

# Kiteen-Tohmajärven alueen Li- potentiaalitutkimukset 2019–2022

Jaro Kuikka, Helena Hulkki, Panu Lintinen, Matti Kinnunen, Jari Nenonen,  
Anne Taivalkoski ja Petri Valasti

26.5.2023

## GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

## KUVAILULEHTI

Tekijät Jaro Kuikka, Helena Hulkki, Matti Kinnunen, Panu Lintinen, Jari Nenonen, Anne Taivalkoski ja Petri Valasti		Raportin laji Työraportti	
		Toimeksiantaja Geologian tutkimuskeskus	
Raportin nimi Kiteen-Tohmajärven alueen Li-potentiaalitutkimukset 2019–2022			
Tiivistelmä Osana Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) nelivuotista akkumineraalipotentialin tutkimus - projektia 2019–2022 selvitettiin Kiteen-Tohmajärven alueen litiumpotentiaalia. Tutkimusmenetelminä käytettiin kallioperäkartoitusta, maaperän geokemiaa, geofysiikkaa sekä kallioperäkairausa. Tässä työraportissa, joka samalla on tutkimusten loppuraportti, kuvataan Kiteen-Tohmajärven Li-provinssin geologiset taustatiedot, alueella tehdyt tutkimukset ja niiden tulokset. Aineiston ja tulosten pohjalta esitetään arvio alueen Li-potentiaalista.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Akkumineraalit, mineraalipotentialin kartoitus, malminetsintä, kallioperäkartoitus, geokemia, geofysiikka, kallioperäkairaus, pegmatiitit, litium			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Pohjois-Karjala, Kitee, Tohmajärvi, Rääkkylä, Parikkala			
Karttalehdet N53, M53			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi GTK:n työraportti		Arkistotunnus 32/2023	
Kokonaissivumäärä 87 s.	Kieli suomi	Hinta -	Julkisuus Julkinen
Yksikkö ja vastuualue Mineraalitalouden ratkaisut		Hanketunnus 50402-20090, 50402-20108221	
Allekirjoitus/nimen selvennys Hanna Leväniemi (ryhmäpäällikkö)		Allekirjoitus/nimen selvennys Jaro Kuikka	

26.5.2023

## Sisällysluettelo

### Kuvailulehti

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUSALUE	1
3	AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET	6
3.1	Kallioperäkartoitus	6
3.2	Pegmatiittitutkimukset	6
3.3	Geokemialliset tutkimukset	7
3.4	Muut malmitutkimukset	8
4	UUDET SUORITETUT TUTKIMUKSET	10
4.1	Geokemialliset tutkimukset	10
4.1.1	Pintageokemian näytteenotto	10
4.1.2	Maaperätutkimukset ja montutus	13
4.2	Kallioperäkartoitus ja lohkare-etsintä	17
4.3	Geofysikaaliset tutkimukset	19
4.4	Kallioperäkairaukset	19
4.4.1	Selkäpäivänrinne NW	20
4.4.2	Rubelliittipegmatiitti	20
4.4.3	Surmasuo S	20
4.4.4	Surmasuo E	21
5	TULOKSET JA TULKINTA	22
5.1	Geokemia	22
5.1.1	Pintageokemia, vuoden 2020 tulokset	22
5.1.2	Pintageokemia, vuoden 2022 tulokset	27
5.1.3	Montutus ja koekuopat	37
5.2	Kallioperä- ja lohkarehavainnot	55
5.2.1	Kitee ja Tohmajärvi	55
5.2.2	Savonranta ja Rääkkylä	61
5.2.3	Parikkala	63
5.3	Kallioperäkairaus	64
5.3.1	Selkäpäivänrinne NW	64
5.3.2	Rubelliittipegmatiitti	65

26.5.2023

5.3.3	Surmasuo S	67
5.3.4	Surmasuo E	70
5.4	Geofysiikka	74
5.4.1	Radiometriset mittaukset	77
5.4.2	Yhteenveto geofysiikan mittauksista	79
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	80
7	KIRJALLISUUSVIITTEET	82

26.5.2023

## 1 JOHDANTO

Osana GTK:n nelivuotista akkumineraaliprojektia 2019–2022 valittiin yhdeksi tutkimusalueeksi Kiteen ja Tohmajärven alueen pegmatiitteihin liittyvä Li-provinssi. GTK on tutkinut Kiteen-Tohmajärven alueen pegmatiitteja 1960- ja 70-luvuilla (Saikkonen 1963, Alviola 1974a ja b). Alueelta on löydetty kompleksipegmatiitteja (LCT-pegmatiitteja), joissa on mm. beryylliä sekä Li-mineraaleja. Parhaimmillaan pala- ja kairasydännäytteiden  $\text{Li}_2\text{O}$  -pitoisuus nousi yli 5 %:iin, mikä vastaa yli 60 % spodumeenipitoisuutta. Toisaalta pegmatiittien kokonaismäärään nähden kompleksisten ja erityisesti Li-mineraaleja sisältävien pegmatiittien lukumäärä on melko pieni ja ne esiintyvät varsin suppealla alueella. Aikaisemmista pegmatiittitutkimuksista on tarkempi kuvaus kappaleessa 3.

Tutkimusten aluksi tehtiin vuonna 2019 Kiteen-Tohmajärven alueen Li-potentiaalista esiselvitys, jonka tavoitteena oli pääosin vanhan aineiston pohjalta arvioida aiemmin tehtyjen tutkimusten alueellinen kattavuus ja tutkimusten laatu, joista puolestaan arvioitiin provinssin Li-potentiaalia uusien esiintymien löytämiseksi ja tunnetun alueen laajentamiseksi.

Ensisijaisesti alue on kiinnostava litiumin suhteen. Kallioperässä esiintyvien sulfidirikkaiden mustaliuskeiden ansiosta alueella on myös jonkinasteista Co-Ni-(Cu-Au) -potentiaalia. Vanhoista aineistoista ei kuitenkaan ole löydetty viitteitä kohonneista perus- tai jalometallipitoisuuksista. Alue ei ollut projektin alkaessa eikä projektin aikana yhtiöiden tutkimusten kohteena.

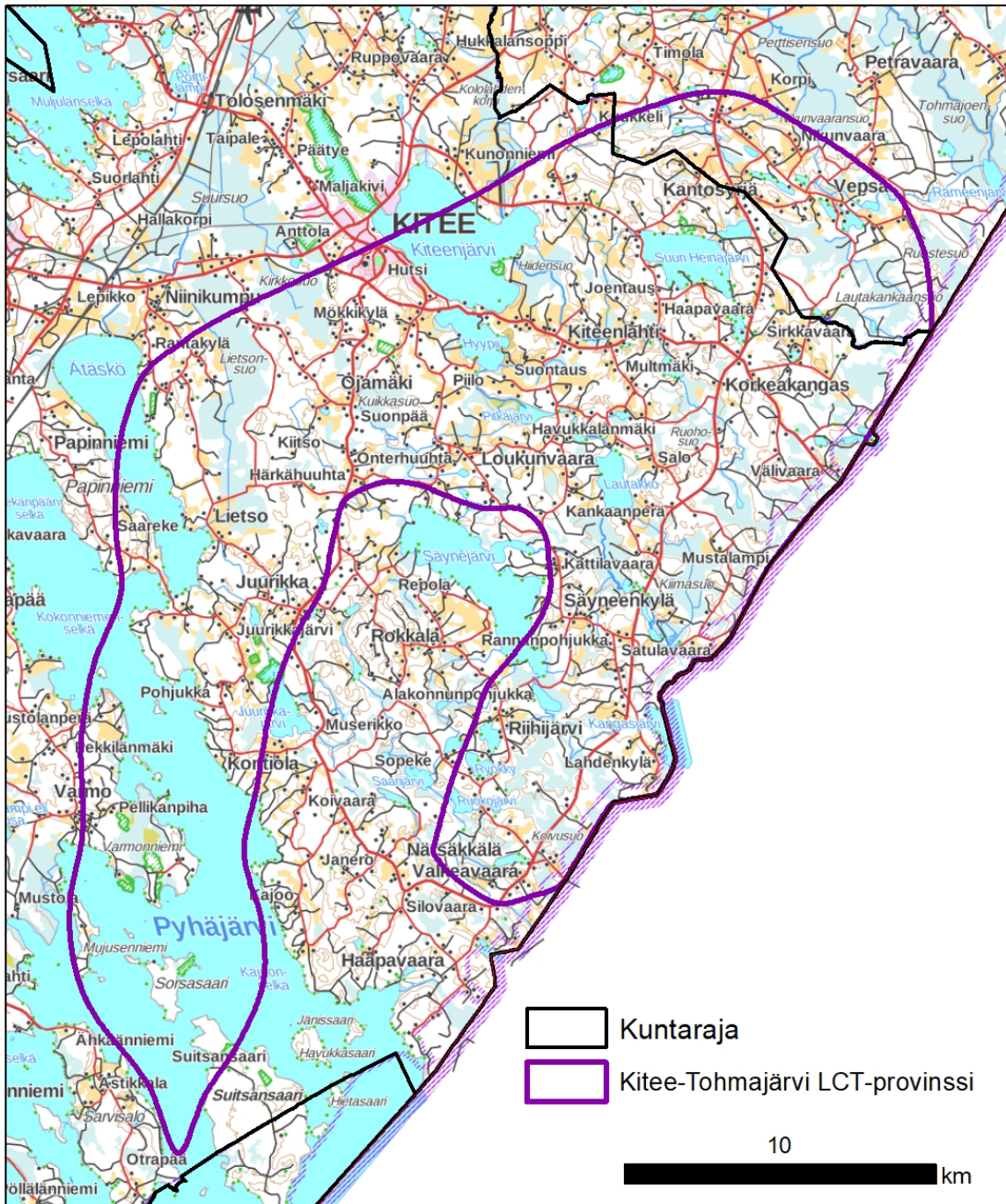
Tutkimuksiin osallistuivat vuosien 2019–2022 välillä GTK:n henkilöstöstä Jaro Kuikka, Panu Lintinen, Juha Vuohelainen, Helena Hulkki, Anne Taivalkoski, Matti Kinnunen, Jari Nenonen, Jorma Valkama, Heikki Pirinen, Jukka Kaunismäki, Jarmo Asikainen, Petri Valasti, Kristian Sotti ja Markus Penttinen sekä kesäapulaiset Heli Rankinen, Kirsi Pääkkönen, Nikolaos Karampelas ja Joonas Tulokas.

## 2 TUTKIMUSALUE

Tutkimusalue sijaitsee pääosin Kiteen kunnan, pohjoisosiltaan myös Tohmajärven kunnan alueella. Lisäksi tutkimusaluetta laajennettiin projektin aikana osaan Parikkalan kunnan alueesta sekä Rääkkylän kunnan eteläosaan.

Kuvassa 1 esitetty aluerajaus on löytymättömien Li-varantojen arvioinnin yhteydessä tehty Kiteen-Tohmajärven Li-provinssin rajaus (Rasilainen et al. 2018). Rajaus pohjautuu pegmatiittigraniittien esiintymiseen kallioperäkartoilla. Tätä rajausta käytettiin esiselvitysvaiheen tarkastelussa. Alue sijoittuu KKJ -karttalehdille 4124, 4142, 4213, 4231 ja 4232. UTM-järjestelmän mukaiset 1 : 50 000-mittakaavaiset karttalehdet ovat N533 ja N534.

26.5.2023



Kuva 1. Kitee-Tohmajärven Li-provinssin rajaus. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2019.

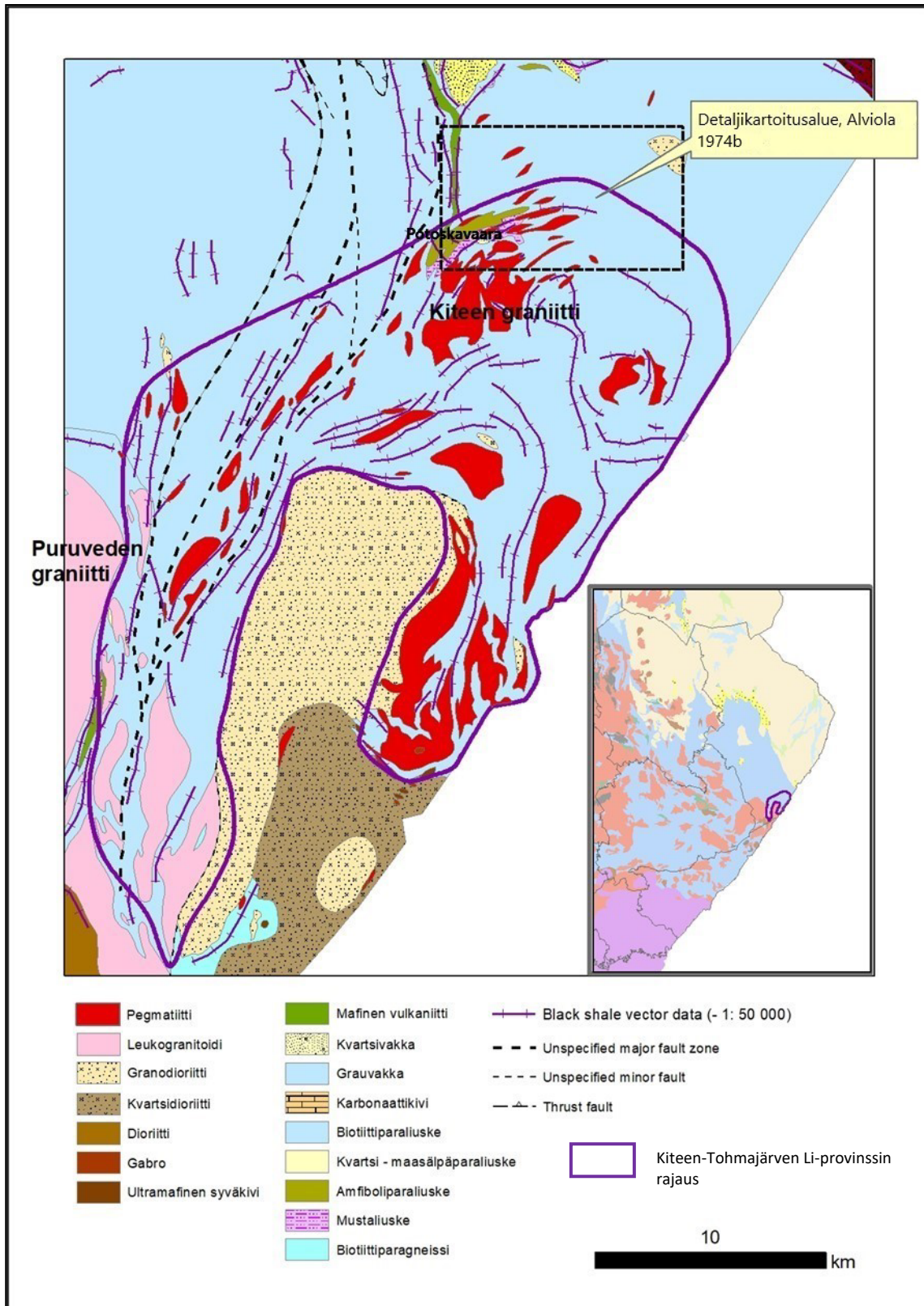
26.5.2023

GTK:n digitaalinen karttatietokannan ja siihen liittyvän yksikkötietokannan mukaan Kiteen-Tohmajärven Li-provinssin kallioperä (kuva 2) kuuluu Tohmajärven sviittiin (Luukas et al. 2017), joka on Karjalaiseen provinssiin sisältyvä paleoproterotsooinen litodeeminen yksikkö. Alueen pintakivien litologia koostuu kiilleliuskeista, grauvakoista, mustaliuskeista ja mafisista vulkaniiteista. Vähemmässä määrin esiintyy myös kvartsiitteja ja metadiabaaseja. Geofysiikan matalalentoaineistossa kiisupitoiset mustaliuskeet erottuvat voimakkaina magneettisina ja sähköisinä anomaliaina.

