drumliinikentän kohdalle tulee selvä katkos. Katkos päättyy Kaakkois-Suomen rapakivigraniittialueen pohjoiseen reunavyöhykkeeseen. Lisäksi samankaltaista katkeamista syntyy Kuusamon drumliinikentän alueelle. Litogeokemian kartassa vastaavaa katkeamista ei ole. Tässä mielessä litogeokemian kartan ja kansannäytteiden kartan korrelaatio on todellisempi. Litogeokemian aineisto on kerätty suoraan kallionäytteistä. Moreenigeokemian kartan ero johtuu alkuaineiden laimenemisilmästä. Sama on havaittavissa myös nikkelin suhteen (Kartta 56 A-C).



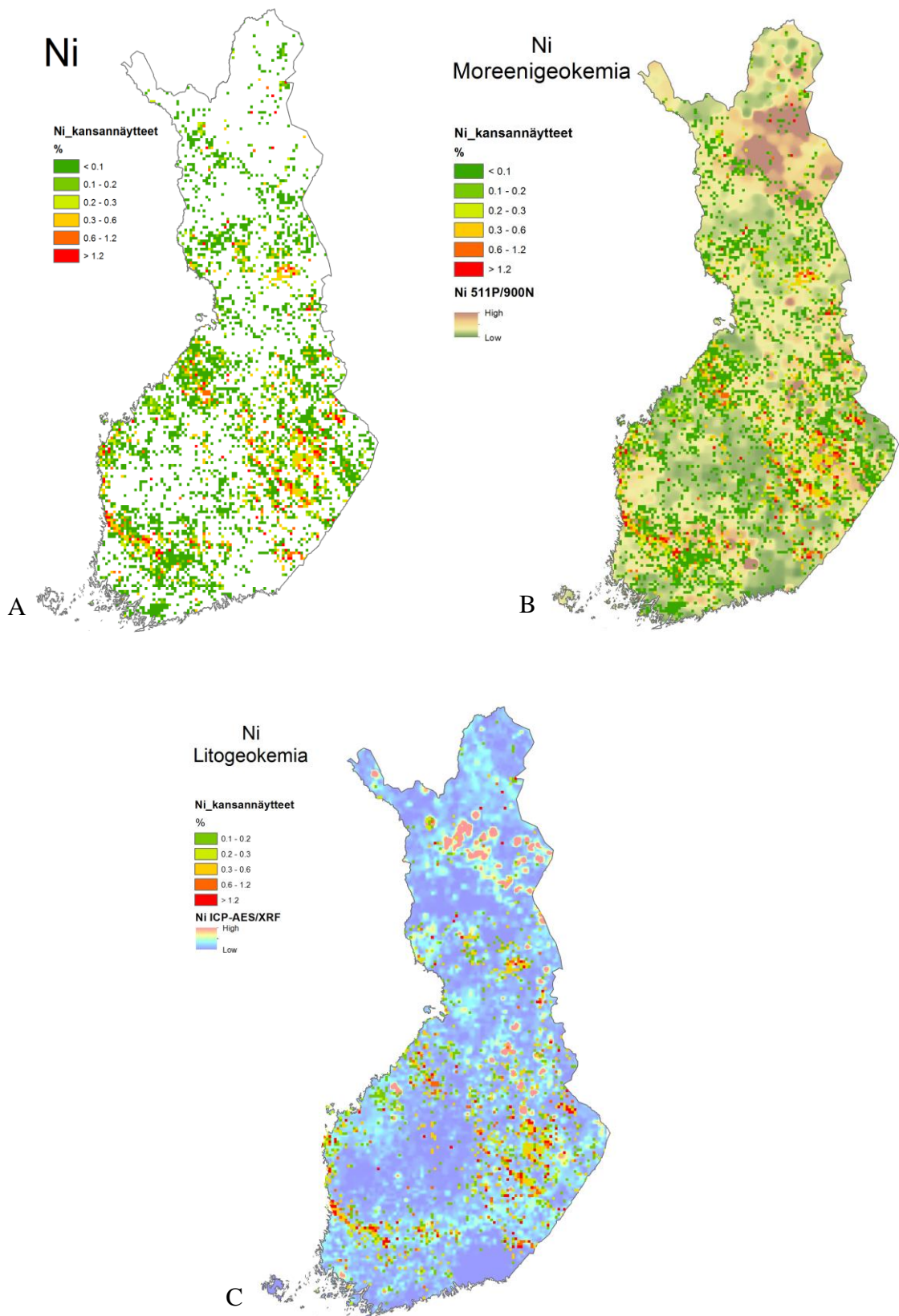
Kuva 54 A-C. Kuvassa A) kuparipitoiset kansannäytteet ja niiden sijainti, B) moreenigeokemia ja kansannäytteet C) litogeokemia ja kansannäytteet.

9.1.3 Nikkelinäytteet

Nikkelinäytteitä sekä kuparinäytteitä vertaamalla voidaan etsiä alueita, joissa voi olla mahdollisia synorogeenisiä intrusiivisia tai komatiittisia Ni-Cu-esiintymiä (Kuva 55). Kuten kansannäytteiden kuparipitoisuudet, myös nikkelipitoisuudet tulevat selvästi esille Raahe-Laatokka-vyöhykkeellä. Moreenigeokemian kartassa pohjoisen Lapin alueella on laajoja alueita, joiden nikkelipitoisuudet näyttävät olevan koholla. Kansannäyteaineistossa Koillismaan alueella on hyvien nikkelipitoisuuksien keskittymä. Korkeita kansannäytteiden pitoisuuksia esiintyy myös Penikat-Portimo alueella sekä selvästi myös Pirkkalan alueella. Kohtalainen nikkelipitoisuus tulee esille Itä-Suomessa alueilla, joissa on ollut kaivostoimintaa (Tainiovaara Lieksa, Hammaslahti Joensuu, Kotolahti Leppävirta ja Telkkälä Taipalsaari). Näiltä alueilta on tullut hyviä kansannäytteitä myös viime vuosina (Kuvat 56 A-C).



Kuva 55. Komatiittisten ja intrusiivisten nikkeliesiintymien mahdolliset esiintymisalueet, tunnetut esiintymät sekä kansannäytteet, joiden nikkelipitoisuus on välillä 0,1–0,2 %, 0,2–0,3 %, 0,3–0,6 %, 0,6–1,2 % ja joiden Ni-pitoisuus on yli 1,2 %.

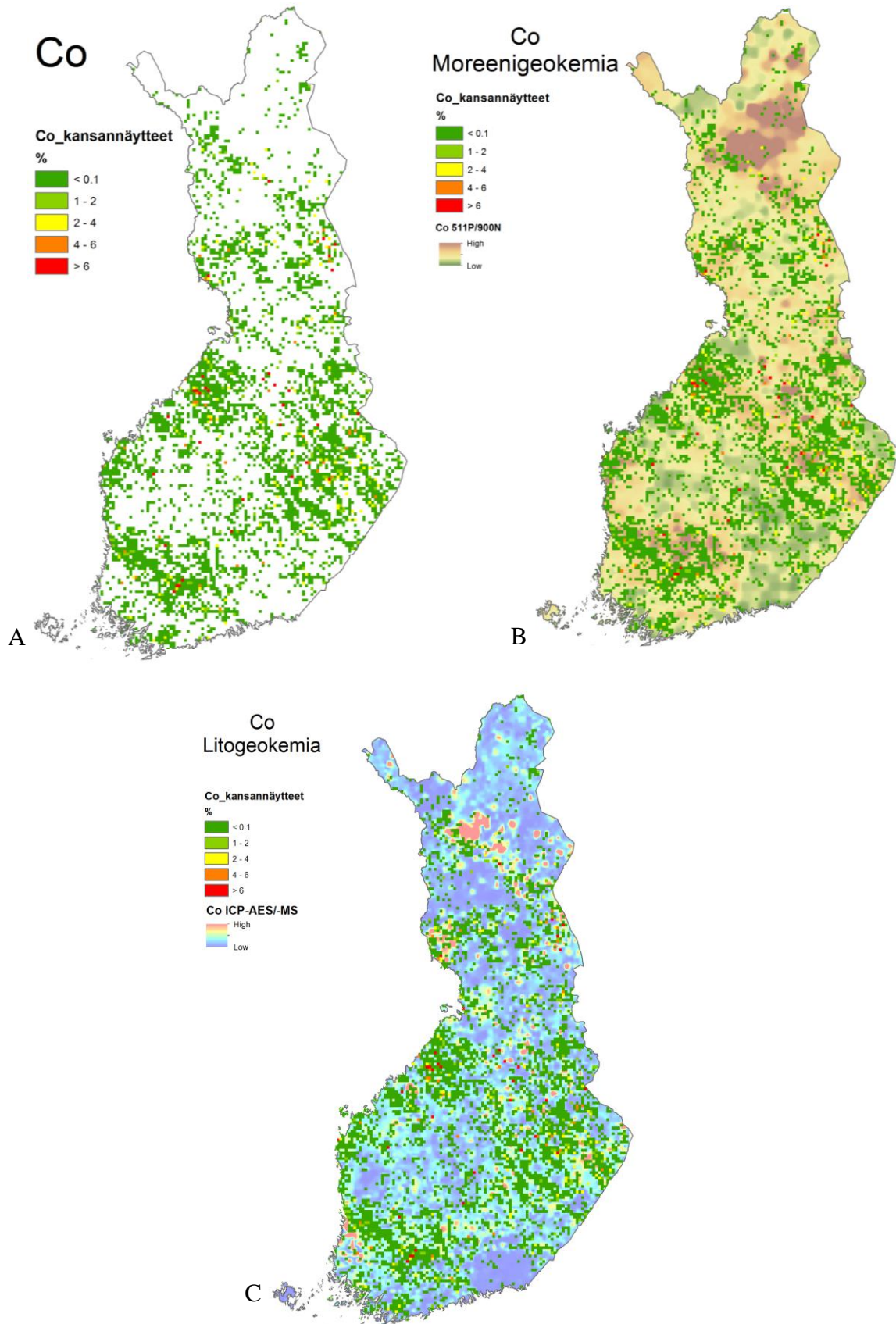


Kuva 56 A-C. Kuvassa A) nikkelpitoiset kansannäytteet, B) moreenigeokemia ja kansannäytteet, C) litogeokemia ja kansannäytteet.

9.1.4 Kobolttinäytteet

Koboltti esiintyy luonnossa kuparin ja nikkelin kanssa monimetalliesiintymissä. Suomen kobolttiesiintymät jaetaan neljään esiintymätyyppiin, magmaattisiin Ni-Cu-PGE-, orogeenisiin Au-Cu-Co-, VMS-tyyppin ja nk. polygeneettisiin esiintymiin. Magmaattisia Ni-Cu-PGE-esiintymiä ovat mm. Kevitsa, Hitura ja Kotolahti. Kobolttia sisältävistä orogeenisista kultaesiintymistä tunnetaan mm. Kuusamon Juomasuo, VMS-esiintymistä mm. Kittilän Pahtavuoma sekä polygeneettiset Talvivaaran ja Outokummun alueet sekä Kylylahden esiintymät. Suomi on ainoa EU -maa, jonka kaivoksissa tuotetaan kobolttia. (Kihlman & Lauri 2013, 6).

Moreenigeokemian kartassa koboltti näkyy kohonneina pitoisuuksina Pohjois-Lapin alueella, Raahe-Laatokka-vyöhykkeellä ja Pirkanmaan alueella. Pirkanmaan alueelta on myös kansannäyteaineistossa analysoituja hyviä kobolttipitoisuuksia. Kansannäyteaineiston, moreenigeokemian ja litogeokemian kartoissa kohonneita pitoisuuksia näkyy myös Pohjanmaan ja Keski-Pohjanmaan alueilla. Kansannäytteistä analysoidut parhaat kobolttipitoisuudet ovat Kruunupyyn, Kokkolan, Ylivieskan ja Sievin alueilla. Parhaiden näytteiden pitoisuudet ovat sisältäneet 1–6 % kobolttia (Kuvat 57 A-C).



Kuva 57 A-C. Kuvassa A) kobolttipitoiset kansannäytteet, B) moreenigeokemia ja kansannäytteet sekä C) litogeokemia sekä kansannäytteet.

10 Yhteenveto ja kehittämissuhteet

Kansannäytetoiminnalla on pitkät perinteet Suomessa, sillä jo 1600-luvulla Suomessa oli malminetsijöitä ja 1700-luvulla Ruotsi-Suomen aikana kirkoissa luettiin pyyntöjä malmihavainnoista. Suurin osa maamme kansantaloudellisesti tärkeimmistä malmeista on löytynyt kansannäytteiden avulla 1950- ja 1960-luvuilla, jolloin valtio etsi malmia omiin tarpeisiinsa. Outokumpu ja Rautaruukki olivat tuolloin valtion osakeyhtiöitä ja pienemmät, kuten Lapin Malmi Oy ja Malmikaivos Oy olivat kotimaisia yksityisiä yrityksiä.

Kansannäytteet ovat olleet ja ovat yhä tärkeitä viitteitä kallioperäämme kätkeytyvistä arvokkaista raaka-aineista. Ne ovat olleet alullepanevana tai selkeästi edesauttavina tekijöinä useissa kaivoksissamme sekä nykyisissä malminetsintäkohteissa. Tästä ovat todisteina maamme pitkä kaivoshistoria ja lukuisat malminetsintään liittyvät tutkimukset ja raportit. Modernin kaivosteollisuutemme synnystä lähtien 1900-luvun alkupuolelta, kansannäyte on ollut alkuun panevana voimana 32 malmikaivoksen löytymisessä ja 2000-luvulla useiden kymmenien malmipotentialisten kohteiden tutkimuksessa.

GTK:n ylläpitämä kansannäytetoiminta on niin Suomessa kuin kansainvälisesti aiantuolatuinen kansallisten raaka-ainevarojen etsintää ja tutkimusta palveleva toimintamuoto. Se on avoin ja maksuton kaikille kansalaisille. Kansannäytetoimintaan kuuluu hyvistä näytteistä palkitsemisen lisäksi monipuolista harrastukseen ja geologiaan liittyvää valistustoimintaa. GTK ottaa vastaan vuosittain noin 3000–5000 näytettä, joista noin puolet analysoidaan. Näistä maastotarkastuksiin johtaa noin 100–150 näytettä ja jatkotoimenpiteisiin noin kymmenkunta löydöstä. Sana kansannäyte, (engl. *layman's sample*), kuvastaa hyvin toiminnan historiaa ja sen alkuperäistä tarkoitusta.

Suomi on malmipotentialinen maa geologiansa, luotettavuutensa ja laajan geologisen tietopohjansa vuoksi olemme yksi EU-alueen tärkeimmistä kivennäis- ja metallisia raaka-aineita tuottavista maista. Tästä huolimatta kaivostoiminnan uusi nousu on kohdannut myös huolestuneisuutta kansalaisten parissa ja tietämys alaa kohtaan on melko vähäistä. Tähän lienee yhtenä syynä kymmeniä vuosia kestänyt ajanjakso, jolloin huonon kannattavuuden takia uusia kaivoksia ei kannattanut perustaa ja malminetsintä maassamme väheni. On unohdettu 1960–1980 lukujen aika, jolloin kaivokset toivat

työpaikkoja ja vaurautta kunnille ja koko maallemme. Tänä päivänä metallien hintojen kohoaminen on saanut aikaan kaivostoiminnan uudelleen elpymisen, joskin ulkomaalaisten toimijoiden kautta. Vähitellen myös suhtautuminen ja ymmärrys perusraaka-aineiden tuotantoa kohtaan ovat muuttuneet positiivisemmiksi. Uusi teollisuus paikkakunnalla tuo työtä ja verotuloja. Kaivosteollisuuden tuomat työpaikat ovat kipeästi tarvittavia piristysruiskeita usein vaikeassa työllisyys- ja taloustilanteessa oleville kunnille. Kaivosalaa kohtaan suuntautuneiden asenteiden parantuessa myös kansannäytetoiminta kasvattaa suosiotaan. Kansannäytteen lähettäminen nähdään Suomen talouden kasvua edistävänä hyvänä tekona ja kansannäytetoiminta kiinnostavana hyödyllisenä luontoharrastuksena, josta voi myös itse hyötyä taloudellisesti.

Kansannäytetoiminnan volyyymi suurten malmikampanjoiden ajoista, jolloin Suomessa toimi useita malminetsintäorganisaatioita omine kansannäytetoimistoineen, on vähentynyt ja harrastajien ikääntyminen on koettu haasteena jo pitkän aikaa. Ikääntymisestä puhuttiin huolestuneena jo 1980-luvulla ja kenties aikaisemminkin. Historian valossa näyttää siltä, että kiviharrastus kiinnostaa enemmän varttuneempia ihmisiä, joilla on enemmän kiinnostusta ja aikaa kulkea metsässä retkeilemässä, marjastamassa, sienestämässä ja keräämässä kivinäytteitä. Ikätilastoja ei ole olemassa, mutta todennäköisesti kansannäytteiden lähettäjien enemmistö on aina ollut miesvaltaista ja eläkeikäistä.

Nuoria ja myös naisia on innostettu harrastuksen pariin mukaan muun muassa koulujen ja opetuksen kautta. Opettajille on tehty opetusmateriaalia, joka rohkaisee lisäämään geologian opetusta kouluissa. Kansannäytetoimintaa markkinoidaan yleisölle mm. järjestämällä erilaisia koulutuksia ja esitelmiä, osallistumalla vuosittaisille kivimessuille sekä jakamalla harrastusta esitteleviä lehtiä ja opaskirjoja. Pitkäjänteinen työ on tuottanut hyviä tuloksia ja joka vuosi useita satoja uusia kansannäytteenlähettäjiä tulee harrastuksen pariin. Tärkeänä tehtävänä on saada uusien harrastajien kiinnostus säilymään.

Kansannäyteharrastuksen tämän päivän aktiivisuuteen ovat vaikuttaneet kansalaisten yleinen kiinnostus luontoharrastuksia kohtaan. Oman luontaisen vaihtelunsa tuovat Suomen luonnonolosuhteet eripituisine talvineen. Viimeaikainen positiivinen kaivosteollisuuden kehitys ja ehkä myös vähitellen lisääntyvä kiinnostus luontoa kohtaan on herättänyt myös uusia harrastajia kiviharrastuksen pariin.

Suomessa on tällä hetkellä syntymässä kaivoksia ja tutkimuksien kohteina on alueita, joista ensimmäinen viite on saatu harrastajan löytämästä kansannäytteestä. Kansannäytteiden etsijöitä on kovin monenlaisia. Joillekin toiminta on lähes ammattimaista ja toisille pelkkää harrastusta. Kansannäytteiden etsijät ovat myös erittäin motivoituneita ja monilla lähettäjiillä on hyvät geologiset perustiedot ja ”oman alueensa” kivien paikallistuntemus, hyvä kivilajien ja mineraalien tuntemus, sekä vuosien tai vuosikymmenien kokemus maastotyöstä.

GTK palkitsee lähettäjiä joka vuosi parhaista kivilöydöistä, mutta ne eivät kuvasta löydön todellista merkitystä ottaen huomioon kuinka mittaviin tutkimuksiin se voi johtaa. Epäselvää on myös se, onko olemassa selkeää sääntöä siitä, mitä itse löytäjä saa esimerkiksi kaivokseen johtavasta löydöstä. Juridisesti asiaa ei ole mietitty ja oletus on, että näytteen lähettänyt löytäjä on samalla luovuttanut oikeutensa löytönsä GTK:lle. Aikoinaan mm. Outokummun ja Rautaruukin sekä muiden yhtiöiden geologit tunsivat kansannäytteiden lähettäjät ja osasivat mieltää heidän merkityksensä. Ulkomaiset yhtiöt ovat tässä mielessä ulkopuolisia, eivätkä miellä heidän merkitystään samalla tavalla nykyisin. Tästä syystä yhteistyö kaivosyhtiöiden kanssa esimerkiksi malminetsintä- ja geokoulutusten järjestämisessä olisi tärkeää. Tulevaisuudessa olisi tärkeää saada palautettua valtion malmipalkinto käytäntöön. Asiaa on yritetty viedä eteenpäin kansannäytetoimiston puolesta noin 7 vuotta sitten, mutta asia ei saanut ”tuulta alleen”.

Suurin osa kansannäytetoimistoon saapuvista näytteistä on melko tavallisia kiviä, joista ihmiset haluavat tietää, mitä ne ovat. Oman joukkonsa muodostavat etsijät, jotka ovat vuosikymmenien ajan lähettäneet todellisia malminäytteitä arvioitaviksi. Nämä todelliset malminäytteet pitäisi kansannäytesysteemissä käsitellä toisin ja ottaa huomioon niiden potentiaalinen arvo. Lisäksi mm. kalliinäytteiden merkitystä ei ehkä ole tarpeeksi oivallettu. Niitä voi löytyä alueilta joista ei ole ollut aikaisempaa geologista viitettä malmeista. Suomen kallioperä on kuitenkin samanlaista, kuin maailmassa niillä alueilla, joissa on runsaasti aktiivista kaivostoimintaa. Lisäksi tiedetään paljon potentiaalisia tutkittuja kohteita kymmenien vuosien takaa, jotka kannattaa hyödyntää silloin, kun niistä saatavien metallien hinnat ovat korkealla.

Kansannäytetoiminnan tuloksellisuus on riippuvaista siitä, miten toiminta toteutetaan. Koulutusten myötä harrastajien kivien ja mineraalien tuntemusta on pyritty lisäämään ja siten vähentämään merkityksettömien kivien osuutta. Lisääntynyt kiinnostus kivimaail-

maa kohtaan sekä näytteiden tutkimisen ja lähettämisen maksuttomuus on toisaalta lisännyt mm. matkamuistokivien sekä ”sorakuoppakivien” osuutta. Näiden kivien tutkimukset kuluttavat resursseja tällä hetkellä liikaa kun tutkimuksen tulisi suuntautua hyvin potentiaalisiin näytteisiin. Kansannäytetoiminnan haasteena on tulevaisuudessa näytteiden laadun parantaminen ja monipuolistaminen, sekä harrastajien ohjaaminen uusille alueille. Uuden tiedon saanti mahdollisista malminetsintäalueista jää vähäiseksi, mikäli näytteitä tulee samalta tai jo tutkitulta alueelta vuosikausia.