Tohmajärven sviitin pintakiviin tunkeutuvat ja niitä leikkaavat Kiteen graniittisviitin pegmatiittigraniitit, jotka on tulkittu alueen LCT-pegmatiittien kantamagmaksiksi. Provinssin länsi- ja lounaispuolella on laaja-alainen Puruveden graniitti. Etelästä provinssin keskelle tunkevat suuret grano- ja kvartsidioriittiplitonit.

Suomen metamorfisen kartan mukaan Kiteen-Tohmajärven Li-provinssi kuuluu pääosin keskiasteen, osin myös alhaisen asteen amfiboliittifasiekseen (low – middle amphibolite), missä paine vaihtelee matalasta keskivahvaan (low – medium pressure) (Hölttä & Heilimo 2017).

26.5.2023

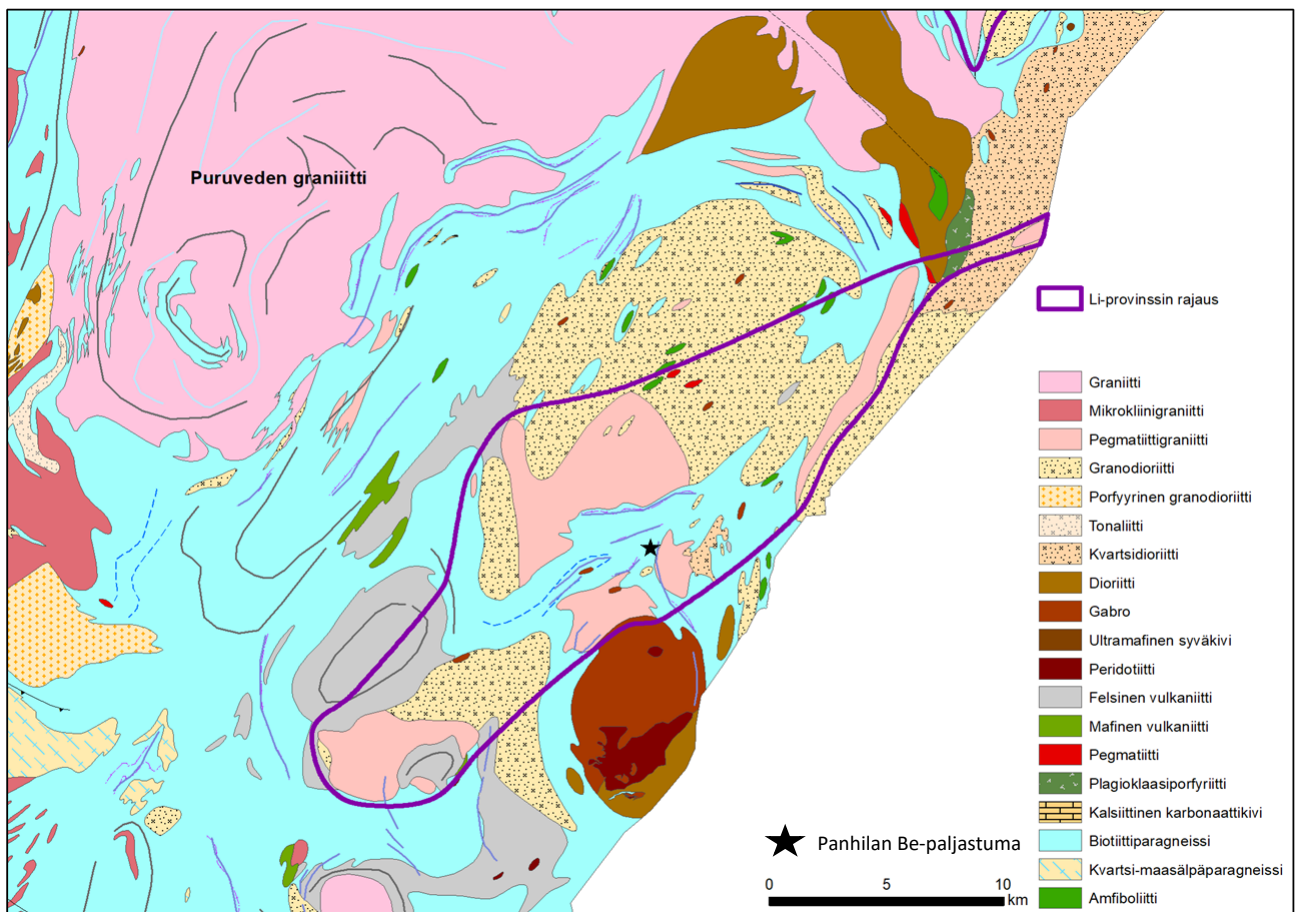


Kuva 2. Tutkimusalueen sijainti geologisella kartalla (Suomen kallioperä – DigiKP 29.10.2019) sekä Alviolan (1974b) detaljikartoittama alue Potoskavaaran lähistössä.



26.5.2023

Vuosina 2021–2022 tutkittiin pienimuotoisesti pegmatiittien esiintyvyyttä myös Parikkalan ja Rääkkylän kuntien alueilla. Parikkalassa (kuva 3) tavataan paikoin suurehkojakin yksiköitä graniittia ja pegmatiittigraniittia. Osa Parikkalan kunnan graniitti- ja pegmatiittialueesta kuuluu omaan Li-provinssiinsa Rasilaisen et al. (2018) löytymättömien Li-varantojen arvioinnissa. Alueen Li-potentiaalista on vain vähän tietoa, tärkein indikaattori on yksittäinen kalliopaljastuma Panhilan alueelta, josta on vanha GTK:n havainto beryyllipitoisesta pegmatiittijuonesta. Parikkalan tutkimusalueen 1:50 000-mittakaavaiset UTM-karttalehdet ovat M541, M542 ja M534, Rääkkylän osalta tutkimusalueen karttalehti on N532.



Kuva 3. Parikkalan Li-provinssin sijainti ja kivilajit (Suomen kallioperä – DigiKP 14.12.2022) Kartan rajaama alue sijaitsee välittömästi kuvan 2 rajaaman alueen eteläpuolella.

26.5.2023

### 3 AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET

#### 3.1 Kallioperäkartoitus

Tutkimusalue sisältyy 1: 400 000-mittakaavaiseen Suomen geologisen yleiskarttasarjan Savonlinnan kivilajikarttaan D2 (Hackman & Berghell 1931, Hackman 1933). Alueella on tehty myös 1:100 000-mittakaavaiset kallioperäkartoitukset, ja valtaosa vuosina 2019–2022 tutkitusta alueesta sijaitsee Kiteen karttalehden 4231 alueella (Nykänen 1972, 1975), pohjoisosa myös Tohmajärven karttalehden 4234 alueella (Nykänen 1967, 1968). Parikkalan alueelta GTK:n digitaalisen kallioperäkartan litologiset yksiköt perustuvat pääosin näihin 1:100 000 mittakaavaisiin kallioperäkarttoihin.

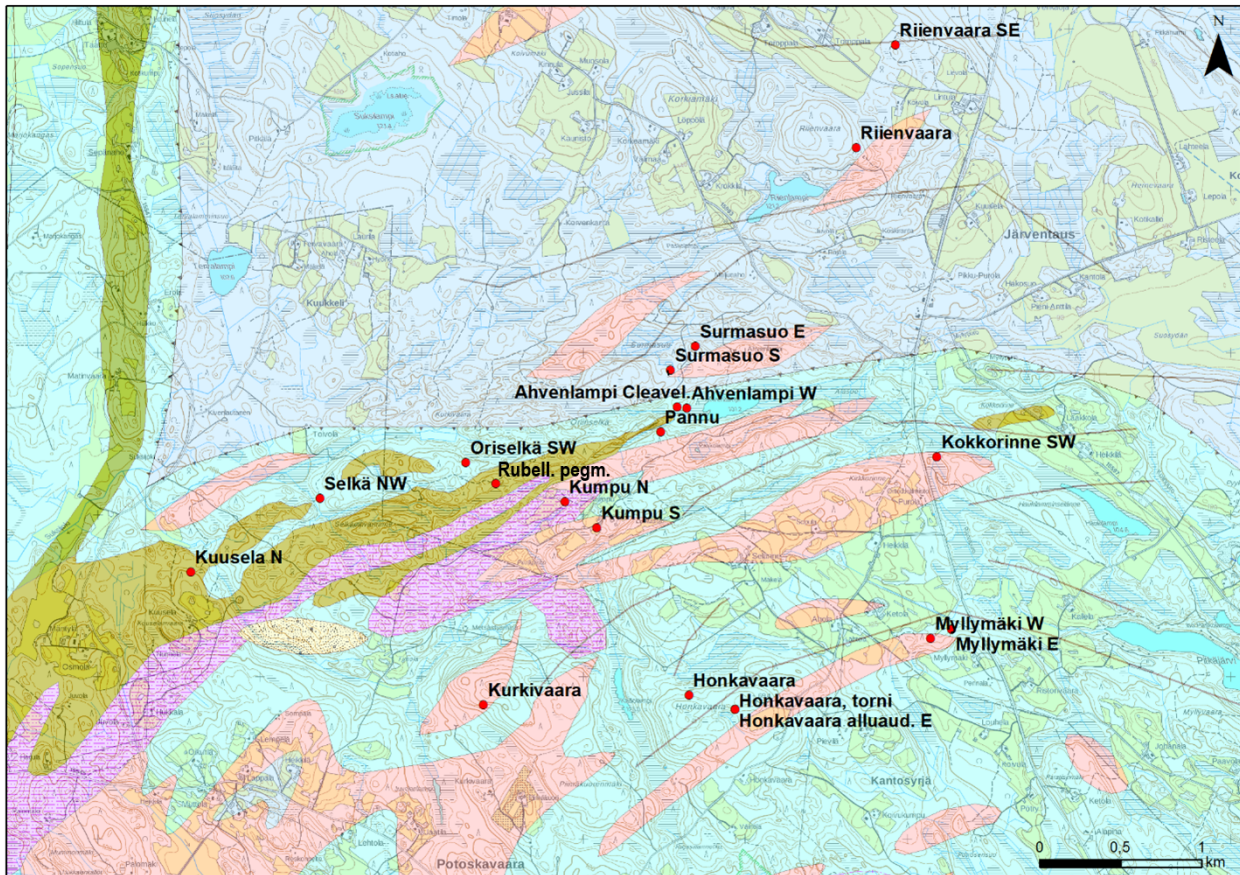
#### 3.2 Pegmatiittitutkimukset

Kiteen-Tohmajärven tutkimusalueella on suoritettu pegmatiittitutkimuksia GTK:n toimesta 1960- ja 1970-luvuilla. 60-luvulla on löydetty beryllipitoisia paljastumia Potoskavaaran alueelta. Muun muassa Alviola et al. (1974) on tutkinut Kiteen-Tohmajärven pegmatiittivyöhykettä pääasiassa 1970-luvulla (kuva 4). Suurin osa alueen GTK:n tekemästä pegmatiittikartoituksesta on tehty tuolloin, noin 500 paljastumahavaintoa. Näiden kallioperähavaintojen tarkempia tietoja ei ole säilynyt GTK:n tietokannoissa. Kuvan 4 aineisto on digitoitu Alviolan (1974b) raportista.

70-luvun tutkimuksissa Potoskavaaran alueelta löytyi useita Li-pegmatiitteja, joista kolme ovat spodumeenipitoisia kompleksipegmatiitteja; Surmasuo S ja E sekä rubelliittipegmatiitti. Surmasuo S:n Li-pegmatiittia on myös kairattu kolmen kairanreiän verran tutkimusten yhteydessä. Kaikki kairaukset olivat hieman alle 20 metriä pitkiä, ja spodumeenipegmatiitin ei katsottu jatkuvan yli 4 metrin syvyyteen. 70-luvun pegmatiittitutkimusten yhteydessä (Alviola 1974b) Alviola löytänyt spodumeenin pseudomorfa cookeiittia sisältävän pegmatiittipaljastuman Selkäpäivänrinne NW (Selkä NW), jossa on kohonneita Li-pitoisuuksia.

Tutkimusalueen länsiosasta Papinniemenestä on 1974 julkaistu kenttäraportti, mutta alueelta tavattiin vain yksi kompleksipegmatiitti, joka ei sisällä spodumeenia.

26.5.2023



Kuva 4. Alviolan (GTK) tutkimat kompleksipegmatiittikohteet raportin 1974b mukaan Kiteen ja Tohmajärven Potoskavaaran alueella. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2020.

### 3.3 Geokemialliset tutkimukset

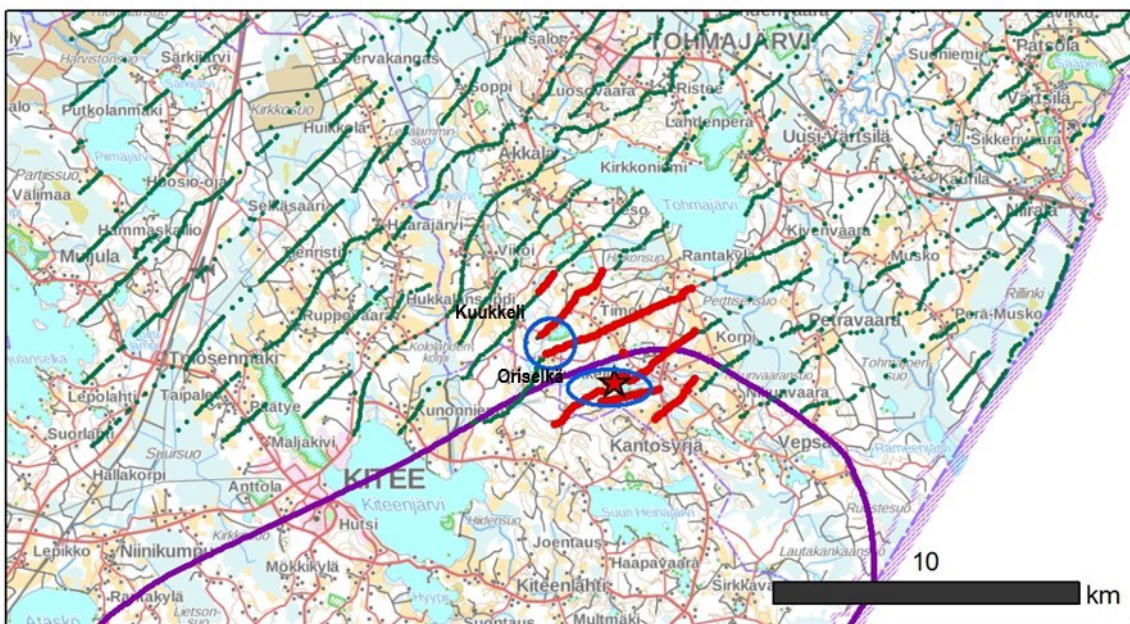
Tohmajärven karttalehdeltä (4232) on tehty alueellinen linjareenitutkimus vuosina 1975–78, jolloin karttalehden alueelta otettiin yhteensä 6300 moreeninäytettä. Pegmatiittitutkimuksiin liittyen on selvitetty Tohmajärven karttalehdeltä otettujen systemaattisen linjareeniaineiston geokemiaa (Li-pitoisuuksia) ja mineralogaa (spodumeenipitoisuutta). Näitä tarkentavia tutkimuksia tehtiin KKJ – karttalehden 4232 04 alueella, missä sijaitsevat tunnetut spodumeenipegmatiitit. Kuvan 5 toimenpidekartalla on esitetty moreenigeokemiallisen tutkimuksen tutkimusalueet ja näytepisteet.