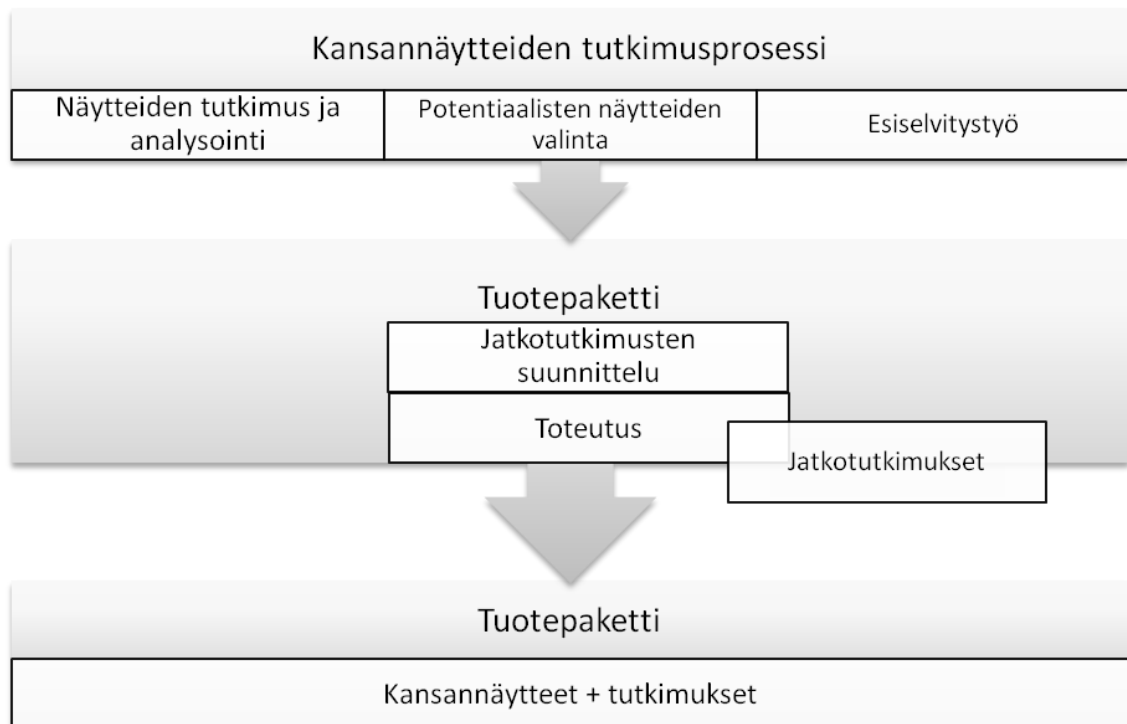
Internet on helpottanut ja tuonut uusia ulottuvuuksia kansannäytetoimintaan. GTK:n internet-sivuilta löytyy kaikille kiinnostuneille tietoa kansannäytetoiminnasta sekä muusta geologisesta tutkimustoiminnasta. Sivustojen kautta löytyvät digitaalisessa muodossa mm. esitteet ja painetut materiaalit, kartat, raportit tai valtaus- ja varaustiedot. Tulevaisuudessa digitaalisten mahdollisuuksien kehittyessä tulisi pyrkiä myös tätä puolta hyödyntämään kansannäytetoiminnassa. Toiminnan tukemiseksi on mahdollista kehittää uusia verkkosovelluksia sekä mobiilisovelluksia, jotka esimerkiksi voivat olla karttapalveluita sekä opetuslustoja. Uudet sovellukset saattaisivat innostaa myös nuoria kiviharrastuksen pariin, sekä lisäämään yleisesti geologista tietämystä.

Kansannäytetoiminnan lähes 130-vuotisen historian aikana kertynyt tieto Suomen malmiviitteistä on merkittävä. Kansannäytetoiminnan tarkoituksena on löytää uusia hyödynnettäviä esiintymiä, mutta sekä vanhojen että uusien malmiviitteiden tutkimiseen GTK:lla ei tällä hetkellä ole juurikaan resursseja. Tästä syystä aineiston tulisi palvella ensisijaisesti malminetsintäyhtiöiden sekä kaivosyhtiöiden intressejä. Aineisto tulisi myös olla hyödynnettävissä muodossa, joka käytännössä tarkoittaa vanhojen aineistojen digitoimista sekä karttapalvelua, josta näytetiedot ovat saatavilla.

Kansannäytetoiminnan tuotteistaminen on yksi kehittämistavoitteista. Toiminnan palvelukonseptin kehittämisen tuloksena on tuotepaketti. Toiminta jaetaan kolmeen osaan, näytteiden tutkimiseen, jatkotutkimuksiin sekä tuotepaketin luomiseen (Kuva 58). Operatiivinen toiminta koostuu näytteiden tutkimisesta kansannäytetoiminnan prosessikuvauksen mukaan, johon kuuluu näytteiden vastaanotto, esikäsittely sekä tutkiminen, analysointi, lähettäjälle vastaaminen ja tietojen tallennus. Toiminnan tässä vaiheessa korostuu oikean, potentiaalisen näytteen tai näytteiden valinta, joka johtaa analyysitulosten ja esiselvitysten pohjalta jatkotutkimuksiin. Esiselvityksiin kuuluvat löytöalueen aikaisempi lohkare- ja kallionäyteaineisto, alueen kallioperätieto ja aikaisempi malmin-

etsintähistoria. Seuraavassa vaiheessa em. tietojen perusteella suunnitellaan jatkotutkimuksia alueelle tuotepakettina. Tuotepaketti sisältää tutkittavan alueen eli kohteen esiselvitystyön ja jatkotutkimusten suunnittelun. Jatkotutkimusten suunnitteluun kuuluu mahdollisten tutkimusmenetelmien valinta. Tutkimusmenetelminä käytetään moreeni-geokemiallisia tutkimuksia, erilaisia geokemiallisia näytteenottomenetelmiä, kallio- ja lohkarenäytteenottoa, geofysiikan mittauksia, kartta-aineistoja (LIDAR) sekä kairausta. Lohkareiden lähtöpaikan etsintään käytetään myös kulkeutumismalleihin perustuvia todennäköisyysviuhkoja. Jatkotutkimuksilla pyritään löytämään esiintymä tai rajaamaan todennäköinen lähtöalue. Tuotepakettia, joka voidaan tarvittaessa jakaa myös osiin, markkinoidaan malminetsintä- ja kaivosyhtiöille. Tärkeä osa työtä ovat kansannäytteet ja kansannäytearkiston vanhat näytteet. Hyviä, selvittämättömiä lohkare-aiheita on paljon ja tätä kautta ne saataisiin paremmin hyötykäyttöön.

Tuotteena voidaan tehdä myös karttatulkintaa, jota sitten täydennetään maastotutkimuksilla. Menetelmänä käytetään saatavilla olevia kartta-aineistoja ja tässäkin työssä kuvattua kansannäyteaineiston vertailua erilaisiin geokemiallisiin aineistoihin. Erilaisia geologisia, geokemiallisia ja geofysiikan aineistoja kansannäyteaineistoon yhdistämällä saadaan prospektiivisyysanalyysin tavoin kohdennettua etsintätyötä potentiaalisille alueille.



Kuva 58. Kansannäytetoimiston tuotepaketin toimintamalli.

Näytteiden varsinaisen tutkimiseen liittyy myös kehittämistarpeita. Kehittämideana on tutkimisen osalta, osan tutkimuksesta muuttaminen maksulliseksi. Maksutta tutkitaan vain GTK:n tutkimusten kannalta merkitykselliset näytteet ja tähän kuuluvat malmikivien lisäksi teollisuusmineraalit ja rakennuskivet. Korukivien osalta tutkitaan vain sellaiset uudet esiintymät, joista voi syntyä korukiviteollista tuotantoa. Korukiviteollisuus työllistää Suomessa vuosittain noin 3000 henkilöä.

Yksittäisistä mineraaliesiintymistä tutkitaan vain sellaiset näytteet, joilla on tieteellistä tai etsinnällistä arvoa. Jalokivistä tutkitaan vain materiaalit, jotka liittyvät maksulliseen toimintaan. Maksullisia ovat kaikki muut näytteet, kuitenkin niin, etteivät ne vie kansannäytetoimiston tutkijoiden resursseja enempää kuin mineraalisten raaka-ainevarojen kartoitukseen liittyvä perustyö. Näytteitä tutkitaan yhteistyössä GTK:n Espoon Tutkimuslaboratorion kanssa. Hyvistä näytteistä tehdään tarvittaessa myös litogeokemiallisia analyysejä sekä petrofysiikkaa. Kannettavat XRF-laitteet lisäävät litogeokemian käyttömahdollisuuksia.

Analyysien suhteen siirtyminen laboratoriossa tehtävästä analytiikasta käsikäyttöisten ja pöytämallisten röntgenfluoresenssianalysointilaitteiden käyttöön vaatii menetelmäkehitystä. Laitteiden käyttö ilman kalibraatiota referenssinäytteistä, käsikäyttöisten ja pöytämallisilla laitteilla tehtävän analyysin luotettavuus ei missään tapauksessa yllä samalle tasolle, kuin laboratorionanalyysi.

Näytetietojen saatavuuteen ja arkistomateriaaliin liittyy myös kehittämistavoitteita. Tiedot mielenkiintoisista näytteistä toimitetaan tutkijoiden sekä ulkopuoliseen käyttöön mahdollisimman pian analyysitulosten jälkeen. Maastokäyntiraportit toimitetaan GTK:n julkiseen arkistoon heti tarkastuskäynnin jälkeen. Arkistoaineiston järjestäminen, vanhojen raporttien skannaus ja tietojen ajantasaistaminen tietojärjestelmiin on tärkeä lähitulevaisuuden tehtävä, joka palvelee GTK:n omia tutkijoita ja kaivosyhtiöitä. Toiminnan markkinointia tehdään siltä osin, kuin se palvelee GTK:ta sekä kansannäytetoimintaa eikä vie paljon henkilöresursseja. Koulutukset ym. muut tehdään jatkossa ainoastaan tilaustyönä.

Toiminnan tehostamiseksi voisi järjestää jatkossa kivitöitä alueille, joista tulee vähemmän näytteitä, mutta jotka ovat malmipotentialisia. Lähetettyjen kansannäytteiden jakautuminen eroaa eteläisen Suomen ja Pohjois-Suomen osalta. Pohjois-Suomesta tu-

lee verraten vähän näytteitä. Syynä tähän on todennäköisesti pitkät välimatkat sekä harvaan asutut alueet. Pohjois-Suomen osalta, toimintaa aktivoisivat mm. alueelliset kivikisat ja koulutukset yhteistyössä kaivosyhtiöiden kanssa.

Näihin kehittämissuhteisiin perustuen toimintaa saataisiin tehostettua ja palvelemaan paremmin raaka-ainevarojen kartoitus- ja etsintätyötä.

11 Viiteluettelo

- Ailio J. 1917. Hämeen linnan esi- ja rakennushistoria. Teoksessa: Hämeenlinnan kaupungin historia I. Hämeenlinna 1917.
- Airo M-L. & Kiuru R. 2012. Petrofysiikan perusteet. Report series in geophysics No 68. University of Helsinki, division of geophysics and astronomy. Helsingin yliopiston verkkojulkaisut, ISBN 978-952-10-7067-9 (PDF), 148 s. Sivulla vierailtu 14.3.2017. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/34217/petrofys.pdf>
- Al Ani T. & Pakkanen L. 2013. Mini-Atlas on REE-minerals in Finnish bedrocks. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti 115/2013, 42s. Sivulla vierailtu 30.5.2017. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/115_2013.pdf
- Alviola R. & Lahti S. 1991. Uusi Suomalainen korukivi, nuummiitti. Kivi 1991(4), 23–29
- Alviola R. 2003. Pegmatiittien malmipotentialista Suomessa. Geologian tutkimuskeskus. Raportti M 10/-03/1/85. Sivulla vierailtu 1.3.2017. http://arkisto.gsf.fi/m10/M10_03_1_85.pdf
- American Geosciences Institute, 2013. Glossary of Geology. Sivulla vierailtu 3.12.2016. <http://glossary.agiweb.org/dbtw-wpd/glossary/search.aspx>
- Asu J. 2013. Vanha Ilkka 8.7.1973. Ilkka-lehti 8.7.2013.
- Brouwer P.2010. Theory of XRF: Getting acquainted with the principles. PANalytical B.V.
- Cameron E.M., Hamilton, S.M., Leybourne, M.I., Hall, G.E.M., McClenaghan & M.B., 2004. Finding deeply buried deposits using geochemistry, Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, 4, 7-32.
- Dragon Mining 2017. Kaapelinkulma Gold Project. Sivulla vierailtu 8.7.2017. <http://www.dragonmining.com/kaapelinkulma>
- Eilu P.2007. FINGOLD: Brief descriptions of all drilling- indicated gold occurrences in Finland – the 2007 data. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 166, 35 s. Sivulla vierailtu 4.4.2017. <http://arkisto.gtk.fi/tr/tr166.pdf>
- Eilu P., Bergman T., Bjerkgård T., Feoktistov V., Hallberg A., Korsakova M., Krasotkin S., Myradymov G., Nurmi P. A., Often M., Perdahl, J.-A., Philippov N., Sandstad J. S., Stromov, V. & Tontti, M. 2009. Metallogenic map of the Fennoscandian Shield 1:2 000 000. Erikoiskartat - Special Maps 80.
- Eilu P. (toim.) 2012. Mineral deposits and metallogeny of Fennoscandia. Geological Survey of Finland, Special Paper 53, 401 sivua, 248 kuvaa, 105 taulukkoa. Sivulla vierailtu 14.12.2016. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/specialpaper/sp_053.pdf
- Eilu P., Rasilainen K., Halkoaho T., Huovinen I., Kärkkäinen N., Kontoniemi O., Lepistö K., Niiranen T. & Sorjonen-Ward, P. 2015. Quantitative assessment of undiscovered resources in orogenic gold deposits in Finland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 216, 318 sivua, 77 kuvaa, 233 taulukkoa ja 3 liitettä.
- Elo S. 1997. Interpretation of the Gravity Anomaly Map of Finland. Geophysica 33 (1), 51 - 80.

- Ervamaa P. 1959. Geologisen tutkimuslaitoksen 1957–1958 suorittamat nikkeli-kuparimalmitutkimukset Petolahdessa, sekä selostus v. 1959 suoritetuista jatkotutkimuksista. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti, 15 s., 3 liitettä. Sivulla vierailtu 13.3.2017. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/001_1242_pe_59.pdf
- Eskola P. 1915. Om sambandet mellan kemisk och mineralogisk sammansättning hos Orijär-vitraktens metamorfa bergarter. Summary of the contents: On the relations between the chemical and mineralogical composition in the metamorphic rocks of the Orijärvi region. Geological Survey of Finland, Bulletin - Bulletin de la Commission Géologique de Finlande, vol 44,145s.
- Finlex 2017. Asetus geologisesta toimikunnasta 36/1936. Sivulla vierailtu 14.5.2017. <http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/1936/19360036>
- First Quantum Minerals Ltd 2017. Kaivoksen toiminta-aika. Sivulla vierailtu 4.1.2017. <http://www.first-quantum.com/default.aspx?SectionId=3694d442-2880-4a9d-9157-36605e55b461&LanguageId=1>
- Gaal G. 2007. Suomen kallioperägeologian ja malmitutkimuksen kehitys. Geologi 59(4), 112–118
- GEM-systems. 2017. Overhauser magnetometer brochure. Sivulla vierailtu 17.3.2017. http://www.gemsys.ca/wp-content/uploads/2015/11/GEM_Overhauser_GSM-19_fin.pdf
- Grahn H. 2013. Kuparin hohtoinen ruukinmaisema. Kuparin kyydissä Orijärven kaivokselta Kärkelän ja Kosken ruukeille. Sivulla vierailtu 17.2.2017. <http://www.salo.fi/attachments/2015-10-06T08-08-4992.pdf>
- Grönholm P. 2010. Kaapelinkulman kultaesiintymä Valkeakoskella. Polar Mining Oy:n raportti. 12s. Sivulla vierailtu 8.7.2017. http://www.tukes.fi/Tiedostot/kaivokset/kaivospiirihakemukset/Polar_Mining/Polar_koosteraportti.pdf
- Grönholm S.(toim.), Alviola R, Kinnunen K., A., Kojonen K., Kärkkäinen N. & Mäkitie H. 2011. Retkeilijän kiviopas. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. Erikoisjulkaisu 78, 88 s. Sivulla vierailtu 17.2.2017. <http://weppi.gtk.fi/kiviopas/> sekä pdf-kirja: <http://arkisto.gtk.fi/ej/ej78.pdf>
- GTK:n juhluvuoden 1986 kilpailun työryhmän muistio 18.6.1984. Kansannäytetoimiston arkistomateriaali.
- GTK 2017. Kiviharrastus. Sivulla vierailtu 17.2.2017. <http://www.gtk.fi/geologia/kiviharrastus/>
- Haapala I., Hyvärinen L. & Salonsaari P. (toim.)1993. Malminetsinän menetelmät. Yliopistopaino, Helsinki. 256 s.
- Haapala I, & Papunen H. 2015. A History of exploration for and discovery of Finland's ore deposits. Teoksessa: Lahtinen, R., Maier W.-D. ja O'Brien, H (toim). Mineral Deposits of Finland, Elsevier Amsterdam.
- Halkoaho T., Niskanen M. 2006. Ultramafisten ja mafisten kivien nikkelimalmipotentialitutkimukset vuosina 2001–2005 Lieksan, Nurmeksen ja Kuhmon välisellä alueella. 43 s., 1 liites. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M 19/4324/2006/1. Sivulla vierailtu 17.2.2017. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_4324_2006_1_10.pdf

- Halkoaho T., Hartikainen A., Isomaa J., Kontoniemi O., Makkonen H., Niskanen M., Pietikäinen K. & Tiainen M. 2012. Väli- ja Etelä-Suomen nikkelpotentiaalin arviointihankkeen (2901006, 2551003 ja 2551012) toiminta vuosina 2007 – 2011. Geologian tutkimuskeskuksen arkistoraportti. 80s + 3 liitettä. Sivulla vierailtu 16.2.2017.
http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/18_2012.pdf
- Halkoaho T., Hokka J., Kousa J., Niskanen M. & Västi K. 2016. Itäisen Suomen mineraalipotentialin arviointihankkeen (2551014) toiminta vuosina 2013–2015. 36s. Geologian tutkimuskeskuksen raportti, 87/2016. Sivulla vierailtu 11.2.2017.
http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/87_2016.pdf
- Hietala S. 2012a. Paraisten kalkkilouhoksen mineraaleista. Mineralia - Kiviharrastajan Kuvalehti 1/2012,12. Sivulla vierailtu 3.12.2016.
http://www.tampereenkivikerho.fi/images/pdf/Mineralia_1_2012_nettilehti.pdf
- Hietala S. 2012b. Malminetsijän haave toteutui. Etsivä Löytää -lehti. Geologian tutkimuskeskuksen uutislehti kiviharrastajille. 2/2012. Sivulla vierailtu 3.12.2012.
http://www.gtk.fi/export/sites/fi/ajankohtaista/painotuotteet/geoloytaja/arkisto/Etsiva_loytaa_2_2012.pdf
- Hietala S. 2012c. Hi-tech-mineraalit. Kivi 1/2012. Suomen Jalokiviharrastajien yhdistys ry.
- Hietala S. 2013. Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan vuoriteollisuudesta. Kapsäkki 2013. Pohjanmaan museolehti. 3.12.2016
http://www.pohjanmaanmuseo.fi/upload/kapsakki/Pohjanmaan%20museo_Kapsakki%20-%202013.pdf
- Hietala S. 2014a. Muskettisotureita Isojoella. Kapsäkki 2014. Pohjanmaan museolehti. Sivulla vierailtu 3.12.2016. http://www.pohjanmaanmuseo.fi/upload/kapsakki/Kapsakki_opt.pdf
- Hietala S. 2014b. Vastaus kansannäytteeseen: rikkikiisukonkreetio. Mineralia- kiviharrastajien kuvalehti. Tampereen kivikerhon jäsenlehti. Sivulla vierailtu 17.3.2016.
http://www.tampereenkivikerho.fi/attachments/article/113/Mineralia_2014_2_net.pdf
- Hietala S. 2017a. Haapaluoman pegmatiittiesiintymä. Teoksessa: Kinnunen K (toim.). 2017. Suomen korukivet. Geologian tutkimuskeskus, erikoisjulkaisu 98. 342 s. Sivulla vierailtu 31.1.2017. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_098.pdf.
- Hietala S. 2017b. Kansannäytetoiminta tulee korukivien etsintää. Teoksessa: Kinnunen K (toim.). 2017. Suomen korukivet. Geologian tutkimuskeskus, erikoisjulkaisu 98. 342 s. Sivulla vierailtu 31.1.2017. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_098.pdf.
- Hietala S. & Moilanen J. 2004. Keurusselkä - A new impact structure in Central Finland. LPSC XXXV (2004).
- Hietala S. & Nenonen J. 2012. Kansannäytetoiminnan raportti 2011. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, 72/2012. 34 s. 3.1.2016. Sivulla vierailtu 16.3.2016.
http://arkisto.gtk.fi/2012/72_2012.pdf
- Hietala S. & Nenonen, J. 2014. Kansannäytetoiminnan raportti 2012 – 2013. GTK:n arkistoraportit. Sivulla vierailtu 3.12.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/42_2014.pdf
- Hiltunen J. 2016. Ensimmäinen kivi. Kemin kromimalmin löytäjän Martti Matilaisen elämäkertä. Nordbooks, 339s.