Linjareeniäytteiden spodumeenipitoisuuksia tutkittiin vuonna 1977 (Nikkarinen 1978). Selvitystä varten näytteet seulottiin kolmeen eri lajitteeseen, joista keskimmäistä (0,25–0,062 mm) käytettiin tutkimuksessa. Yhteensä tutkittiin 177 näytettä, joista 37:stä löytyi spodumeenia. Eniten spodumeenia sisältäneen näytteen ympäristöön tehtiin tarkistusnäytteenotto kolmelta linjalta ja 125 pisteeltä (Kuva 5). Näistä 13 sisälsi spodumeenia, mutta missään näytteessä sitä ei ollut runsaasti. Tutkimusten perusteella alueelta on löydettävissä uusia spodumeenia sisältäviä pegmatiitteja, koska spodumeenia

26.5.2023

tavattiin moreenipisteistä, joiden kuljetuksen suunnassa ei ole tunnettuja spodumeenipegmatiitteja. Raportissa esitettiin kaksi potentiaalista pientä aluetta jatkotarkistuskohteiksi.

Moreenin Li-pitoisuuksia tutkittiin samalla alueella 1980-luvun alussa (Nikkarinen & Wennerström 1982). Osa näytteistä oli aikaisemmista linjareenitutkimuksista, mutta myös lisänäytteitä otettiin kaikkiaan 162 kpl, joista rapakallionäytteitä oli 20 kpl. Lisänäytteitä ei ole viety GTK:n tietokantoihin. Tässäkin tutkimuksessa pyrittiin selvittämään spodumeenin esiintyminen ja määrät. Tutkittujen näytteiden Li-pitoisuudet vaihtelivat välillä 4–270 ppm. Spodumeenia tavattiin viidessä näytteessä määrien ollessa hyvin pieniä. Tarkentavissa tutkimuksissa suuri osa korkeista Li-pitoisuuksista todettiin olevan Li-rikkaan kiilteen aiheuttamia.



- ★ Surmasuo S pegmatiitti
- Moreenin spodumeenitutkimus 1977
- linjareeni KL 4232
- Kitee-Tohmajärvi LCT-provinssi
- Moreenin lisänäytteenotto Li-tutkimuksiin

Kuva 5. Toimenpidekartta aiemmista moreenigeokemiallisista tutkimuksista Kiteen-Tohmajärven Li-provinssin pohjoisosassa Potoskavaaran alueella. Moreenin Li-pitoisuuden tutkimuksia varten otettujen lisänäytteiden sijainti ei ole tarkka, koska niitä ei ole viety GTK:n tietokantoihin. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2019.

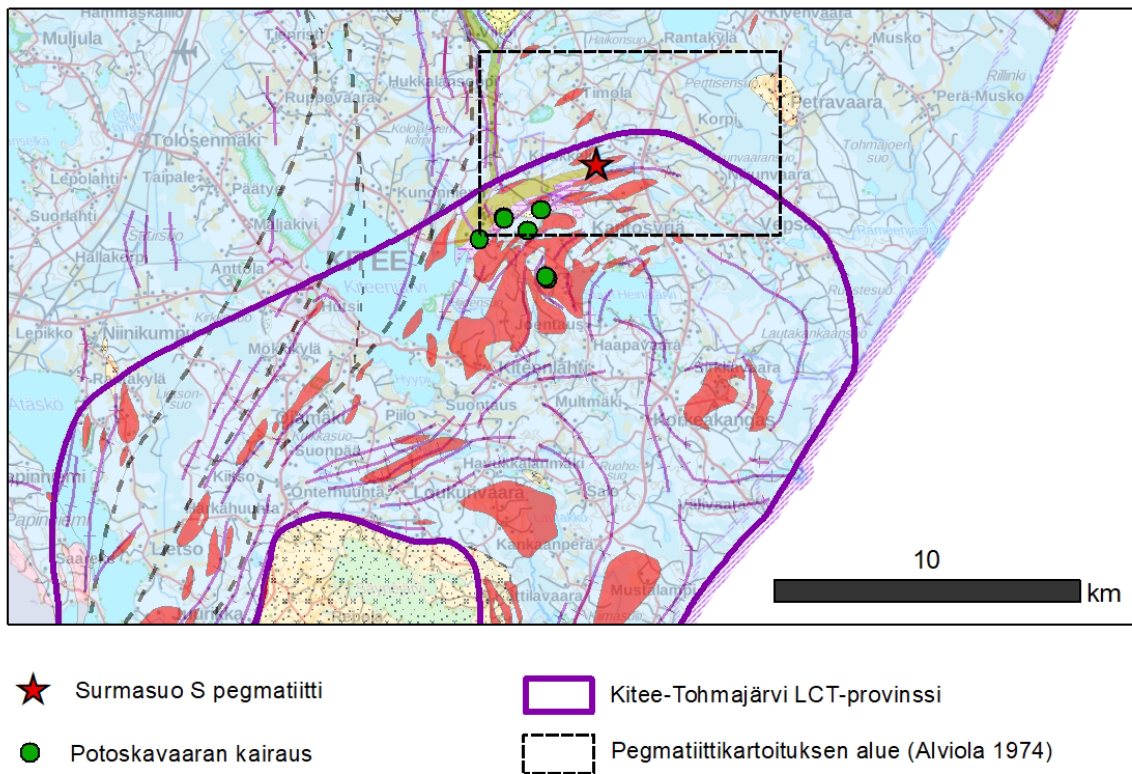
### 3.4 Muut malmitutkimukset

GTK teki Kiteen Potoskavaaran alueella malmitutkimuksia vuosina 1971–74 (Pekkarinen 1974, 1976). Tutkimusten lähtökohta oli alueelta löydetty Outokumpu –tyypin Cu-Zn-Co-malmikvartsiittilohkare, jossa oli 10,2 % Cu. Tutkimukset sisälsivät paljastuma- ja lohkarekartoitusta, maanpintageofysiikkaa ja

26.5.2023

moreeninäytteenottoa. Lisäksi Potoskavaaraan kairattiin 1973 viisi reikää, yhteensä 577 m, ja 1974 kaksi reikää, yhteensä 278,5 m. Kairauksissa lävistettiin mustaliuskeita, joissa oli kauttaaltaan pienet metallipitoisuudet. Malmilohkareen arvioitiinkin olevan peräisin ja kulkeutuneen löytöpaikalle luoteesta varsinaiselta Outokumpu-jaksolta.

Potoskavaaran tutkimusalue sijaitsee Kiteen pegmatiittigraniitin keskeisellä alueella, heti tunnettujen LCT-pegmatiittien lounaispuolella (kuva 6). Osa alueesta sisältyy GTK:n samanaikaisesti tekemään pegmatiittikartoitukseen (Alviola 1974). Potoskavaaran tutkimukset tuottivat raporttien mukaan runsaasti geologista aineistoa, mm. maanpintageofysiikkaa, 22 km<sup>2</sup> laajuisen geologisen kartoituksen, 56 kallio- ja 763 moreeninäytettä. Kuitenkaan mitään edellä mainitusta aineistosta ei löydy GTK:n tietokannoista. Tietokannoissa on havaintoja ainoastaan vuoden 1982 alusta alkaen alle 50 havaintoa.



Kuva 6. Potoskavaaran kairausten sijainti suhteessa Surmasuo S Li-pegmatiittiin ja Alviolan (1974b) detaljikartoitusalueeseen. Suomen kallioperä – DigiKP 2019. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2019.

26.5.2023

## 4 UUDET SUORITETUT TUTKIMUKSET

### 4.1 Geokemialliset tutkimukset

Geokemialliset tutkimukset kohdistettiin Kiteen ja Tohmajärven Potoskavaaran ja välittömästi Potoskavaaran pohjoispuolella sijaitsevan Kuukkelin alueille pohjautuen GTK:n aiempiin 60-, 70- ja 80-luvuilla tehtyihin tutkimuksiin ja tuloksiin. Geokemiallisilla tutkimuksilla pyrittiin selvittämään Potoskavaaran tunnettujen spodumeenipegmatiittijuonten ympäristön litiumpotentiaalia tarkemmin. Geokemiallisia tutkimuksia suoritettiin alueella vuosina 2020–2022.

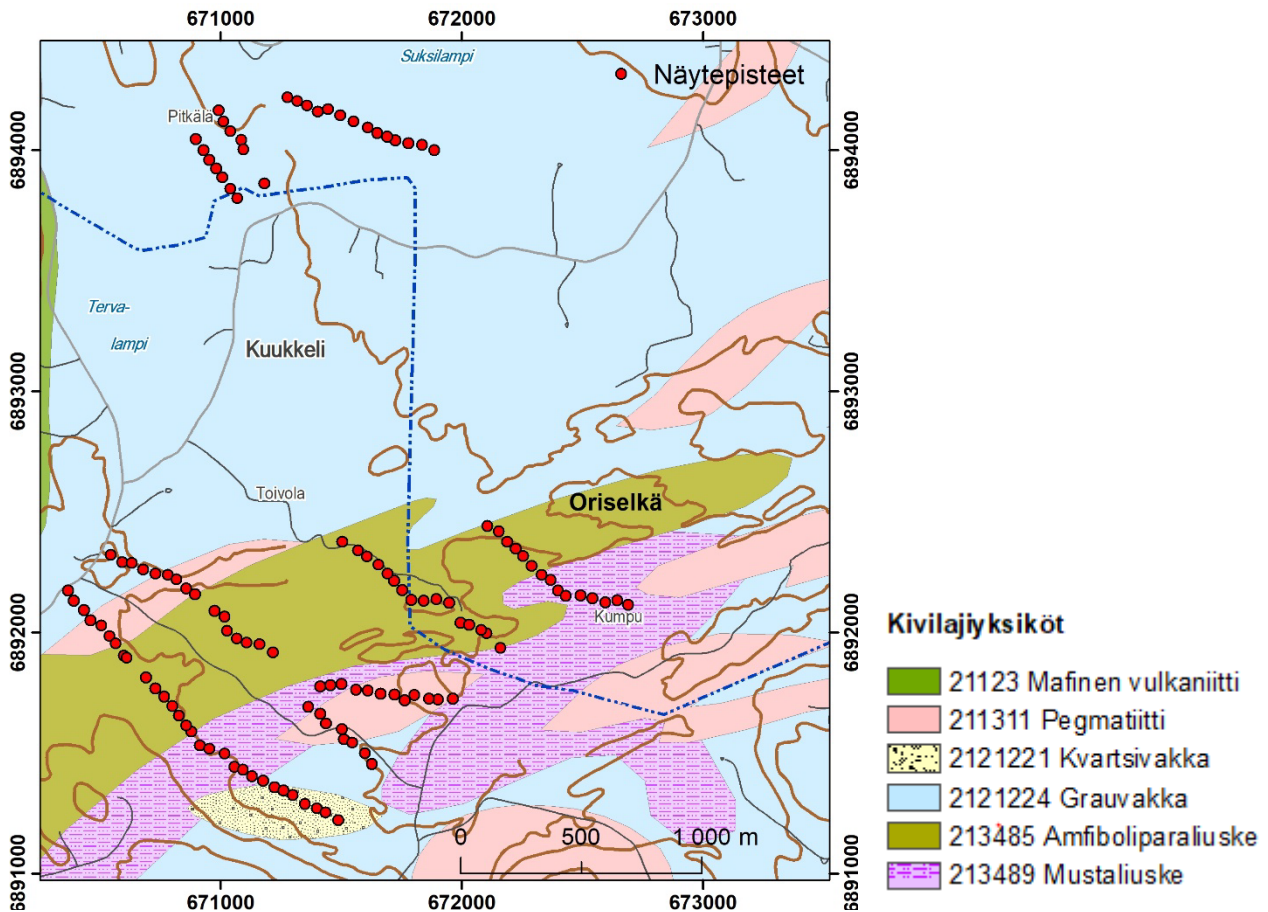
#### 4.1.1 Pintageokemian näytteenotto

Kesällä 2020 suoritettiin Kiteen alueella pintageokemian näytteenottoa ja näytteitä otettiin kahdelta eri alueelta (Kuukkeli ja Oriselkä, kuva 7) 106 pisteestä yhteensä 113 näytettä (näytetunnukset; GK\_JNKU-2020-300.1 - GK\_JNKU-2020-350.1 ja GK\_JNKU-2020-500.1 - GK\_JNKU-2020-572.1, tilausnumero SO20225236). Näytteitä varten kaivettiin < 0.5 m:n syvyinen kuoppa ja näytteet otettiin B-horisontista. Kiteen maaperänäytteet analysoitiin ALS Finland Oy:n laboratoriossa modifioidulla kuningasvesi -menetelmällä, jossa uuttona on käytetty HNO<sub>3</sub>: HCl suhteessa 1:1 (menetelmä ME-MS41W). Lisäksi analysoitiin 12 harvinaista maametalli alkuainetta menetelmällä MS41W-REE. ALS-laboratorio tarkensi näytteenotto-ohjeita näytteenottosyvyyksistä näytteenoton jälkeen. Nämä näytteet oli otettu vanhoilla näytteenottosyvyyksillä ja tästä johtuen laboratorio ilmoitti, ettei voi taata tulosten laatua ellei menetelmää vaihdeta MS41W-REE-menetelmän.

Yhteensä on määritetty 65 alkuaineen pitoisuudet. Tarkempi tarkastelu on tehty vain 9 alkuaineelle, joiden on katsottu liittyvän Li-pitoisten pegmatiittien esiintymiseen. Lähempään tarkasteluun valittiin seuraavat alkuaineet: Be, Cs, Ga, Li, Nb, Rb, Sn, Ta, Tl. Valittujen alkuaineiden pitoisuudet luokiteltiin viiteen eri luokkaan, jossa anomaaliset pitoisuudet on eroteltu taustasta käyttäen kynnsarvoja. Kynnsarvojen määrittäminen on tehty log-muunnelluille pitoisuusarvoille käyttäen Tukey-laatikkojanakuvaajaa (Carranza 2009). Anomalian ja taustan välinen kynnsarvo määräytyy kaavalla  $Q3 + (1.5 \times IQR)$ , jossa  $IQR = Q3 - Q1$  eli 75 ja 25 persentiilien välinen erotus.

Anomaalisten pisteiden priorisoimista (ranking) varten laskettiin yhteen Li:n ja sen seuralaisalkuaineiden anomaliat (Be, Cs, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, Tl) yksittäisessä näytteessä niin, että mukaan on laskettu niin yksittäisen alkuaineen anomaliat kuin monimuuttuja-analyysin anomaliat.