- Hirvas H. 1980. Moreenistratigrafiasta ja sen merkityksestä malminetsinnässä. *Geologi* 32, s. 33.
- Hirvas H. & Nenonen, K. 1984. Moreenistratigrafiset tutkimusmenetelmät ja niiden soveltaminen malminetsintään. Demonstraatiomonisteita, kaavakkeita julkaisuja. Sivulla vierailtu 3.12.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/p13_32_057.pdf
- Hjelt S-E. 1983. Geofysikaalisen tiedon moniselitteisyydestä. Teoksessa: Eskola L. (toim). 1983. Geofysiikkaa geologeille. Tutkimusraportti No 58, Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.
- Holtstam D., J. & Langhof (toim.) 1999. Långban: The mines, their minerals, geology and explorers. Swedish Museum of Natural History and Raster Förlag, Stockholm & Chr. Weise Verlag, Munich.
- Hytönen M. 1987. Malmimania 1986. *Geologi* 39(2), 27–28.
- Hytönen K. (toim). 1999. Suomen mineraalit. Geologian tutkimuskeskus. Erillisjulkaisu, 399 s. Sivulla vierailtu 7.12.2016 http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_031.pdf
- Hyvärinen L. & Eskola L. 1986. Malminetsintä. Teoksessa: Papunen H., Haapala I., ja Rouhunkoski P.(toim.). Suomen malmigeologia: metalliset malmiesiintymät. Mäntän kirjapaino Oy: 215–298.
- Hyvärinen L. 1993. Malminetsinnän perusteista. Teoksessa: Malminetsinnän menetelmät. toim. I. Haapala, L. Hyvärinen ja P. Salonsaari. Helsinki. Yliopistopaino. 256s.
- Häkli A. 1963. Distribution of nickel between the silicate and sulphide phases in some basic intrusions in Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin - Bulletin de la Commission Géologique de Finlande. Vol 29. 54s. Sivulla vierailtu 12.6. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt_209.pdf
- Isokangas P. 1976. Suomen malmeista ja niiden tutkimisesta. *Geologi* 28, 5/3 1976. Nro 1.
- Isomaa J. 2012. Ilmajoen Välikorven kultatutkimukset Etelä-Pohjanmaalla vuosina 2008–2009 ja 2011. 25 s. + 5 liitettä.
- Isomaa J., Koistinen E. & Kärkkäinen N. 2010. Sikakangas gold prospect at Seinäjoki, Western Finland. Geologian tutkimuskeskus, Raportti M19/2222/2010/55, 37 s.
- Isomaa J., Pankka H., Sandgren E. & Sarala P. 2007. Rovaniemen Misin alueen malmitutkimuksista vuosina 2001–2002 ja 2004–2007. 35 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M19/3614/2007/59.
- Järkky. Järjestelmä GTK:n kansannäytteiden ja niiden lähettäjien tietojen hallintaan ja tallentamiseen [Elektroninen aineisto]. Kuopio: Geologian tutkimuskeskus.
- Kahma A. 1960. Yhteenveto geologisen tutkimuslaitoksen 30.6.59-30.5.60 suorittamista tutkimuksista Kemin maalaiskunnassa sijaitsevalla kromimalmialueella. 12 s. Geologian tutkimuskeskuksen arkistoraportti. Sivulla vierailtu 7.12.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m17_ke_60_7.pdf
- Kaiva.fi. 2017. Suomen malmityypit. Sivulla vierailtu 7.2.2016 <https://kaiva.fi/geologia/kiivilajit-ja-malmien-synty/suomen-malmityypit/>

- Kaivoslaki 2011. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Tukes10.6.2011/621. Sivulla vierailtu 17.5.2016. <http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20110621>
- Karjalainen, J. 2014. Tieteen popularisointi vuosina 1925 – 1928 julkaistussa lehdessä Valo: Tiedettä kaikille. Pro Gradu. Oulun yliopisto. Sivulla vierailtu 11.3.2016. <http://jultika oulu.fi/files/nbnfioulu-201401181053.pdf>
- Karvinen A., Isomaa J. & Sandgren E. 2007. Raportti Pukinselän kultatutkimuksista Tervolassa vuosina 2003–2007. 11 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M19/2633/2007/10/63.
- Kelley D.L., Cameron E., M. & Southam, G. 2004. Secondary Geochemical Dispersion Through Transported Overburden. SEG, Perth, 4s. http://ibrarian.net/navon/paper/Secondary_Geochemical_Dispersion_Through_Transpor.pdf?paperid=14395245
- Kihlman S. & Lauri L. 2013. Kriittiset metallit ja mineraalit sekä niiden alueellinen jakautuminen ja esiintymispotentiaali Suomen ja Fennoskandian alueilla. Geologian tutkimuskeskuksen raportti. Sivulla vierailtu 7.12.2016 . http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/102_2013.pdf.
- Kilpi S. 1936. Miten Nivalan malmi löydettiin, esitelmä. 10 s. 1 ohut kansio. GTK:n arkistoraportit
- Kinnunen K. 1998. Kuka löytää Suomen ensimmäisen meteoriitin, s. 6-17. Kivi 3/1998. Suomen Jalokiviharrastajien yhdistys Ry.
- Kinnunen K. 2004. Tutkimusselostus Orimattilasta tavatusta korukivimateriaaliksi soveltuvasta kordieritiin muunnoksesta. 20 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M 19/3111/2004/1
- Kinnunen K. 2014. Erich Berger löysi metallista kuparia. Mineralia. Tampereen kivikerhon kiviharrastajan kuvalehti. Sivulla vierailtu 7.12.2016 http://www.tampereenkivikerho.fi/attachments/article/113/Mineralia_2014_3_net.pdf
- Kinnunen K. (toim). 2017. Suomen korukivet. Geologisen tutkimuslaitoksen erikoisjulkaisu 98. 342s. Sivulla vierailtu 7.3.2016 http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_098.pdf
- Kinnunen K. A., Hietala S. & Johanson B. 2011. Vrouw Maria hylystä nostetun hohkakiven tutkimus. 20 s. Geologian tutkimuskeskus. arkistoraportti, 34/2011. Sivulla vierailtu 7.12.2016 http://arkisto.gtk.fi/2011/34_2011.pdf
- Kinnunen K., Vartiainen R. 1997. Sodankylän kvartsitähtikiven tunnistaminen ja laboratoriotutkimukset. 16 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M19/3712/97/1.
- Koljonen T. (toim.). 1992. Suomen geokemian atlas, osa 2: Moreeni = The Geochemical Atlas of Finland, Part 2: Till. Erikoisjulkaisu – Special Publications. 218s, 9 taulukkoa.
- Kontoniemi O. 2003. Tutkimustyöselostus Pyhäjoen kunnassa valtausalueella Oltava 2 (kaiv. rek. nro 7237/1) tehdyistä palladiumtutkimuksista vuosina 2000–2003. 10 s., 4 liitettä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M 06/2432/2003/1/10. http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_2432_2003_1_10.pdf
- Kontoniemi O. 2009 Kultatutkimuksia Keski-Pohjanmaalla vuosina 1999–2008. 21 s. Geologian tutkimuskeskus. Raportti M19/2324,2342,2413,2431/2009/18. Sivulla vierailtu 7.12.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2324_2342_2413_2431_2009_18.pdf

- Kontoniemi O. 2015a. Tutkimustyöselostus malminetsintäalueella Pirtti 1 (ML2011:0026) vuosina 2011–2014 tehdyistä kultatutkimuksista. 14 s. 2 liitettä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti. Sivulla vierailtu 7.12.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/20_2015.pdf
- Kontoniemi O. 2015b. Länsi-Suomen malmipotentialin kartoitushankkeen toimintavuosina 2012–2015. Geologian tutkimuskeskuksen raportti, 34s. Sivulla vierailtu 7.12.2016 http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/72_2015.pdf
- Kontoniemi O. & Lestinen P. 2003. Oulaisten Antikanperän kultatutkimukset vuosina 2000–2001. 11 s., 4 liitettä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M 19/2433/2003/1/10. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2433_2003_1_10.pdf
- Kontoniemi O., Lestinen P., Mursu J. & Lempiäinen R. 2007. Väli-Suomen kultavarojen kartoitus - hankkeen toiminta vuosina 2004 – 2007. 35s, 15 liitettä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M10.4/2007/94
- Kontoniemi O. & Mursu J. 2005. Tutkimustyöselostus Kalajoen kaupungissa valtausalueen Musta 1, kaiv. rek. nro 7750/1, ympäristössä tehdyistä kultatutkimuksista vuosina 2000–2004. CD-levy. 15 s., 6 liites. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M 06/2431/2005/1/10.
- Kontoniemi O. & Mursu J. 2006. Hirsikangas gold prospect in Himanka, western Finland, claim areas Hirsi 1 and 2 (7847/1 and 8036/1). 30 s. + 6 liitettä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M19/2413/2006/1/10. Sivulla vierailtu 7.12.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2413_2006_1_10.pdf
- Kontoniemi O. & Mursu J., 2007. Tutkimusselostus Haapajärven kaupungissa valtausalueella Lehto 1 (kaiv. rak. nro 8063/1) tehdystä kultamalmitutkimuksesta vuosina 2004–2007. 15 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M06/2344/2007/38.
- Kontula T., Teeriaho J., Alapassi M., Halonen P., Husa J., Jäkäläniemi A., Parnela A., Pykälä J., Sipilä P. & Syrjänen K. 2008. Kalliot ja kivikiot. Teoksessa: Raunio A. Schulman A. & Kontula T. (toim.). 2008. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa II: Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 8/2008. S. 335–396.
- Kuivasaari T. 2010. Tärkein mineraali maailmassa. Etsivä löytää –lehti. Geologian tutkimuskeskuksen uutislehti kiviharrastajille. 1/2010.
- Kärkkäinen N. 1993. Kultamalminetsintää Peräseinäjoen ja Alavuden Timanttimaalla vuosina 1987–1991. Geologian tutkimuskeskus, Raportti M19/2223/-92/1/10, 25 s. Sivulla vierailtu 7.12.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2223_92_1_10.pdf
- Kärkkäinen N. 2007. Etelä- ja Länsi-Suomen kultavarojen kartoitus. Loppuraportti toiminnasta 2002–2007. 27 s. + 7 liitettä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M10.4/2007/10/71.
- Kärkkäinen N. 2012. Väli-Suomen mineraalivarojen arviointihankkeen ja Hämeen malmipotentialin tutkimuksista 2011–2012. 34s. Sivulla vierailtu 7.12.2016 http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/105_2012.pdf
- Kärkkäinen 2015. Hämeen malmipotentiali: malmiviitteet. Geologian tutkimuskeskuksen arkistoraportti. Sivulla vierailtu 6.3.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/117_2014.pdf
- Kärkkäinen N. & Alanen J. 2000. Sulfidimalminetsintää Parkanon Mustajärvellä ja Alkkiassa vuosina 1988-1992 ja 2000. Geologian tutkimuskeskuksen raportti. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2212_93_10_1.pdf

- Kärkkäinen N., Huhta P., Karttunen K. & Pelkkala M. 2006. Tutkimustyöselostus Pirkkalan kunnassa valtausalueilla Ania 1 ja Ania 2 (kaiv. rek. nro 7001/1 ja 7001/2) suoritetuista malmitutkimuksista. 15 s. + 3 liites. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M06/2123/2006/1/10.
- Laine E. 1950. Malminetsintä suomessa 1809–1884. Geologinen tutkimuslaitos. Geoteknillisiä julkaisuja nro 49. Helsingin keskuskirjapaino, Helsinki, 103s.
- Laine E. 1955. Neljännesvuosisata maamme kaivostoimintaa 1885–1910. Referat: Ein Vierteljahrhundert Bergwesen in Finnland 1885–1910. Geoteknillisiä julkaisuja 57. Suomalaisen Kirjallisuuden Kirjapaino Oy Helsinki 1955. 97s.
http://tupa.gtk.fi/julkaisu/geoteknillinen/gt_s_057.pdf
- Laxström H. 2010. Kultatutkimukset Alajärven Iirunjärvellä vuosina 2008-2010. Sivulla vierailtu 6.3.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2331_2010_21.pdf
- Laxström H. & Kontoniemi O. 2015. Kultatutkimukset Alajärven Peurakalliolla vuosina 2008-2014. Geologian tutkimuskeskuksen arkistoraportti. Sivulla vierailtu 6.3.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/2_2015.pdf
- Lehtinen M. 1982. Meteoriiittitutkimuksen historiaa. Tähdet ja Avaruus, 12, No. 3.
- Lehtinen M. 1998. Meteoriiittitörmäyskraatterit - maan ja taivaan kohtaupaikat. Teoksessa: Lehtinen M., Nurmi P., & Rämö T. (toim.) 1998. 3000 vuosimiljoona - Suomen kallioperä. Suomen geologinen seura.
- Lehto T. 2004. Tutkimustyöselostus Nokian ja Ylöjärven kunnissa, Metsäkylä 1 (kaivosrekisteri n:o 6623/1) ja Metsäkylä 2 (kaivosrekisteri n:o 7136/1) nimisellä valtausalueella vuosina 2000-2002 suoritetuista kultatutkimuksista. 11 s., 11 liitettä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M 06/2123/2004/2/10.
- Lehto T. & Kärkkäinen N. 2006. Tutkimustyöselostus Kullaan kunnassa valtausalueella Välimäki, kaivosrekisterinumero 7101/1, suoritetuista malmitutkimuksista. 12 s. + 4 liitettä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M06/1143/2006/1/10.
- Lehto T. & Vuori S. 2004. Kultatutkimukset Hämeenkyrön Lavajärvellä, Pässärinvuoren ja Lepomäen alueilla vuosina 1997–2003. 23 s., 26 liitettä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M 19/2124/2004/1/10.
- Lehto T. & Vuori S. 2006. Tutkimustyöselostus kultatutkimuksista Hämeenkyrön kunnan Lavajärven alueella, valtausalueilla Pässärinvuori (kaivosrek. nro 7277/1) ja Lepomäki (kaivosrek. nro 7276/1). 19 s. + 26 liitettä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M06/2124/2006/1/10.
- Lestinen P. & Mursu J. 2006. Tutkimustyöselostus Kalajoen kaupungissa valtausalueella Huhta 1(kaiv.rek.nro 7750/2) ja Huhta 2 (kaiv.rek.nro 8005/1) sekä niiden ympäristössä tehdyistä Kultatutkimuksista vuosina 2001-2006. Geologian tutkimuskeskuksen arkistoraportti. 17s, 14 liites. Sivulla vierailtu 6.3.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_2431_2006_1_10.pdf
- Lestinen P. & Mursu J. 2007. Tutkimustyöselostus Haapaveden kaupungissa valtausalueella Pääneva 1 (kaiv.rek.nro 7907/1) ja sen ympäristössä tehdyistä kultatutkimuksista vuosina 2004-2006 . Geologian tutkimuskeskuksen arkistoraportti. 34s. Sivulla vierailtu 8.3.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/06_2433_2007_3.pdf

- Lestinen P. & Mursu J. 2013. Tutkimustyöselostus Kalajoen kunnassa valtausalueella Ala 1. Kaiv. rek. nro 7298/1, tehdyistä kultamalmitutkimuksista vuosina 2000-2005. Geologian tutkimuskeskuksen raportti. 17s, 14 liitettä. Sivulla vierailtu 10.3.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_2431_2005_2_10.pdf
- Liikamaa T. 2016. Kaivosviranomaisen (Tukes) ajankohtaiskatsaus malminetsinnästä ja kaivos-teollisuudesta vuodelta 2016. Sivulla vierailtu 17.3.2016. http://www.tukes.fi/Tiedostot/kaivokset/tilastot/Kaivosviranomaisen_ajankohtaiskatsaus_2016.pdf
- Luukko A. 1971. Vaasan historia I. 623s.
- Luukkonen E., Halkoaho T., Hartikainen A., Heino T., Niskanen M., Pietikäinen K. & Tenhola M. 2002. Itä-Suomen arkeiset alueet-hankkeen (12201 ja 210 5000) toiminta vuosina 1992–2001 Suomussalmen, Hyrynsalmen, Kuhmon, Nurmeksen, Rautavaaran, Valtimon, Lieksan, Ilomantsin, Kiihtelysvaaran, Enon, Kontiolahden, Tohmajärven ja Tuupovaaran alueella. 265 s., 7 liites. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M 19/4513/2002/1. Sivulla vierailtu 17.5.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_4513_2002_1.pdf
- Luukkonen E., Halkoaho T., Hartikainen A., Heino T., Niskanen M., Pietikäinen K., Tenhola M. 2014. The activities of the Archean Terrains in Eastern Finland Project (12201 and 210 5000) in Suomussalmi, Hyrynsalmi, Kuhmo, Nurmes, Rautavaara, Valtimo, Lieksa, Ilomantsi, Kiihtelysvaara, Eno, Kontiolahti, Tohmajärvi and Tuupovaara areas during years 1992 – 2001. Geologian tutkimuskeskuksen arkistoraportti, M19/4513/2002/2. Sivulla vierailtu 17.5.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/M19_4513_2002_2.pdf
- Makkonen, H. 1985. Tutkimustyöselostus Juvan kunnassa valtausalueella Lumpeinen 1 kaiv. rek. n:o 3407 suoritetuista tutkimuksista. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M06/3231/-85/2/10. 3 s., 6 liitettä.
- Makkonen H. 1992. Kivikkokankaan Ni-Cu-malmiaiheen tutkimukset Juvalla vuosina 1988-1989. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M19/3231/92/1/10. 3 s., 1 liite.
- Marcos N. 1996. The Hyrkkölä native copper mineralization as a natural analogue for copper canisters. Tiivistelmä: Hyrkkölän luonnonkupariesiintymä kuparikanisterin luonnonanaloggiana. Posiva-raportti 96-15. Helsinki: Posiva. 39 s. + 6 liitettä. Sivulla vierailtu 17.4.2016. http://www.posiva.fi/files/2641/POSIVA-96-15_web.pdf
- Marin M. 2014. Buried treasure beneath a mysterious hill. Teoksessa: Mining Road. Karelian Research Center RAS, Petrozavodsk, s. 39.
- Mattila S. 2015. Kansannäytteiden hyödyntäminen Itä-Suomen kriittiset mineraalit hankkeessa. Geologian tutkimuskeskuksen arkistoraportti. 28s. Sivulla vierailtu 17.4.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/1_2015.pdf
- Mäntylä L. 2002. Pyöreä kirkko keskellä kylää. Yleisen teologian seminaariesitelmä 21.-23.3.2002. Sivulla vierailtu 17.7.2016. <http://www.vimpeli.fi/Default.aspx?id=415841>
- Mäkelä M. & Sandberg, E. 1985. Raahen Laivakankaan kultaesiintymä. The gold occurrence at Laivakangas, Raahen. Geologi. 37, 5–8.
- Möller P. 1989. Rare earth mineral deposits and their industrial importance. Teoksessa: Möller P., Cerny P. & Saupé F. (toim.) Lanthanides, tantalum and niobium - mineralogy, geochem-

istry, characteristics of primary ore deposits, prospecting, processing and applications: New York, Springer-Verlag, sivut 171-188.

- Nenonen J. 2005a. Malmiviitteiden selvittämiseen vaikuttavat tekijät. Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusraportti. 14s, 1 liite.
- Nenonen J. 2005b. Malminetsintää palvelevat maaperätutkimukset Aakenuksella, Rytijänkkällä ja Misissä. 22 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, P 23.4.021.
- Nenonen J. 2006. Kansannäytetoiminta ennen ja nyt. *Geologi* 58 (4), 128–130.
- Nenonen J. & Hietala S. 2017. Ilmajoen Sudenkylän maaperätutkimukset vuonna 2017. Julkaisematon raportti.
- Nikander J. 1999. Kultamalmitutkimukset Pyhäjoen Oltavassa, karttalehdellä 2432 11, vuosina 1998 ja 1999. 43 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M19/2432/-99/2/10.
- Nikander J. 2006. Reisjärven Pakoperän kairaukset karttalehdellä 2343 03 vuonna 2006. 13 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, Sivulla vierailtu 17.4.2017. M19/2343/2006/1/10. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2343_2006_1_10.pdf
- Niskanen M. 2013. Electromagnetic SAMPO soundings at Taivaljärvi 2013. Research report M178K2012, Geologian tutkimuskeskus. 9 s., 31 liitettä. Ei julkinen.
- Niskanen M., Jokinen J., Halkoaho T. & Makkonen H. 2016. Kuhmon Kellojärven geofysikaaliset GTK-FrEM – mittaukset 2016, 32 s.
- Nurmi P., Eilu P. & Vuori S. 2009. Suomen mineraalivarannot. Teoksessa: Haapala I., & Pulkinen T., (toim.). Maan ytimeistä avaruuteen: ajankohtaista suomalaista geo- ja ympäristötieteellistä tutkimusta. Vammalan kirjapaino Oy: 53–72.
- Notkin G. 2017. What are meteorites? <http://geology.com/meteorites/>
- Nurmi P. & Rasilainen K. 2015. Finland's mineral resources. Teoksessa: Lahtinen, R., Maier W.-D. & O'Brien, H (toim). Mineral Deposits of Finland, Elsevier Amsterdam, s. 291-303.
- Nystén S. 2008. Korsnäs gruvhistoria. Oy Fram Ab, Vaasa.
- Oja H. 1978. Tulipalloja taivaalla. 208 s. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa.
- Ojanperä M. 1985. Näyte kansasta – kansannäyte. *Geologi* 6/1985. Suomen Geologisen seuran julkaisu. 37. vuosikerta.
- Papunen H., Haapala, I. & Rouhunkoski P. (toim.). 1986. Suomen malmigeologia: metalliset malmiesiintymät. Helsinki, Suomen Geologinen Seura r.y., 317 s.
- Park J., Lindsay F. N., Turrin B. D., Herzog G. F., Delaney J. S. & Swisher C. C. 2016. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age dating of two chondrules from the Bjurböle (L/LL4) chondrite. 79th Annual Meeting of the Meteoritical Society (2016). Sivulla vierailtu 20.5.2016. <https://www.hou.usra.edu/meetings/metsoc2016/pdf/6440.pdf>
- Pekkarinen L. 1990. Markenlammen Cu-Ni-lohkareen lähtökohdan selvittämiseksi tehdyt malmitutkimukset Lieksan itäosassa 1988–1989. Outokumpu Oy: tutkimusraportti 001/4341 01,02,04/LP/1990. Sivulla vierailtu 14.4.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/001_4341_01_02_04_lp_1990.pdf