26.5.2023

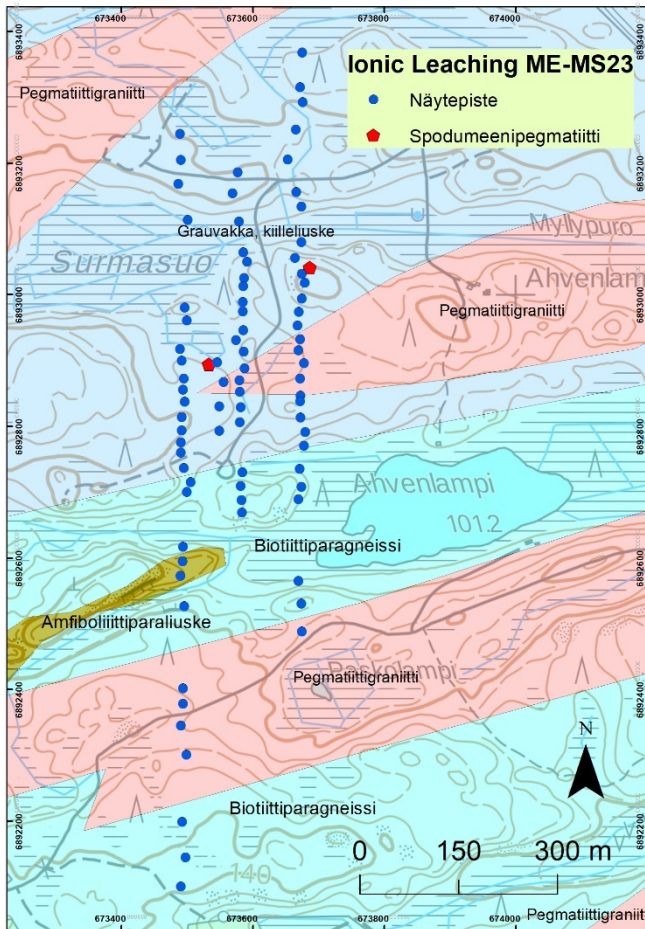


Kuva 7. Vuoden 2020 pintageokemian näytepisteet on esitetty kallioperäkartalla. Suomen kallioperä – DigiKP. 14.1.2023. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2020.

Geokemiallista näytteenottoa jatkettiin kesällä 2022 Kiteen Surmasuon alueella, jossa tarkoituksena oli testata heikkouuton toimivuutta litiumpegmatiittitutkimuksissa. Näytteenotto koostui kolmesta lähes etelä-pohjoissuuntaisesta linjasta, joiden linjaväli oli noin 200 m ja pisteväli pääsääntöisesti noin 45 metriä, linjojen etelä- ja pohjoispäässä pisteväli oli harvennettu noin 90 metriin. Linjan keskiosassa sijoitettiin lisäksi neljä pistettä tunnetun spodumeenipegmatiittipaljastuman läheisyyteen. Linjoissa on aukkoja alavimmilla soisilla kohdilla. Näytteet otettiin B-horisontin yläosasta. Näytteenotto tallennettiin GTK:n Maapeli-mobiilisovelluksella. Sovellukseen tallennettiin jokaisesta tutkimuskuopasta perustiedot ja kuva.

Tutkimusalueella näytteitä otettiin 83 pisteestä yhteensä 89 kappaletta. Noin kahdenkymmenen pisteen välein otettiin samasta näytepisteestä kuopan eri seinämältä rinnakkaisnäyte. Rinnakkaisnäytteitä otettiin 6 kappaletta ja näitä käytettiin näytteenoton laadunvarmistukseen. Näytetunnuksina käytettiin seuraavia: GK\_JJTU-2022-1.1-11.1, GK\_JNKU-1.1-19.1 ja GK\_JNKU-21.1-23.1, GK\_KTPA-20221.1-35.1 ja GK\_MPKI-2022-2.1-16.1. Rinnakkaisnäytteet tunnistaa analyyseissä viimeisestä numerosta, joka on 2, esimerkiksi GK\_MPKI-2022-2.2 on rinnakkaisnäyte pisteestä kaksi. Laboratorion tilaustunnus on OT22188134. Näytepisteet ovat kartalla Kuvassa 8.

26.5.2023



Kuva 8. Vuoden 2022 heikkouutonäytepisteet kallioperäkartalla. Suomen kallioperä – DigiKP. 14.1.2023. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2021.

Näytteet lähetettiin esikäsittelyyn ALS Outokummun laboratorioon (punnitus ja näytteiden sisäänkirjaus). Analyysit tehtiin Irlannissa ALS Loughrean laboratoriossa heikkouuttomenetelmällä ME-MS23, pH mitattiin menetelmällä pH-MS23 (Ionic Leach) ja analysoitiin ICP-MS-laitteella. Yhteensä analysoitiin 61 eri alkuainetta. Tarkempi tarkastelu tehtiin samoista yhdeksästä alkuaineesta kuin kesän 2020 tutkimuksissa, eli Be, Cs, Ga, Li, Nb, Rb, Sn, Ta, Tl. Vallittujen alkuaineiden luokittelu tehtiin samoin kuin vuoden 2020 pintageokemian näytteille (s.10, 4.1.1).

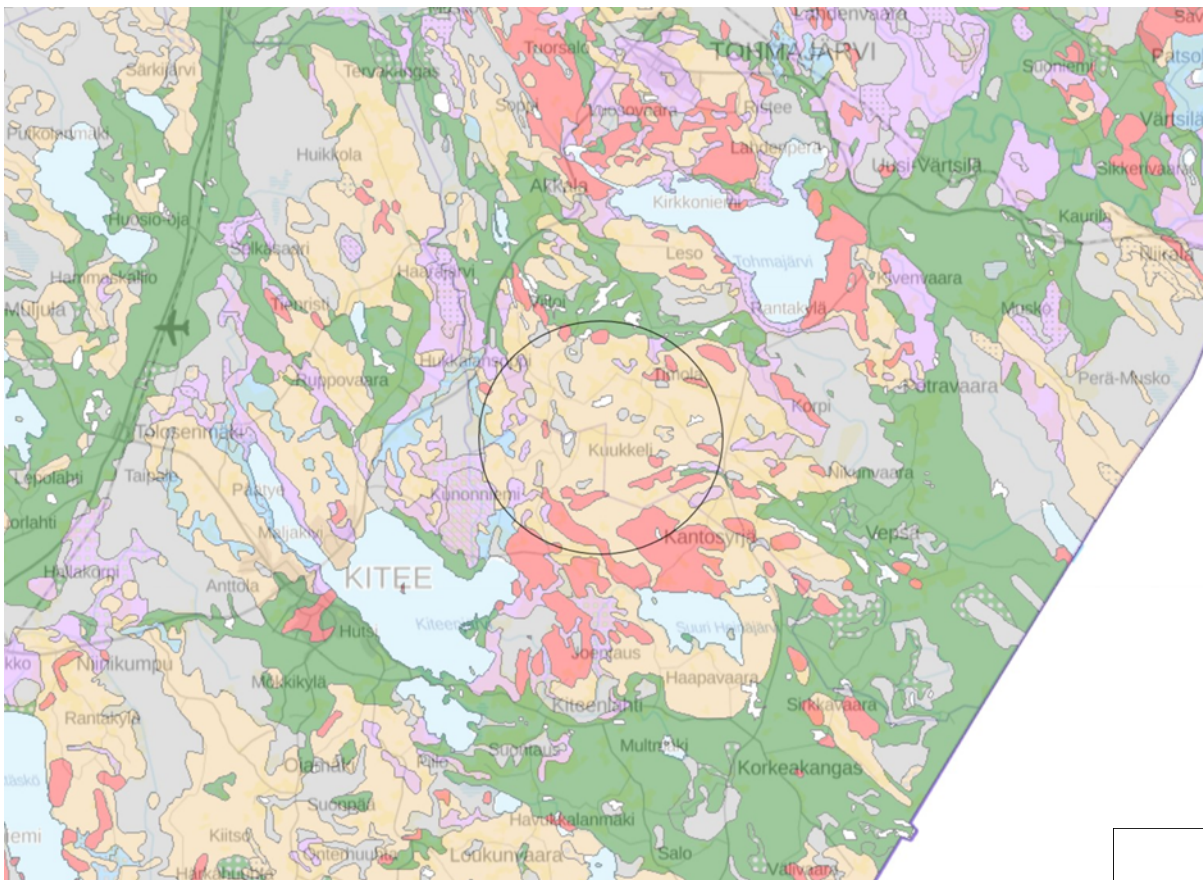
Anomalioiden tarkastelua varten alkuaineille laskettiin myös rikastumiskertoimet (RR = response ratio, jossa pitoisuuksia verrataan tausta-arvoon kaavalla:  $RR = \text{alkuaineen pitoisuus} / \text{alkuaineen 1 kvartaalin (Q1, 25 persenttiili)} \text{ keskiarvolla}$ ).



26.5.2023

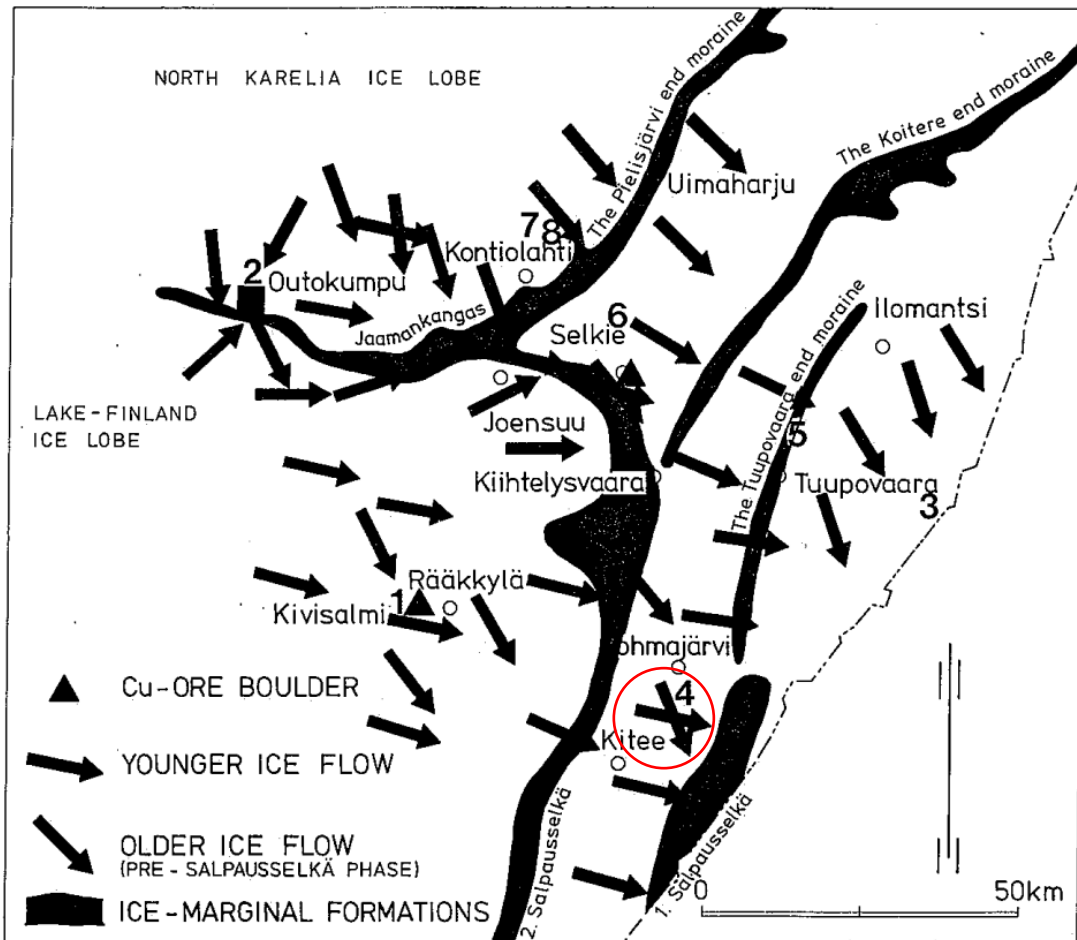
#### 4.1.2 Maaperätutkimukset ja montutus

Geokemiallisiin tutkimuksiin liittyen tehtiin vuonna 2021 tutkimusmontutusta. Työ toteutettiin maastotyönä kesällä 28.6.- 3.7.2021 Kiteellä. Tutkimuskuopat täytettiin tutkimusten jälkeen. Työn tarkoituksena oli selvittää Kuukkelin, Kuusela – Matinvaaran ja Selkämpäivänrinteen (Oriselän) alueella (kuva 9) havaittuja Li- ja LCT-pegmatiittianomaliaita (Nikkarinen 1978, Nikkarinen & Wennerström 1982) sekä pseudomorfipegmatiitin Selkämpäivänrinne NW korkeita Li-pitoisuuksia cookeittia sisältävissä kivinäytteissä. Montutusalue sijaitsee Kiteen ja Tohmajärven taajamien puolivälissä Suksilammen ja Tervalammen eteläpuolella Kuukkelin ja Matinvaaran alueilla. Maaperägeologisesti alue sijaitsee I ja II Salpausselän reunamuodostumien välissä ja koostuu pääasiassa pohjamoreenista (Kuva 10).



Kuva 9. Tutkimusalueen sijainti maaperäkartalla (ympyrä). Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2021.

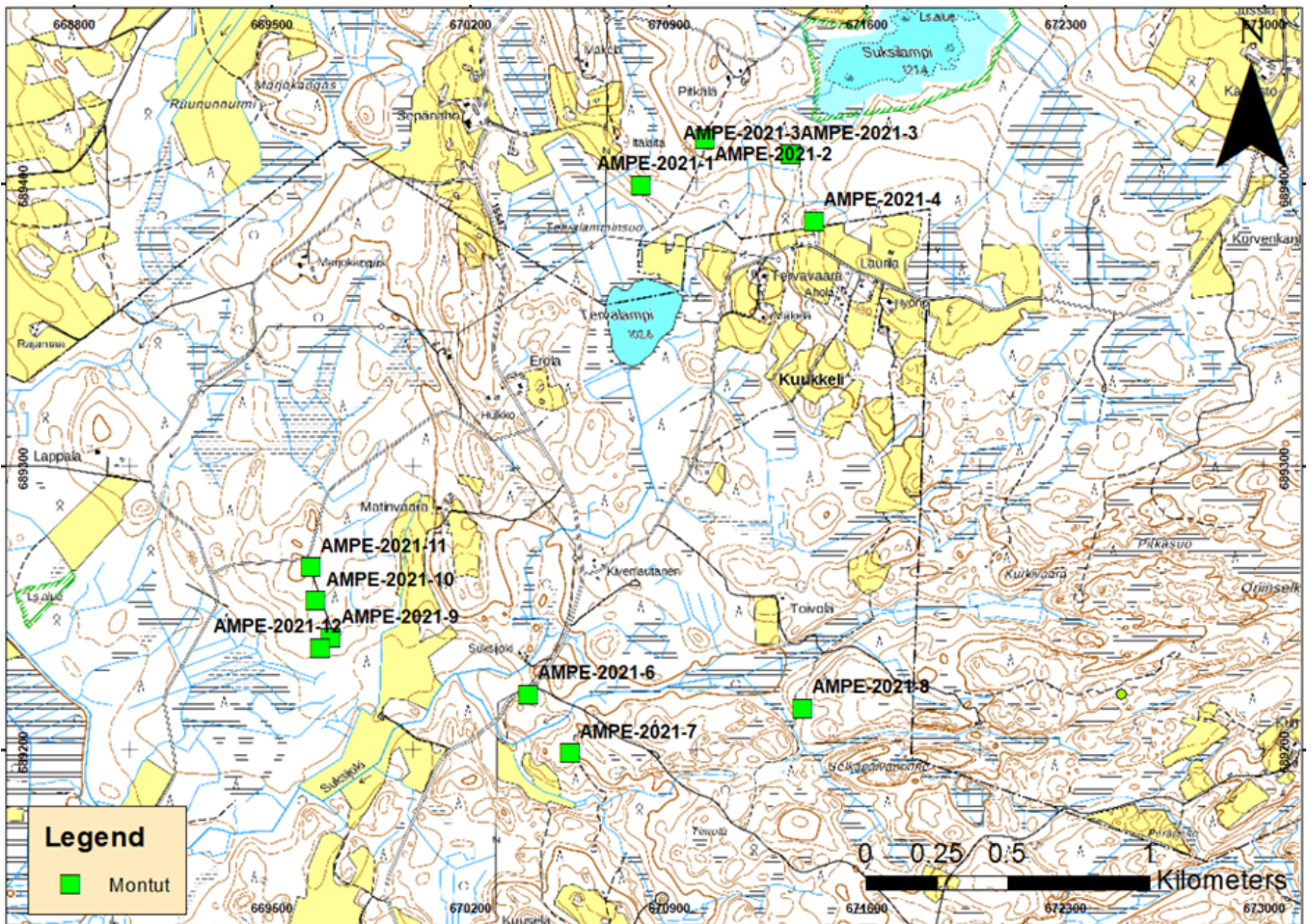
26.5.2023



Kuva 10. Tutkimusalue sijaitsee I ja II Salpausselän välissä Kiteen ja Tohmajärven puolivälissä (Kujansuu & Nenonen 1987).