- Pekkarinen L. J. & Hietala S. 2015. Pohjois-Karjalan Cu-Co-Zn-malmilohkareet Outokumpu-assosiaatiovyöhykkeiden malmipotentialin indikaattoreina. Geologian tutkimuskeskuksen arkistoraportti 42/2015. Sivulla vierailtu 17.11.2016.
http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/42_2015.pdf
- Peltonen K. 1995. ”Kun piru itse hyppäsi piisistä”. Vimpelin seudun talonpoikaisen kalkinpolton muistomerkkien inventointi- ja dokumentointikertomus. Museoviraston raportti, 172s. Sivulla vierailtu 17.4.2016.
https://www.kyppi.fi/palveluikkuna/mjhanke/read/asp/hae_liite.aspx?id=114463&ttyyppi=pdf&kansio_id=934
- Peltoniemi M. 1988. Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimusmenetelmät. Otakustantamo, 411 s.
- Peuraniemi V. & Aario R. 1989. Hydromorphic dispersion of uranium in surficial environment in northern Finland. In: 28th International Geological Congress, Washington, D.C. USA, July 9-19, 1989. Abstracts. Vol. 2, 601–602. Sivulla vierailtu 18.5.2016.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0375674291900848>
- Pietikäinen K., Halkoaho T., Hartikainen A., Niskanen M. & Tenhola M. 2005. Itä-Suomen arkeiset alueet II-hankkeen (2105000) toiminta vuosina 2001–2004 Kuhmon, Nurmeksen, Lieksan ja Hyrynsalmen alueilla. 84 s., 5 liites. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M19/4411/2005/1. Sivulla vierailtu 20.5.2017.
http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_4411_2005_1.pdf
- Pietikäinen K., Hartikainen A., Niskanen M. & Tenhola M. The gold prospects; Kuikka, Syrjälä N, Syrjälä S and Tupakkiloma in Kiannanniemi, Suomussalmi, Eastern Finland. CM06/4511/2000/1. Sivulla vierailtu 20.5.2017.
<http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Tender/Kuikka/kuikka.htm>
- Piiparinen P. 2007. Kaivoksesta kaupungiksi: historiateos Outokummun kaivoksesta, kaivosyhdyskunnasta ja Outokummun kaivostoiminnan jälkeisestä ajasta. Outokummun kaivosmuseon säätö, 2008. Outokummun kaivosmuseon julkaisuja. 125 s.
- Piltti J. 2011. Röntgenfluoresenssianalytiikan (XRF) soveltaminen kiviaineteiden seulontaan kansannäytetutkimuksessa. Geologian tutkimuskeskus, Kuopio, 23 s.
- Pirkanmaan maakuntamuseo. 2015. Kukkian kalkkikaivos.
<http://adoptoimonumentti.fi/kohteet/kukkian-kalkkikaivos/>
- Poutanen P. 1996. Suomalaisen sinkin ja kuparin juurilla. Orijärven kaivos 1957-1957. Gummerus Kirjapaino Oy: Jyväskylä.
- Puranen R. 1988. Modelling of glacial transport of basal tills in Finland. Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusraportti. Sivulla vierailtu 25.5.2016.
http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_081.pdf
- Puustinen K. 2002. Kaivoslain mukaiset valtaukset, kaivospiirit ja tutkimustyöselostukset Suomessa vuosina 1811 – 2001. M 10.1/2002/3. Tietokanta verkossa, 25 s. Sivulla vierailtu 3.6.2017. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m10_1_2002_3.pdf
- Puustinen K. 2003. Suomen kaivosteollisuus ja mineraalisten raaka-aineiden tuotanto vuosina 1530 - 2001, historiallinen katsaus erityisesti tuotantolukujen valossa. 578 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M10.1/2003/3. Sivulla vierailtu 19.5.2016.
<http://weppi.gtk.fi/aineistot/kaivosteollisuus/>

- Puustinen K. 2004. Kaivokset ja rautaruukit 1600-luvulla, osa 2: Rautateollisuuden nousukausi. *Geologi* 56, (7), s. 160–161.
- Puustinen K. 2014. Tilasinvuoren kuparikaivos Tammelassa 1740–1749. *Geologi* 66, 80–85.
- Puustinen K. 2015. Väsbyn rautakaivos Korppoossa 1840–1864. *Geologi* 5/2015. Sivulla vierailtu 22.5.2016. http://www.geologinenseura.fi/geologi-lehti/5-2015/Geologi_5_2015_04vaesby.pdf
- Rautalammin kunta. 2012. Muhkea palkkio kaivostoimintaan johtavalle hankkeelle. Rautalampi.fi <http://www.rautalampi.fi/node/847>. Sivulla vierailtu 12.5.2012.
- Ratia A. 1968. Malmiaapinen. Arvi A. Karisto Oy:n kirjapano, 61s.
- Ratia A. 1989. Viime vuosisatojen kansannäytetoiminta. *Malmivasara* 25:18–19.
- Ratia A. 1996. Lohkareesta emäkallioon – jäätiköstä maaperäksi. Gummerus kirjapaino; Jyväskylä, 222s.
- Rasilainen K., Eilu P., Äikäs O., Halkoaho T., Heino T., Iljina M., Juopperi H., Kontinen A., Kärkkäinen N., Makkonen H., Manninen T., Pietikäinen K., Räsänen J., Tiainen M., Tontti M. & Törmänen T. 2012. Quantitative mineral resource assessment of nickel, copper and cobalt in undiscovered Ni-Cu deposits in Finland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 194 –Geological Survey of Finland, Report of Investigation 194, 514 sivua, 14 kuvaa, 10 taulukkoa ja 6 liitettä.
- Rasilainen K., Eilu P., Halkoaho T., Karvinen A., Kontinen A., Kousa J., Lauri L., Luukas J., Niiranen T., Nikander J., Sipilä P., Sorjonen-Ward P., Tiainen M., Törmanen T. & Västi K. 2014. Quantitative assessment of undiscovered resources in volcanogenic massive sulphide deposits, porphyry copper deposits and Outokumpu-type deposits in Finland. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 208. 60 sivua, 19 kuvaa, 9 taulukkoa, 7 liitettä.
- Rasilainen K., Eilu P., Halkoaho T., Karinen T., Konnunaho J., Kontinen A. & Törmänen T. 2016. Quantitative assessment of undiscovered resources in stratiform and podiform chromite deposits in Finland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 226, 34 sivua, 13 kuvaa, 6 taulukkoa ja 3 liitettä.
- Rollinson H. 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Geochemistry Series. Longman Publishing Group. 384s.
- Rosenberg P. 1992. Kultatutkimuksen Valkeakosken Kaapelinkulman alueella vuosina 1986 - 1992. Geologian tutkimuskeskus, raportti M19/2132/-92/1/10.
- Rosenberg P. 2000a. Tutkimusraportti Nokian ja Ylöjärven kuntien alueella, Metsäkylänimisellä valtausalueella (Kaivosrekisteri n:o 6623/1), vuosina 1997–1999 suoritetuista kultatutkimuksista. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti. Sivulla vierailtu 3.3.2017. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2123_2000_1_10.pdf
- Rosenberg P. 2000b. Paimion Korvenalan alueella vuosina 1996–1998 suoritettut kultatutkimukset. 7 s., 18 liitettä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M 19/2021/2000/1/10.

- Ruotoistenmäki T. 2016. Lithochemical Maps (Atlas) of Finland. Geologian tutkimuskeskus. Opas 62, 121 sivua, 190 kuvaa ja 9 taulukkoa.
- Saksela M. 1948. Outokummun kuparimalmin löytö. Valtioneuvoston kirjapaino. 36 s. Geoteknillisiä julkaisuja.
- Saksela M. 1949. Malminetsintä – Suomen oloja silmälläpitäen. Aikamme kulttuuri 16. Gummerus Oy: Jyväskylä. 242s + 1 liitekartta.
- Salminen R. 1993. Geokemiallisten karttojen käyttö malminetsinnässä. Teoksessa: Malminetsinnän menetelmät. toim. I. Haapala, L. Hyvärinen ja P. Salonsaari. Helsinki. Yliopistopaino. 256s.
- Salonen V-P. 1993. Malmilohkareet malminetsinnän apuna. Teoksessa: Malminetsinnän menetelmät. toim. I. Haapala, L. Hyvärinen ja P. Salonsaari. Helsinki. Yliopistopaino. 256s.
- Salonen V-P. & Kokkola M. 1981. Esimerkkejä pintamoreeniaineksen lohkarikuljetuksesta Lounais-Suomessa. Geologi 33. Nro 8-9, s. 130–140. Suomen geologinen seura.
- Saltikoff B. 1987. Malmiviiteluettelo. Geologian tutkimuskeskus. Sivulla vierailtu 17.4.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m10_1_1997_1_12.pdf
- Saltikoff B. (toim.). 1985. Lohkare-etsijän opas. Geologian tutkimuskeskus. Opas 13. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 23 s.
- Saltikoff B. 1992. Malmilohkareet ja niiden käyttö malminetsinnässä. Teoksessa: Koljonen, T. (ed.) Suomen geokemian atlas. Osa 2: Moreeni = The Geochemical Atlas of Finland. Part 2: Till. Espoo: Geologiantutkimuskeskus, sivut 80–83.
- Saltikoff B. 1997. Malmiesiintymäkortisto. 238 s., 141 liitesivua, 1 levyke. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M10.1/1997/1/12.
- Saltikoff B., Laitakari I., Kinnunen K. A. & Oivanen, P. 1994. Helsingin seudun vanhat kaivokset ja louhokset. Geologian tutkimuskeskus, Opas 35. 64 s.
- Saltikoff B., Puustinen K. & Tontti M. 2000. Suomen metallimalmiesiintymät - saatteeksi Suomen malmiesiintymäkarttaan. Geologian tutkimuskeskus, Opas 49 - Geological Survey of Finland, Guide 49. 29 sivua, 15 kuvaa, 2 liitettä.
- Sandgren E. 1982. Raahan Laivakankaan geofysiikan tutkimukset. Outokumpu Oy:n raportti. Sivulla vierailtu 17.4.2016. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/040_2432_09_2441_07_es_82.pdf
- Sarala P. 2015. Geokemiallinen näytteenotto ja menetelmät sekä näytekäsittely: Malminetsinnälliset tutkimukset. GTK-Akatemia: Geokemia. Luento 11.3.2015.
- Sarapää O. 2011. Hi-tech-metallien merkitys ja potentiaali. Geologian tutkimuskeskus. Maan alla ja päällä –seminaari 24.2.2011. Oulun yliopisto. Sivulla vierailtu 16.10.2016. http://www.kotu oulu.fi/projektit/oms/map3/Olli_Sarapaa.pdf
- Sarapää O., Pankka H., Hulkki H., Karvinen A., Keinänen V., Pulkkinen E., Lahti I., Salmirinne H. & Sarala P. 2008. Pohjois-Suomen kultavarujen kartoitus vuosina 2003–2008. Loppuraportti. Hanke 2108002, 2901005. 91 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M10.4/2008/77.