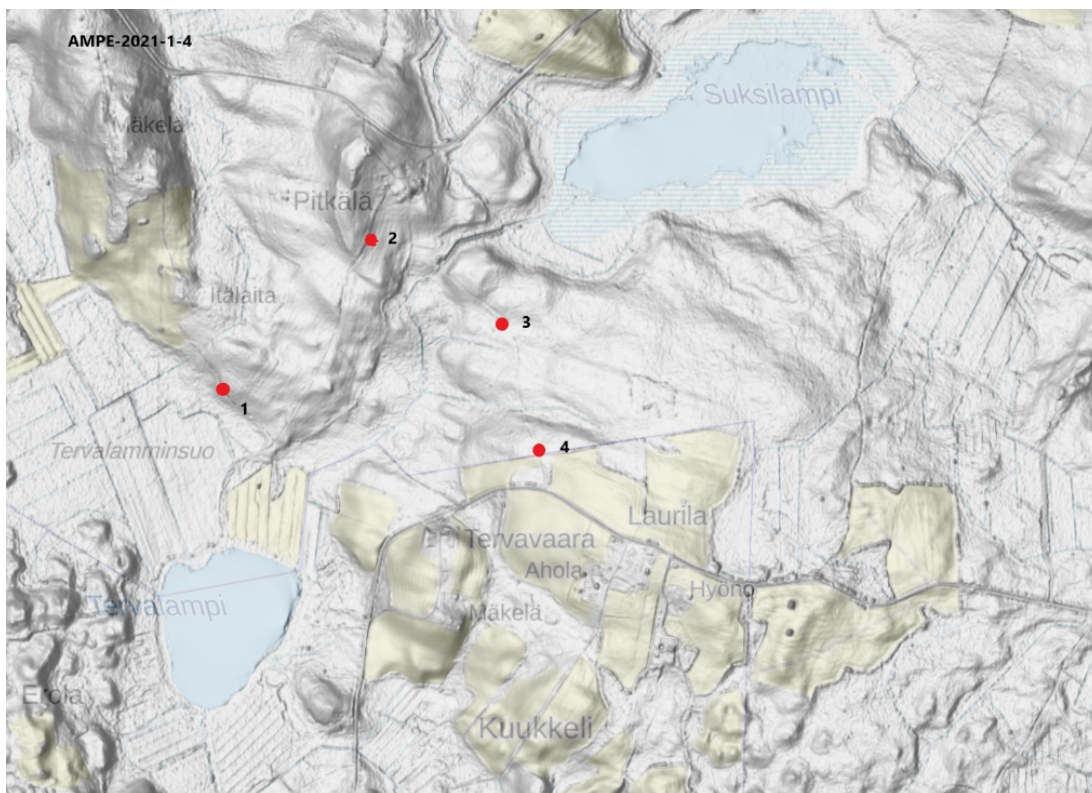
Alueella aiemmin tehtyjen tutkimusten mukaan alueella nuorin mannerjäätikön virtaussuunta on kohti I Salpausselän reunamuodostumaa suunnista  $280^{\circ}$  –  $300^{\circ}$ . Alueella on havaittu ainoastaan yksi, viimeisintä aktiivista Salpausselkävaihetta edustava pohjamoreenikerros. Paikoin on kuitenkin viitteitä myös Salpausselkävaihetta vanhemmasta, luoteisesta,  $320^{\circ}$  –  $330^{\circ}$  suuntaisesta jäätikön virtaussuunnasta ja sen kerrostamasta vanhemmasta pohjamoreenikerroksesta. (Kujansuu & Nenonen 1987, Salonen 1987)

26.5.2023

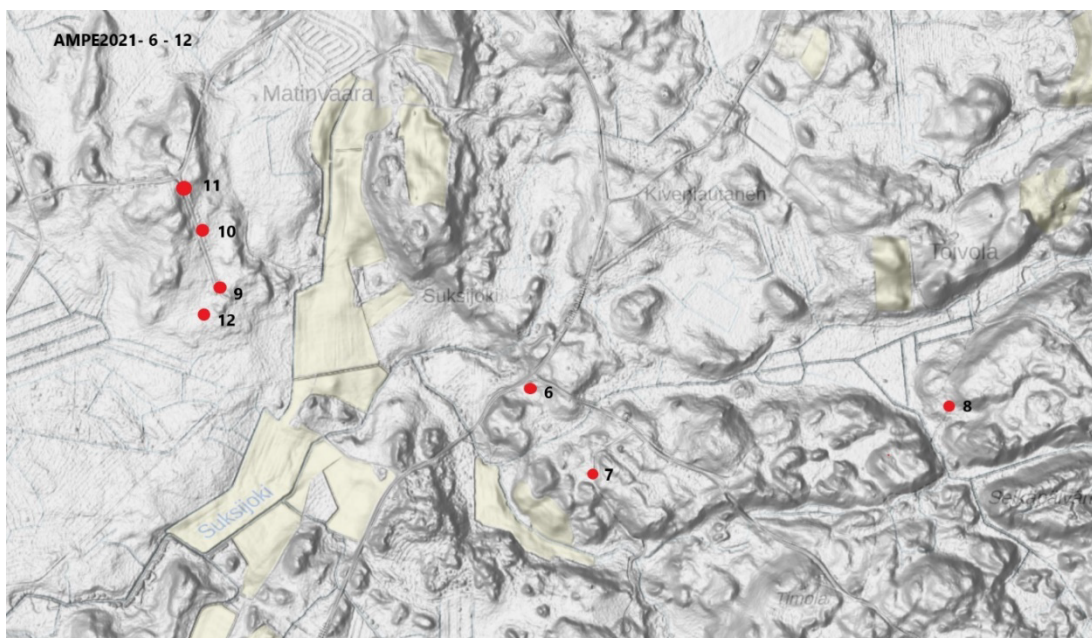


Kuva 11. Tutkimuskuoppien AMPE-2021- 1–12 sijainti. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2021.

26.5.2023



Kuva 12. Kuopat AMPE 2021 1-4 korkeusmallikartalla. Laserkeilausaineisto @ Maanmittauslaitos, 2022.



Kuva 13. Kuopat AMPE 2021 6-12 korkeusmallikartalla alueella Suksijoki-Matinvaaara-Oriselkä. Laserkeilausaineisto @ Maanmittauslaitos, 2022.

26.5.2023

Tutkimuskuopat kaivettiin ympäröivällä, tela-alustaisella kaivinkoneella Hitachi 250 LC. Kuopat pyrittiin kaivamaan mahdollisimman syväälle, kallion pintaan saakka. Tutkimuskuoppia kaivettiin 12 kappaletta (kuvat 11–13).

Tutkimuskuopista havainnoitiin moreenistratigrafia ja moreenin ominaisuudet kosteus, tiiveys, kivisyys, kivikoko, pyörityneisyys, moreenin väri, rakenne ja mahdollinen moreenin kivien suuntaus. Havainto näytteineen kirjattiin maaperätutkimuksen havaintolomakkeelle, jolle piirrettiin myös kuva moreenileikkauksesta. Stratigrafisen tulkinan lisäksi kuopista otettiin moreeni- ja raskasmineraalinäytteet geokemiallisia ja raskasmineraalitutkimuksia varten, kallionäytteet sekä tarpeen mukaan moreenin kivistä tehtiin suuntauslaskuja. Pohjalla olevista kallioista tutkittiin mahdolliset uurteet. Moreenista tehtiin kivilaskut.

## 4.2 Kallioperäkartoitus ja lohkar-etsintä

Kallioperäkartoitusta suoritettiin Kiteen ja Tohmajärven kunnissa vuosina 2019–2022 sekä Parikkalan ja Rääkkylän kunnissa vuonna 2021. Havaintoja kertyi koko tutkimusalueelta yhteensä 1340 kappaletta (kuva 14), mukaan lukien lohkarhavainnot. Lähtökohtaisesti jokaisesta pegmatiittihavainnosta otettiin myös kivinäyte.

Tutkimusalueet valittiin Tohmajärvellä, Kiteellä ja Parikkalassa pegmatiittien tunnettujen esiintymisalueiden mukaan sekä aiempien tutkimusten perusteella. Koko tutkimusalueella vallitseva metamorfinen fasies on matala-, keski- tai korkean asteen amfiboliittifasies (Hölttä & Heilimo 2017), jolla olosuhteet ovat otolliset spodumeenipegmatiittien muodostumiselle (Selway et al. 2005). Lisäksi tarkemmat alueet valikoitiin kallioperän yleisten oletettujen rakenteiden perusteella. LIDAR-aineistoa käytettiin hyväksi huonommin paljastuneiden alueiden kanssa potentiaalisten kalliopaljastumien löytämiseksi. Tuoreita hakkuuaukeita tutkittiin valituilla alueilla lohkar-etsinnässä.

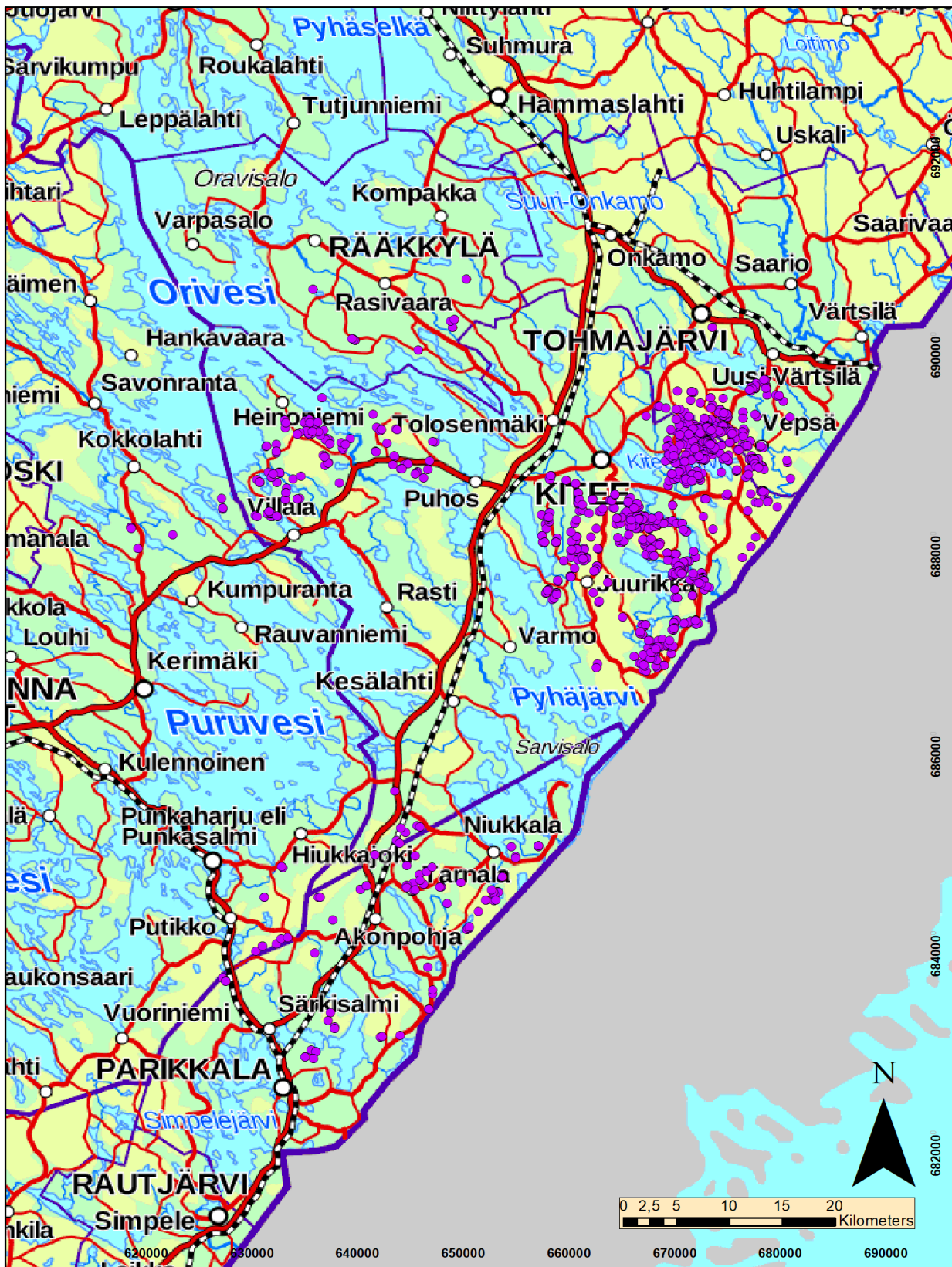
Rääkkylässä suoritettiin alustavia tunnusteluja mahdollisten pegmatiittijuontien paikallistamiseksi. Rääkkylän osalta GTK:n aiempia kallioperähavaintoja on tietokannassa vain vähän.

Kaikki pegmatiittinäytteet analysoitiin. Palanäytteitä analysoitiin yhteensä 494 kpl. Vuosina 2019–2020 näytteet analysoitiin Labtiumin menetelmillä 306M, 306P, 703P ja 816L sekä 10 näytettä ALS:n menetelmillä ME-XRF26, ME-MS81, ME-MS42 ja ME-4ACD81. Vuosina 2021–2022 näytteet analysoitiin ALS:n menetelmillä ME-MS89L ja ICP-06.

Lisäksi mustaliuskenäytteet analysoitiin vuonna 2020 Labtiumin menetelmillä 511P 704P, 720P ja 811L sekä vuosina 2021–2022 ALS:n menetelmällä ME-MS41.

Tätä raporttia kirjoittaessa Potoskavaaran pegmatiittijuontien kehittyneisyydestä on tekeillä Pro-Gradu-työ Turun yliopistossa. Työssä tutkitaan Potoskavaaran pegmatiittijuontien kehitysastetta ja eroja geokemiallisesti ja petrografisesti. Tutkimukseen otettiin kalliopaljastumista 15 pegmatiittinäytettä geologikairalla. Pegmatiittijuonet eroavat toisistaan niin kehitysasteeltaan, tyyppiltään kuin mineralogialtaan.

26.5.2023



Kuva 14. GTK:n kallioperä- ja lohkarehavainnot vuosina 2019–2022. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2022.

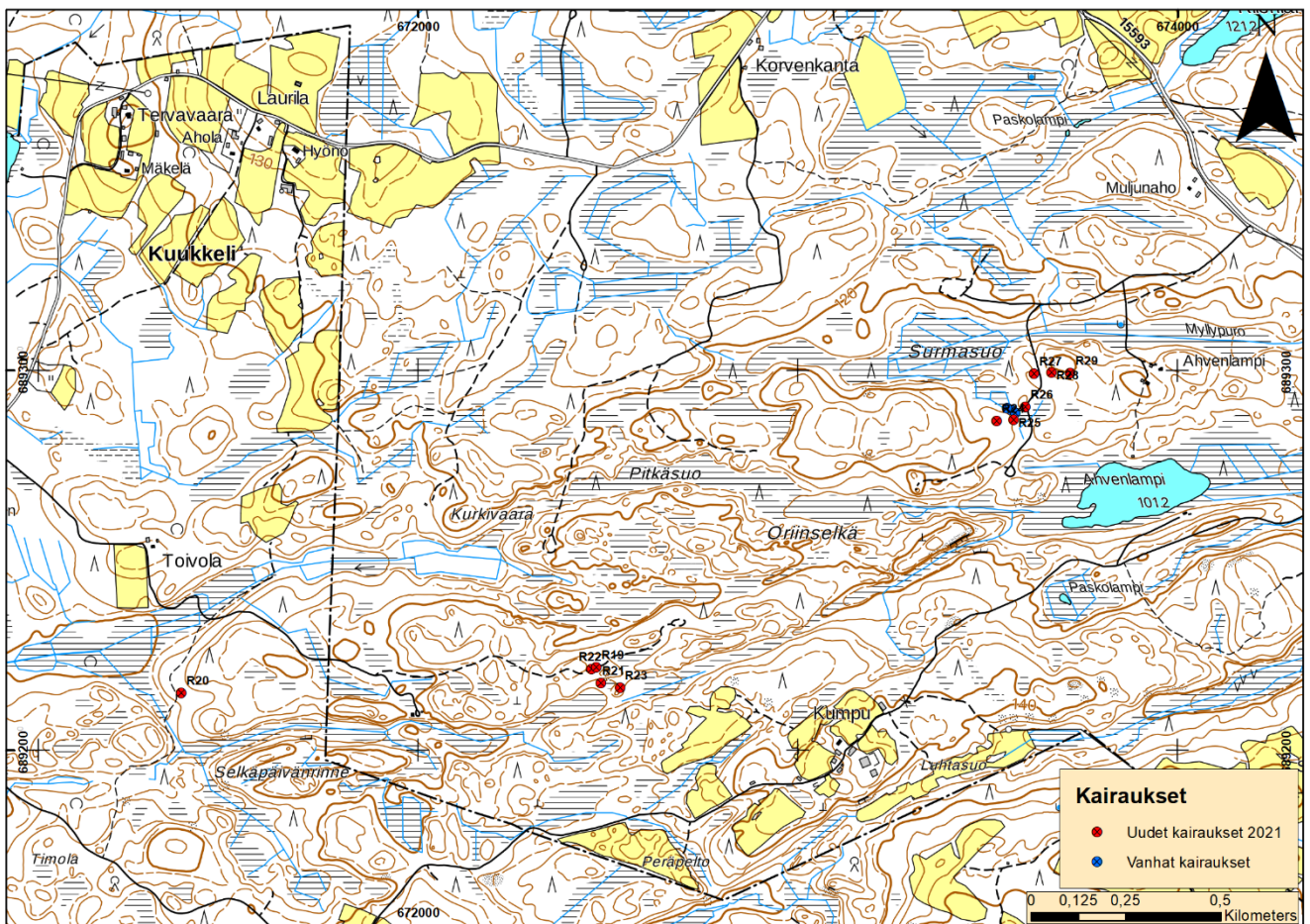
26.5.2023

### 4.3 Geofysikaaliset tutkimukset

Potoskavaaran Surmasuon alueella suoritettiin geofysiikan omapotentiaali- ja gammasäteilymittauksia vuonna 2022. Tutkimukset keskitettiin Surmasuo S-spodumeenipegmatiittijuonen jatkuvuuden selvittämiseksi ja menetelmien testaamiseksi paljastumattomien pegmatiittien jäljittämiseksi.

### 4.4 Kallioperäkairaukset

GTK suoritti kallioperäkairauksia Potoskavaaran tunnettujen litiumpegmatiittijuonten tarkemmaksi tutkimiseksi (kuva 15). Kairauksia tehtiin yhteensä 11 kairanreikää ja 800 metriä neljälle kohteelle: Surmasuo S, Surmasuo E, rubelliittipegmatiitti sekä Selkäpäivänrinne NW (taulukko 1). Ainoastaan spodumeenipegmatiitti Surmasuo S on aiemmin kairattu GTK:n toimesta lyhyillä kairauksilla. Kairaukset suoritettiin joulukuussa 2021. Kairauksessa käytettiin kairasydämen paksuutena BQTK:ta. Kairanreikiin jätettiin lukittavat suoja-putket paikoilleen.



Kuva 15. GTK:n kairaukset vuonna 2021 sekä aiemmat kairaukset (Alviola et al.) Kairauskohteet lännessä itään Selkäpäivänrinne NW, Rubelliittipegmatiitti, Surmasuo S sekä Surmasuo E. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2021.

26.5.2023

Taulukko 1. Kairanreikien suunta- ja sijaintitiedot. Koordinaatisto EUREF-FIN.

Hole ID	Kohde	Length	Azimuth	Dip	X	Y
N5342021R19	Rubelliittipegmatiitti	58,5	162	-43	672470	6892217
N5342021R20	Selkäpäivänrinne NW	77,7	158	-46	671377	6892151
N5342021R21	Rubelliittipegmatiitti	88,7	344	-42	672482	6892176
N5342021R22	Rubelliittipegmatiitti	112,9	160	-45	672457	6892214
N5342021R23	Rubelliittipegmatiitti	53	163	-45	672532	6892164
N5342021R24	Surmasuo S	59,8	338	-43	673524	6892867
N5342021R25	Surmasuo S	52,8	344	-46	673568	6892870
N5342021R26	Surmasuo S	72,3	338	-45	673600	6892903
N5342021R27	Surmasuo E	82,2	342	-43	673622	6892991
N5342021R28	Surmasuo E	65,2	341	-43	673668	6892994
N5342021R29	Surmasuo E	76,9	339	-44	673718	6892993

#### 4.4.1 Selkäpäivänrinne NW

Pegmatiitti on melko selkeästi koholla ympäristöstään ja sen on tulkittu kulkevan suurin piirtein itä-länsisuuntaisesti. Pegmatiitti on mineraaleiltaan melko tavanomainen, päämineraaleina kvartsi, kalimaasälpä, plagioklaasi, muskoviitti ja turmaliini sekä aksessorisena mineraalina granaatti. Pegmatiitissa on melko suurta raekokovaihtelua. Aivan pegmatiitin alaosissa maanpinnan ja kalliojyrkänteen vieressä on kuitenkin selvästi kompleksisempi, kvartsirikas osue, jossa on paikoin suuriakin määriä erittäin karkearakeista cookeiittia. Cookeiitti on pitkälti edelleen spodumeenin kidemuodossa, ja lieneekin spodumeenin muuttumistuote.

Tämä kohde kairattiin yhdellä kairanreiällä suuntaan 160 kaateella 45 astetta.

#### 4.4.2 Rubelliittipegmatiitti

Rubelliittipegmatiitti on löytynyt 60-luvulla malmitutkimusten yhteydessä. Alviola et al. (1974b) tutkivat pegmatiittia 70-luvulla. Juoni on heikohkosti paljastunut ja sen asento ja muoto on verrattain epäselvä. Rubelliittipegmatiitti eroaa Surmasuon pegmatiittijuonten mineralogiasta melko selkeästi, ja siinä on spodumeenin lisäksi melko runsaasti lepidoliittia sekä punaista, vihreää ja keltaista turmaliinia muiden kompleksimineraalien ohella.

Rubelliittipegmatiittiin kairattiin kolme kairanreikää, joista kaksi pohjoispuolelle kululla 160 ja kaateella 45 astetta, sekä yksi reikä juonen eteläpuolelle kululla 340 ja kaateella 45 astetta. Lisäksi kairattiin juonen kaakkoispuolelle yksi testikairaus viereiseen muskoviitti- ja beryllipegmatiittipaljastumaan.

#### 4.4.3 Surmasuo S

Surmasuo S -pegmatiitti on Surmasuo E:n tavoin Alviolan (1974b) tutkimuksissa löydetty kompleksipegmatiitti. Siinä on verrattain suuria määriä spodumeenia, vihreää ja sinistä turmaliinia sekä muita kompleksimineraaleja. Juonen muoto on suurin piirtein pitkulainen ja itä-länsisuuntainen, ja se on aiemmin tulkittu linssimäiseksi. Paljastunut osa on pisimmillään noin 30 metriä, selvästi



26.5.2023

vyöhykkeellinen ja spodumeenirikkain osa kulkee kvartsiytimen ympärillä lähes koko paljastuneen juonen matkalta. Surmasuo S on vuonna 2021 kairatuista kohteista ainoa, jota on aiemmin kairattu. Kohteeseen kairattiin 70-luvulla kolme alle 20-metristä kairanreikää pohjoiseen 45 asteen kulmalla. Kairausten parhaat lävistykset olivat 5.15 %  $\text{Li}_2\text{O}$  @ 0,5 m ja 3,90 %  $\text{Li}_2\text{O}$  @ 0,5 m (R301).

Vuoden 2021 kairanreiät, kolme kappaletta, sijoitettiin niin ikään juonen etelä- ja itäpuolelle juonen mahdollisten jatkuvuuden selvittämiseksi etelän, idän ja lännen suuntaan. Kaikki kolme kairanreikää kairattiin kululla 340 ja kaateella 45 astetta.

#### 4.4.4 Surmasuo E

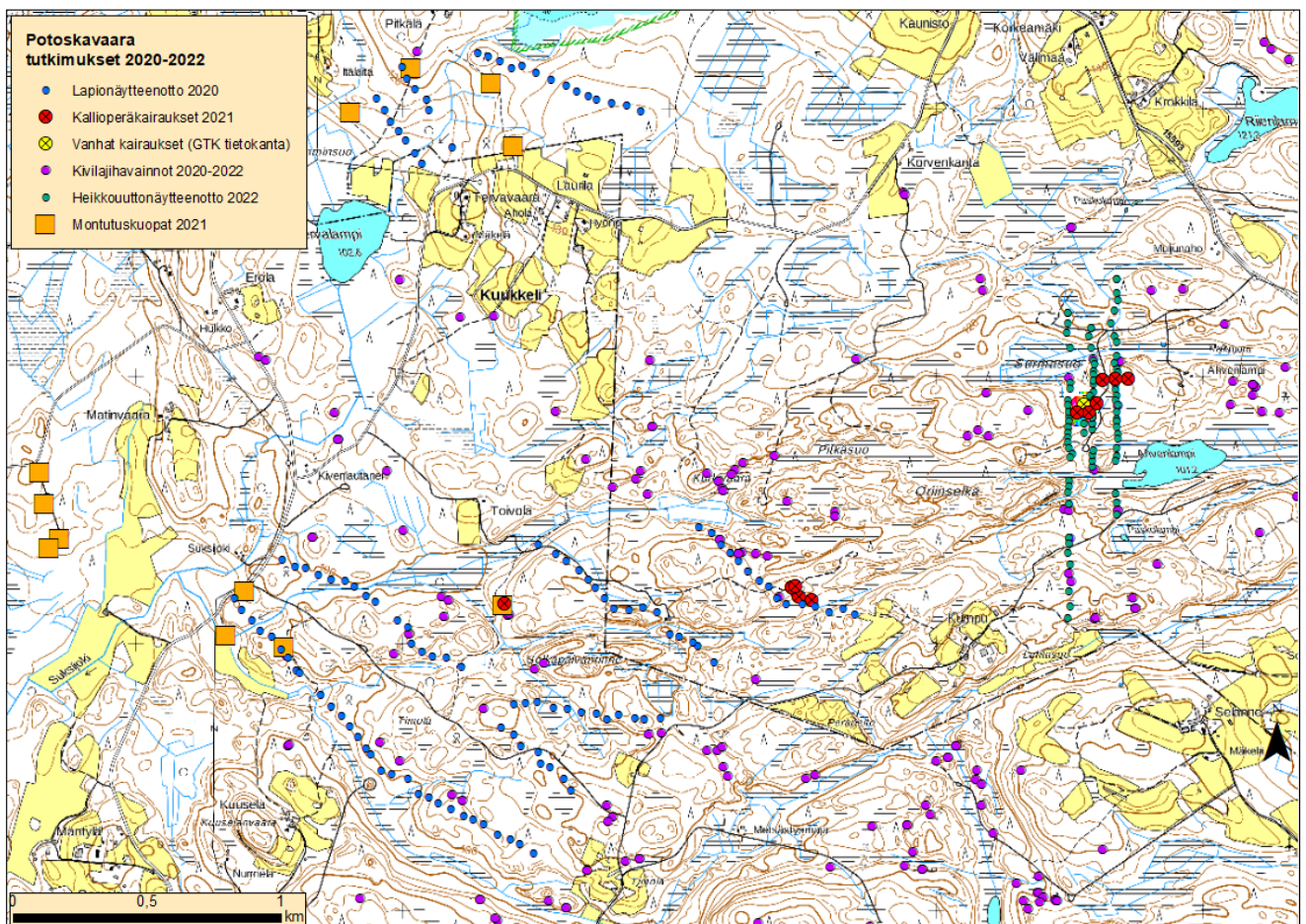
Surmasuo E on Alviolan (1974b) tutkimuksissa löydetty kompleksipegmatiitti Tohmajärven Kuukkelin alueella. Pegmatiittipaljastuma on 70-luvulla avattu kaivinkoneella. Puhdistettu ja paljastettu kallio on noin 10 metriä halkaisijaltaan. Pegmatiitista on tunnistettu mm. heterosiittia, lepidoliittia, kassiteriittia, hieman spodumeenia sekä runsaasti beryylliä, joista suurimmat kiteet ovat jopa 30 cm halkaisijaltaan. Pegmatiittijuonta ei aikanaan kairattu, ja se on tulkittu linssimäiseksi tai eroosiossa kuluneen juonen pohjaosaksi. Li-pitoisuudet ovat paljastumassa melko paikallisia, jossa spodumeeni sijoittuu pienen kvartsiytimen ympärille (Alviola 1974b).