- Siikaluoma J. 2006. Malmilohkareiden sormenjälkiprojekti. Loppuraportti. Oulun yliopisto.
- Sjögren H. 1895. Preliminära meddelanden om några undersökningar på svenska mineral. 4. Tilasit eller fluor-adelit från Långban. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar, 17, 291-294
- Solismaa S. 2015. Pieksämäen Lammusteen malminetsintätutkimukset vuosina 2013–2015. Geologian tutkimuskeskuksen arkistoraportti. Sivulla vierailtu 22.10.2016.
http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/1_2016.pdf
- Stigzelius H. 1953. Pyhäjoen Oltavan kultamalmiaihe. Julkaisematon arkistoraportti. Geologian tutkimuskeskus. M/17/Pj-53/4.
- Talvitie J. 1986. Kansannäytteet, tärkeä osa malminetsintää. Malmisanomat 1986 (1)7.
- Tiainen M., Valjus T. & Lempiäinen R. 2010. Joutsenon Lipiälän Ni-tutkimukset 1996 ja 2007-2009. 85 s. Sivulla vierailtu 17.4.2016.
http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_4112_2010_71.pdf
- Tilas D. 1740a. Mineral historia öfver Björneborgs och Tavastehus Lähner med någre andre få ställen i de öfrige lähnen uti Finland. Socknevis anmärkt vid Durchfarts undersökningen i Finland Åhren 1737 och 1738. Stockholm: Manuskript 12 Maj 1740.
- Tilas D. 1740b. Tankar om malmletande i anledning af löse gråstenar. Kongi. Svenska Vetensk.Akad. Handlingar för år 1740.
- Toropainen V. 2006. Yhteenveto sulfidimalmikaivostoiminnasta Suomessa ja toiminnassa muodostuvista sivutuotteista sekä niiden ympäristövaikutuksista. 58 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, S 49/0000/2006/2.
- Tuunanen P., Tarasti M. & Rautiainen, A. (toim.) 2012 Jokamiehen oikeudet ja toimiminen toisen alueella. Lainsäädäntöä ja hyviä käytäntöjä. Suomen ympäristö 30/2012, Ympäristöministeriö. 141 s. Sivulla vierailtu 16.10.2016.
<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38797>
- Tuovinen L. 2013. Seinäjoen Tiilikallion kulta-aiheen geologia, mineralogia ja geokemia. Pro gradu –tutkielma, 77s + 4 liitettä. Oulun yliopisto, Geotieteiden laitos. Sivulla vierailtu 18.10.2016. <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201306011431.pdf>
- Turunen E. Orijärven kaivos 1757–1957. 1957.Vuoriteollisuus. Sivulla vierailtu 4.6.2016.
http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/orij%C3%A4rvi_historiaa.pdf
- Turunen P. 1992. Kultamalmien geofysikaalinen etsintä. GTK:n arkistoraportti, 10 s. 10 liitettä.
http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m10_2_92_1_turunen.pdf
- Turkka S. 1994. Pohjalaasten kivikirja. Etelä-Pohjanmaan kalliot ja korukivet. Lakeuden kivi-kerho, 1994, 216 s.
- Tukes 2016. Vuoriteollisuustilastot 2015. Sivulla vierailtu 2.2.2017.
<http://www.tukes.fi/Tiedostot/kaivokset/tilastot/VUORI2015.pdf>
- Tukes 2017. Vuoriteollisuustilastot 2016. Sivulla vierailtu 2.2.2017.
http://www.tukes.fi/Tiedostot/kaivokset/tilastot/Tilastotietoja_vuoriteollisuudesta_2016.pdf

- Törmä H. 2010. Mahdollisen kultakaivoksen vaikutukset Seinäjoen seutukuntaan – esitutkimus. RegFin-raportti. Sivulla vierailtu 16.10.2016.
http://www.helsinki.fi/ruralia/asiantuntijapalvelut/ypf_fin/pdf/EPkaiivostutkimus.pdf
- Valkama J. 2007. Maaperägeologinen ja geokemiallinen malminetsintä Pohjois-Suomessa. LuK-tutkielma. Oulun yliopisto, Geotieteiden laitos. 82s.
- Vanne J. 2011. Lentokoneesta tehdyn laserkeilauksen käytöstä geologisessa tutkimuksessa. Esitelmä Kuopiossa (GTK) 15.3.2011.
- Vartiainen U. 2014. The Mätäsvaara molybdenum mine, Pielisjärvi and Lieksa. Teoksessa: Shekov V. A. (toim.). 2014. Mining Road. Karelian research center of the Russian Academy Of Sciences. The Institute of Geology, Petrozavodsk, 362s.
- Vihreäpuu U. 2000. Kaivoslain 19 §:n mukainen tutkimustyöselostus Valkeakoski: "Kaaupelin-kulma" ja "Perkoonsuo 1" Kaiv.rek.n:o:t 5790/1 ja 6557/1. 2 s., 1 liite. Outokumpu Oy.
- Virkkala K. 1986. Geologian tutkimuskeskuksen 100-vuotishistoriikki. Vol. 4. Erikoisjulkaisut - Special Publications. 90 s., 2 liitettä.
- Wasastjerna G. 1840. Belöning för malmfynd. 2 s. 1 ohut kansio. GTK:n arkistoraportti.
- Wennervirta H. 1967. Geokemiallisen malminetsinnän alueellisia sovellutuksia. Outokumpu Oy:n malminetsinnän raportti. Sivulla vierailtu 18.10.2016.
http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/060_geok.sov._hw_67.pdf
- Wik H. 2015. Kivinevan kultatutkimukset Lestijärvellä vuosina 2012-2014. Geologian tutkimuskeskuksen raportti, 21s. Sivulla vierailtu 25.10.2016.
http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/21_2015.pdf
- Wik H. & Isomaa J. 2014. Paston kultatutkimukset Etelä-Pohjanmaalla vuosina 2008–2013. Geologian tutkimuskeskus, 32 s. Sivulla vierailtu 16.10.2016.
http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/8830_1_2_3.pdf
- Wyman D.A (toim.). 1996. Trace element geochemistry of volcanic rocks: applications for massive sulphide exploration. Sarjassa: Short course notes (Geological Association of Canada); v. 12. 402s.
- Yle 2012. Yleisradio Elävä arkisto. Tietoisku: Etsi sinäkin malmia.
<http://yle.fi/aihe/artikkeli/2011/11/21/tietoisku-etsi-sinakin-malmia> Sivulla vierailtu 25.4.2017.
- Yoder H. S. & Sahama T. G. 1957. Olivine X-ray determinative curve. American Mineralogist, 42, sivut 475-491.

12 Liitteet

LIITE 1. Kansannäytteiden jatkotutkimusaiheet 2000-luvulla.

Paikka	Kunta	Metalli	Tutkimus	Raportti
Laivakangas	Raahe	Au	1982-1988, 1997-2002, 2005-	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/040_2432_09_2441_07_es_82.pdf
Alakylä – Pääne-va	Haapavesi	Au	2004-2006	http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/06_2433_2007_3.pdf
Antikanperä	Oulainen	Au	1988, 1999	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2433_2003_1_10.pdf
Oltava	Pyhäjoki	Pd, Au	1997	http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_2432_2003_1_10.pdf
Alapää	Kalajoki	Au	2000-2004	http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_2431_2005_2_10.pdf
Huhtakylä	Kalajoki	Au	2000-2001	http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_2431_2006_1_10.pdf
Lehtonen	Haapajärvi	Au	2004	http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_2344_2007_38.pdf
Hirsikangas	Himanka	Au	2003	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2413_2006_1_10.pdf
Kaakkurinkangas, Nokkakangas	Kannus	Au	1998, 2006	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2324_2342_2413_2431_2009_18.pdf
Mustajärvi	Kalajoki	Au	2001	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2212_93_10_1.pdf
Pakoperä	Reisjärvi	Zn	1996	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2343_2006_1_10.pdf
Peurakallio	Alajärvi	Au	2008-2014	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/2_2015.pdf
Norssinjärvi	Reisjärvi	Au	2012-2015	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/72_2015.pdf
Kivineva	Lestijärvi	Au	2012-2015	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/72_2015.pdf http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/21_2015.pdf
Pirttijärvi	Sievi	Au	2010-2014	http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/20_2015.pdf
Sikakangas	Seinäjoki	Au	2002-2003	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2222_2010_55.pdf
Sudenkylä	Ilmajoki	Au	1980-l, 1990-l, 2016	Nenonen & Hietala 2017, tutkimusraportti tekeillä
Timanttima	Seinäjoki	Au	1987-1991	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2223_92_1_10.pdf
Tiilikallio	Seinäjoki	Au	1981-1983, 2011-2012	http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201306011431.pdf
Pasto	Seinäjoki	Au		http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/8830_1_2_3.pdf
Välikorpi	Ilmajoki	Au	2008-2009, 2011	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/97_2012.pdf http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/105_2012.pdf
Riukka	Tammela	Au	2007	http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_2024_2007_1_10_69.pdf
Välimäki	Kullaa	Au	1996	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/75_2016.pdf http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_1143_2006_10_1.pdf
Ania	Pirkkala	Au	1999	http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_2123_2006_1_10.pdf
Lavajärvi	Hämeenkyrö	Au	1996	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_1143_2000_1_10.pdf
Metsäkylä	Ylöjärvi	Au	1997	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2123_2000_1_10.pdf
Korvenala	Paimio	Au	1996	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2021_2000_1_10.pdf
Kultanummi	Halikko	Au	2001	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m10_4_2007_10_71.pdf
Lammuste	Pieksämäki	Au	2015	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/1_2016.pdf
Saarijärvi	Kullaa	Au	2000, 2008, 2010	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/75_2016.pdf
Valkeasuo	Nakkila	Au	2007	
Kuuma	Jokioinen	Au		http://tupa.gtk.fi/julkaisu/specialpaper/sp_052.pdf http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m10_4_2007_10_71.pdf
Lipiälä	Joutseno		1996, 2007-2009	http://arkisto.gtk.fi/m19/4112/m19_4112_2010_71.pdf
Pitkä-Valkama ja Jonkeri	Lieksa, Kuhmo	Ni	2003	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/87_2016.pdf
Jamali	Lieksa	Ni	1990, 1991	http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_4314_2004_1_10.pdf
Sudenniemi	Taipalsaari	Ni, Cu	2007	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/18_2012.pdf
Junttilanniemi	Paltamo	Pd, Pt	1998	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/1_2011.pdf
Vuosanka	Kuhmo	Ni	2003	M06/4412/2006/2/10
Änäkäinen	Lieksa	Ni, Cu	1995	M 19/4411/2005/1
Soppi	Tohmajärvi	Cu, Au	2004	
Alanko	Keitele	Zn	2006	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_3314_2008_6.pdf
Jurtti	Nurmes	Ni	1990, 1991	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_4324_2006_1_10.pdf

Löttö	Kuhmo	Au	2000	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_4411_2005_1.pdf
Pahasuo	Kuhmo	Au	2001, 2002	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_4513_2002_1.pdf
Pukinselkä	Tervola	Au	2002	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m19_2633_2007_10_63.pdf
Ahvenvaara	Rovaniemi	Au	2005	http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/m10_4_2008_77.pdf
Misi	Rovaniemi	Au	1999	http://tupa.gtk.fi/raportti/valtaus/m06_3614_2008_10_47.pdf
Kuikka	Suomussalmi	Au	1998	http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Tender/Kuikka/kuikka.htm