Pegmatiittijuonen jatkuvuutta selvitettiin kolmella kairanreiällä tunnetun pegmatiittiosan eteläpuolelta kairaten. Kairaukset sijoittuvat juonen länsi- ja itäpuolelle sekä suoraan eteläpuolelle pegmatiittia. Kairausten suunnat olivat kulultaan 340 ja kaateeltaan 45 astetta.

26.5.2023

## 5 TULOKSET JA TULKINTA

Alla olevassa kuvassa 16 on merkitty karttaan kaikki suoritettut tutkimukset Potoskavaaran alueella vuosina 2020–2022. Geofysikaaliset mittaukset sijoittuvat kartan itäosaan, keskelle heikkouuttolinjaa 2022 sekä vanhoja ja uusia kairauksia 2021. Geofysiikan mittauksista on tarkemmat kartat kappaleessa 5.4.



Kuva 16. Kaikki suoritettut tutkimukset vuosina 2020–2022 Potoskavaaran alueella.

### 5.1 Geokemia

#### 5.1.1 Pintageokemia, vuoden 2020 tulokset

Oriselän tunnetun spodumeenipegmatiitin ympäristö ei näy Li:n tai sen seuralaisalkuaineiden suhteen anomaalisena, vaan ainoastaan korkeana tausta-alueena (Kuvat 17–19). Oriselän Li-anomaaliset

26.5.2023

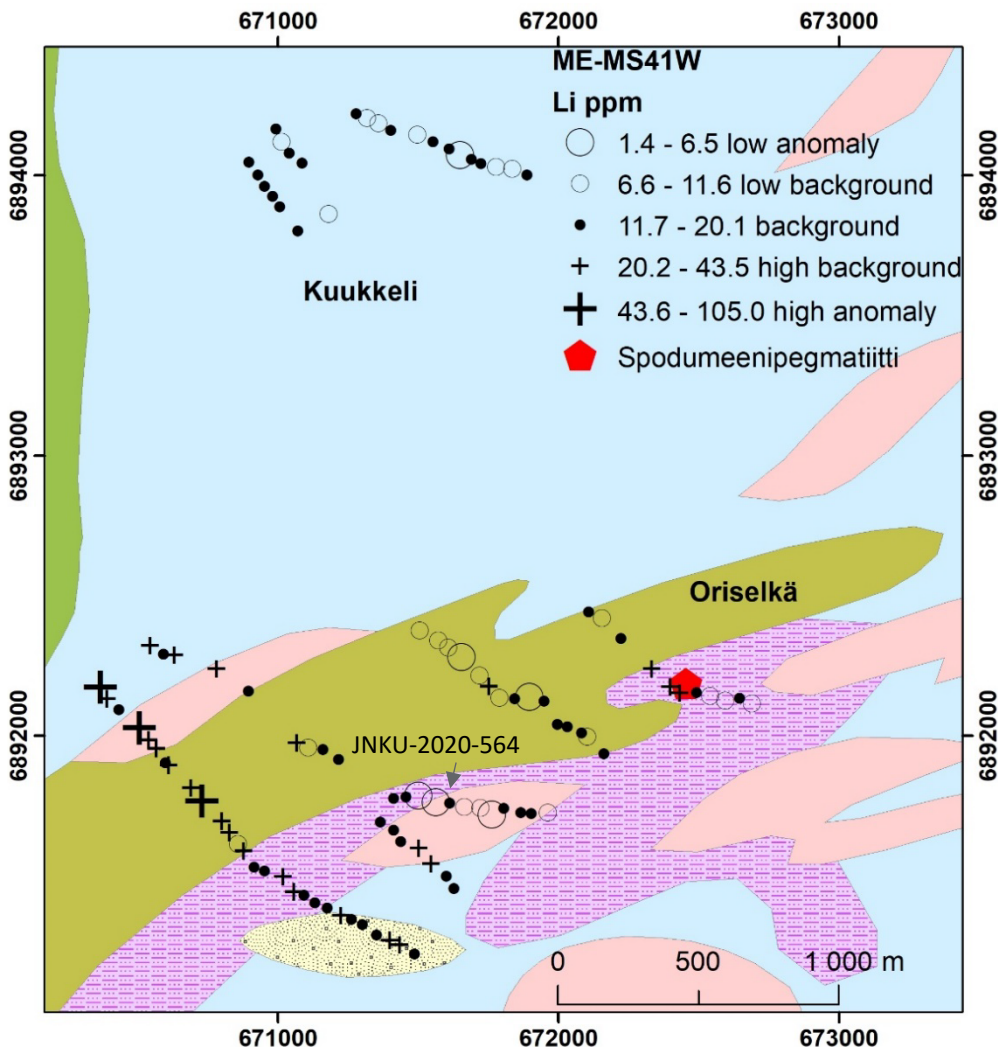
näytteet keskittyvät alueen läntisimmälle linjalle (kuva 17), sen pohjoispäähän, jossa myös useat Li-pegmatiittien seuralaisalkuaineet ovat anomaalisia (kuvat 18–19).

Li:n ja sen seuralaisalkuaineiden suhteen Kuukkelin alue on pelkästään tausta-alue, kun käytetään luokitteluna Tukey-laatikkojanakuvaa (Kuvat 17–19). Tosin Ga, Nb, Ta ja Tl näkyvät Kuukkelin alueella korkeana taustana joidenkin näytepisteiden kohdalla.

Alkuaineen anomalian arvossa on huomioitu anomalian voimakkuus eli yksittäinen anomalia saa arvon 1, kun on anomaalinen ja arvon 2, kun on erittäin voimakkaasti anomaalinen. Anomaliat on määritetty loGas-sovelluksen AAT työkalulla (Anomaly Assessment Tool). Tutkimusalueen Li:n ja sen seuralaisalkuaineiden anomaalisimmat pisteet keskittyvät Oriselän läntisimmän linjan pohjoispäähän (kuva 20). Huomionarvoista on, että läntisimmän linjan pohjoisosa on pitkällä matkalla anomaalinen mikä voi heijastaa jäätikkökuljetusta ja siten lähdealue voisi sijoittua lähelle linjan pohjoispäätä tai sen luoteispuolelle.

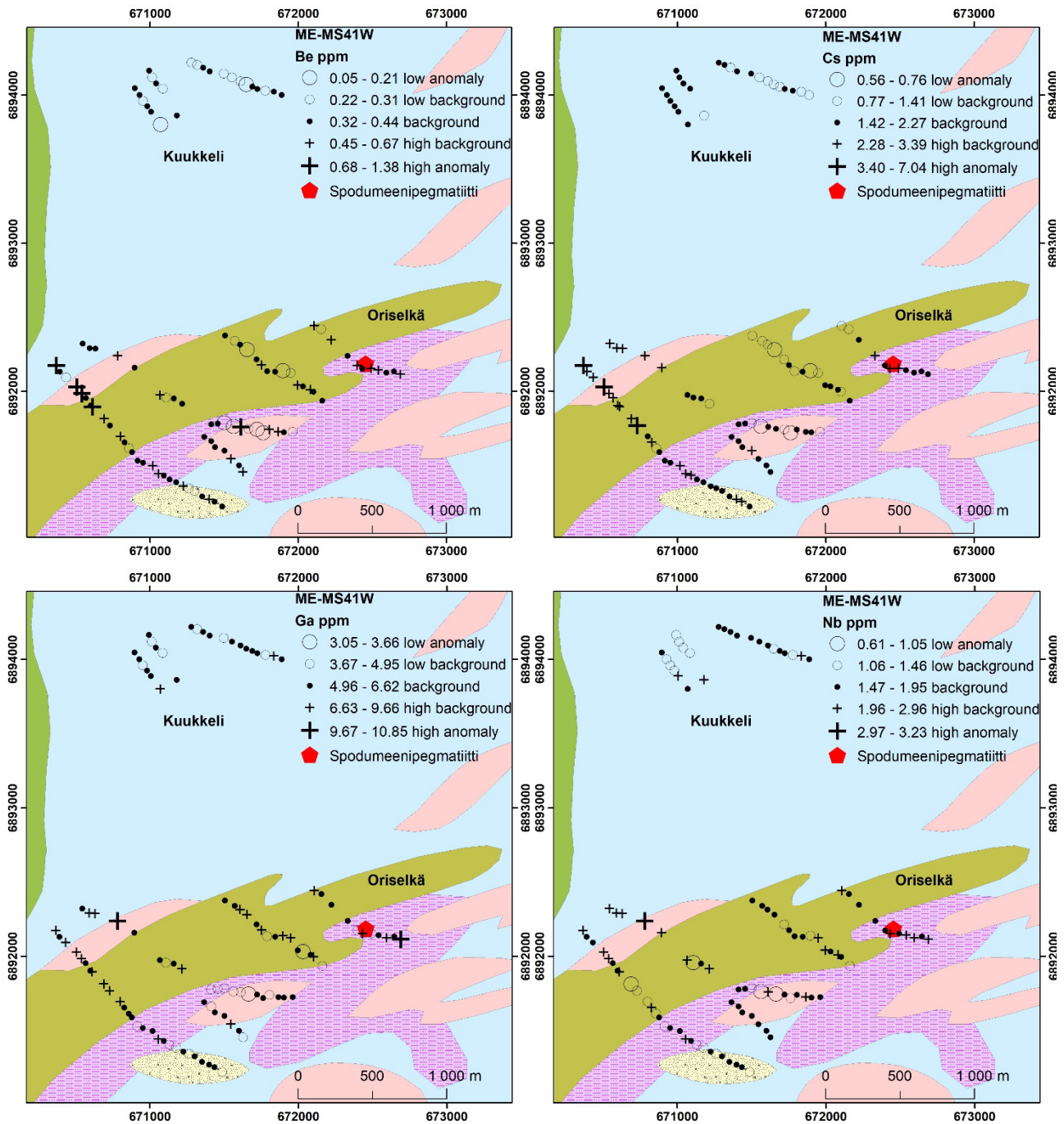
Pintageokemian näytteenoton mukaan alueella on yksi näytepiste (JNKU-2020-564) lähellä pegmatiittigraniitin ja mustaliuskeen kontaktia, johon liittyy useiden alkuaineiden anomaalisia pitoisuuksia. Tässä näytepisteessä on korkea As-pitoisuus (1775 ppm As) ja pisteessä on myös mm. näyteaineiston korkeimmat Be-, Cu-, Ge-, Fe-, La-, Mo-, Nd-, Pr-, Sb-, Se-, Te-, Th-, U-, V- ja Y-pitoisuudet ja toiseksi korkeimmat Bi-, Ce-, Sn-, Ta- ja W-pitoisuudet.

26.5.2023



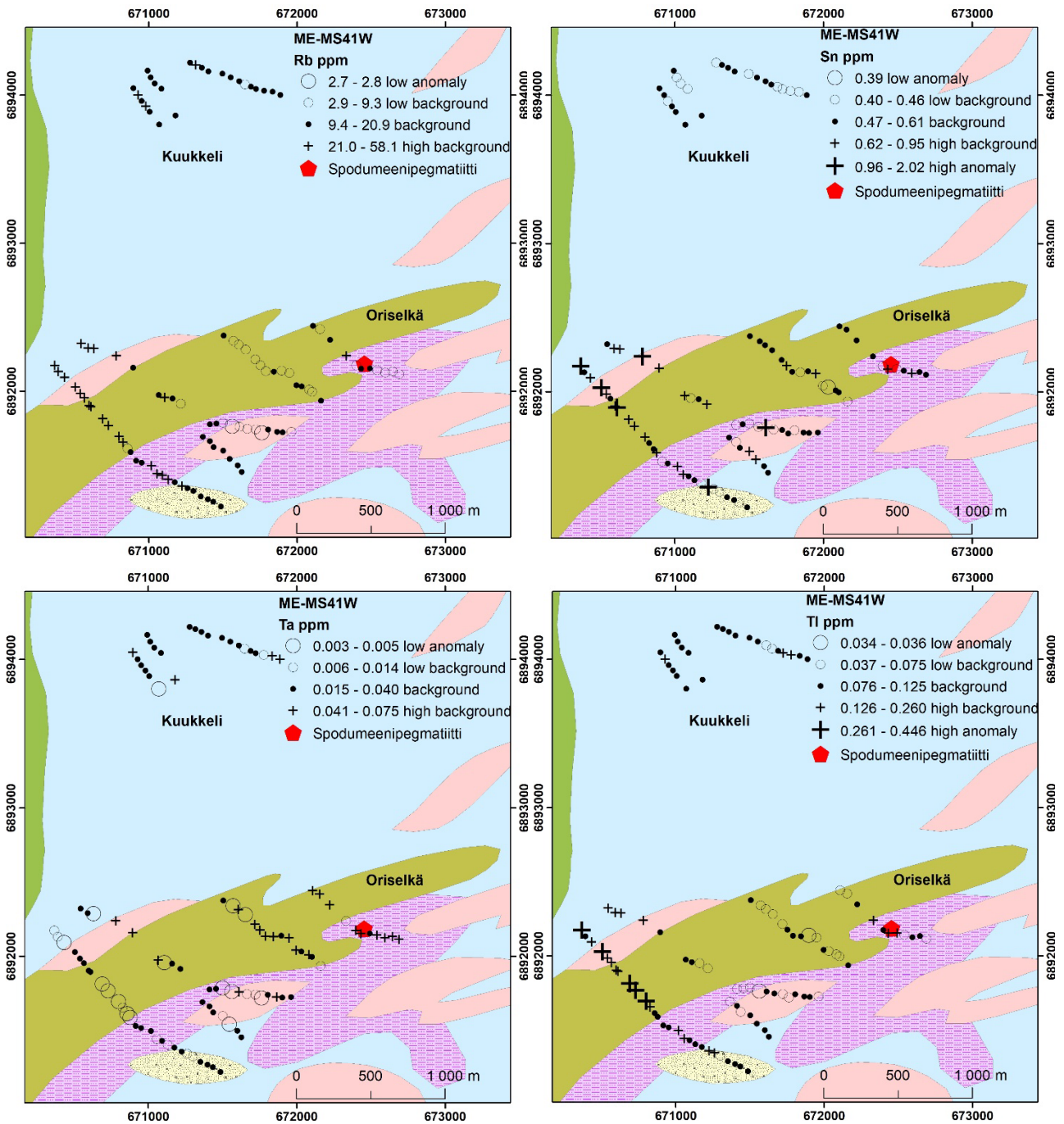
Kuva 17. Li-pitoisuudet luokiteltuna logaritmisella Tukey-laatikkoajanakuvaajan perusteella. Suomen kallioperä – DigiKP 2021.

26.5.2023



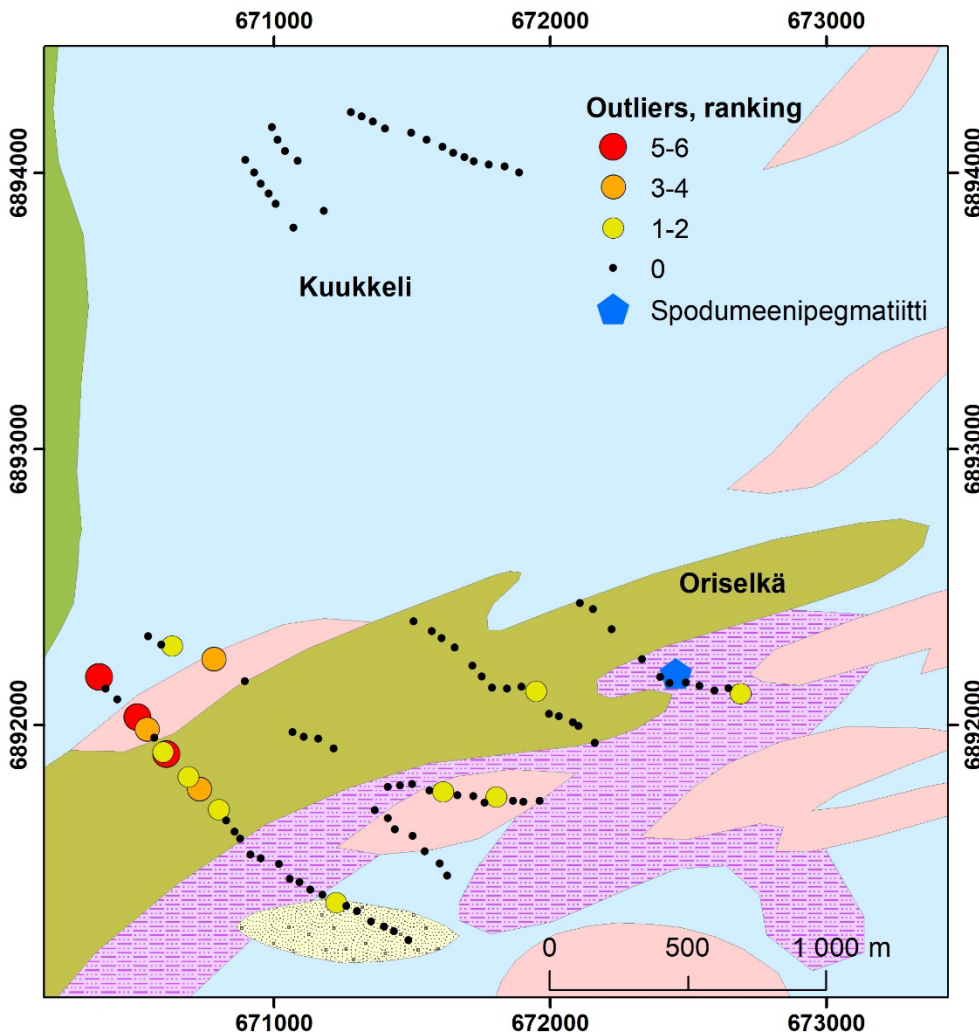
Kuva 18. Be-, Cs-, Ga- ja Nb-pitoisuudet luokiteltuna logaritmisin Tukey laatikkojana kuvaajan perusteella on esitetty kallioperäkartalla. Suomen kallioperä – DigikP 2021.

26.5.2023



Kuva 19. Rb-, Sn-, Ta- ja Tl-pitoisuudet luokiteltuna logaritmisin Tukey-laatikkojanakuvaajan perusteella on esitetty kallioperäkartalla. Suomen kallioperä – DigikP 2021.

26.5.2023



Kuva 20. Li:n ja sen seuralaisalkuaineiden (Be, Cs, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, Tl) yhteenlasketut anomaliat yksittäisissä näytteissä. Suomen kallioperä – DigiKP 2021.

### 5.1.2 Pintageokemia, vuoden 2022 tulokset

Alkuaineiden luokittelun yhteenveto on nähtävissä Taulukosta 2. Lisäksi kaikista yhdeksästä alkuaineesta piirrettiin erillinen kartta. Nämä kartat ovat nähtävissä kuvissa 21–23.

Tukey laatikkojana-kuvaajan perusteella havaittiin, että Surmasuon alueen näytteenottolinjoilla alkuaineilla Be, Cs, Ga ja Li oli anomaalisia pitoisuuksia. Niobium (Nb), tina (Sn) ja tallium (Tl)-arvot pysyivät näytteissä välillä matala tausta-arvo-korkea tausta-arvo. Tantaali- (Ta) -arvot pysyivät välillä matala tausta-arvo-korkea tausta-arvo. Huomioitavaa on, että tantaalilla on vain matalia tausta-arvoja ja korkeita tausta-arvoja, näiden välissä olevat tausta-arvopitoisuudet puuttuvat kokonaan. Tämä voi johtua siitä, että osa tantaalin arvoista oli alle määrittäysrajan. Rubidium (Rb) -arvot vaihtelivat matalan anomalian ja korkean tausta-arvon välillä.

26.5.2023

Taulukko 2. Vuoden 2022 heikkouutönäytteenoton Tukeyn laatikkojana--arvot taulukossa. Taulukon neljällä ensimmäisellä alkuaineella Li, Ga, Cs ja Be on anomaalisia pitoisuuksia.

Kitee Heikkouutto 2022		Li ppb		Ga ppb		Cs ppb		Be ppb		Nb ppb		Rb ppb		Sn ppb		Ta ppb		Tl ppb	
Tukey's Box values		From	To	From	To	From	To	From	To	From	To	From	To	From	To	From	To	From	To
○	Low Anomaly	0.1	0.1			1.1	11.1	0.2	1.9			14.3	57.8						
○	Low Background	0.1	0.8	5.2	9.7	11.1	16.7	1.9	3.5	0.05	0.5	57.8	97.5	0.1	0.2			0.22	0.53
•	Background	0.8	4.5	9.7	22.1	16.7	29.6	3.5	7.9	0.5	5.6	97.5	177	0.2	1.2	0.025	0.43	0.53	1.06
+	High Background	4.51	24.2	22.1	61.7	29.6	68.7	7.9	23.6	5.6	59.8	177	392	1.2	16.9	0.43	5.08	1.06	2.91
+	High Anomaly	24.21	121	61.7	166.5	68.7	146	23.6	29.1										
Low Anomaly-pisteiden määrä kartalla		3		0		3		4		0		3		0		0		0	
Low background-pisteiden määrä kartalla		18		21		19		20		8		18		23		64		54	
Background-pisteiden määrä kartalla		42		41		41		39		55		42		40		0		23	
High background-pisteiden määrä kartalla		19		18		18		19		20		20		20		19		6	
High-Anomaly-pisteiden määrä kartalla		1		3		2		1		0		0		0		0		0	

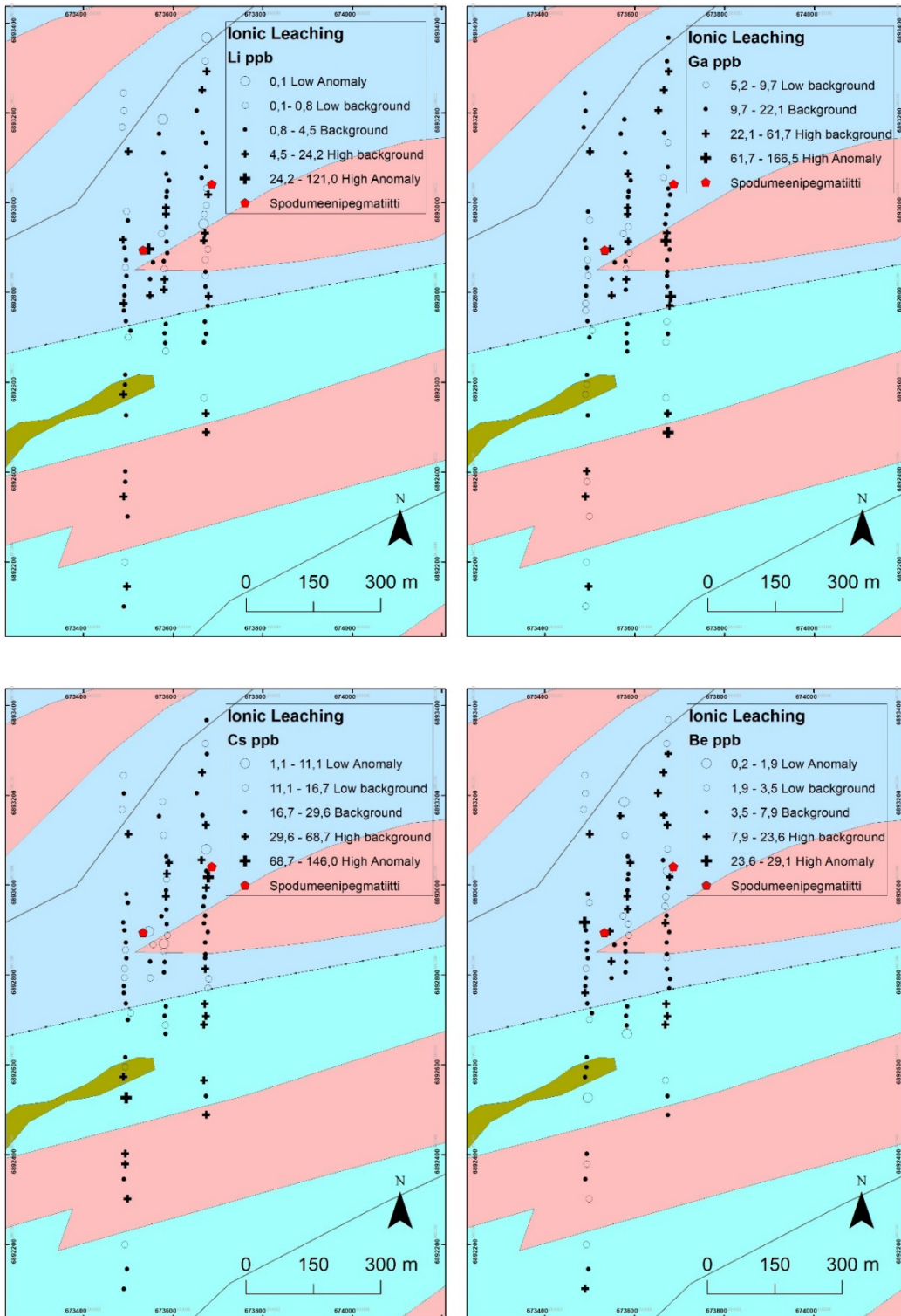
Kaikille analysoiduille alkuaineille tehtiin suppeampi Tukeyn laatikkojanatarkastelu, josta määritettiin vain alkuaineiden anomaalisuus. Anomaalisia pitoisuuksia tuli seuraaville alkuaineille: As, Ba, Bi, Ce, Cs, Cu, Ge, I, In, Mo, Ni, Pb, Re, Sb, Se, Sr, Te, U ja Y. Tilastotietoa valituista, lähinnä kunnan seuralaisalkuaineista on nähtävissä Taulukossa 3. Huomattavaa on kuparin ja lyijyn huomattavat suhteelliset pitoisuudet. Huomioita herättää myös vismutin, indiumin, antimonin ja telluurin anomaalisuus yli kymmenessä pisteessä. Anomaalisuus selittyy osin kyseisten alkuaineiden hyvin alhaisilla pitoisuuksilla.

Taulukko 3. Vuoden 2022 heikkouutönäytteenoton suppeamman tarkastelun valikoituja alkuaineita, Tukeyn laatikkojana-anomalian arvo ja tilastotietoja.

Alkuaine	As	Bi	Cu	In	Ni	Pb	Sb	Se	Te	U	Y
Anomalian alaraja ppb	60.1	0.6	679	0.1	195	417	0.7	33	0.5	28.5	794
Anomaalisia pisteitä kartalla	2	13	5	15	4	3	15	1	12	4	3
Uniikkeja arvoja	65	15	76	4	63	79	10	19	6	78	80
Minimi ppb	0.5	0.3	3	0.1	24	0.8	0.5	2	0.5	0.17	2.7
Maksimi ppb	206	8.1	5510	0.4	391	1825	1.7	42	1.1	354	794
Hajonta	205.5	7.8	5507	0.3	367	1824	1.2	40	0.6	353.8	791.3

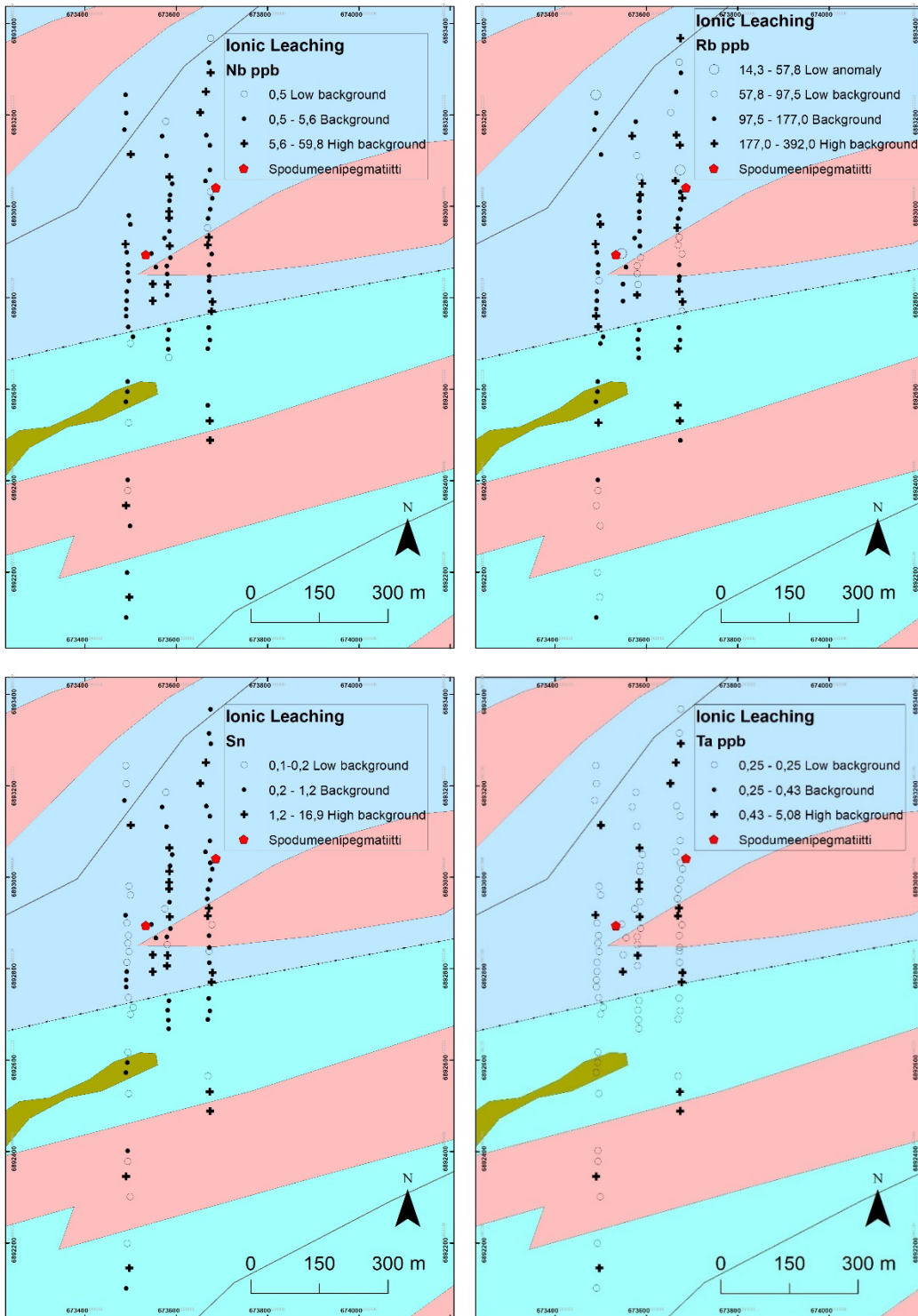


26.5.2023



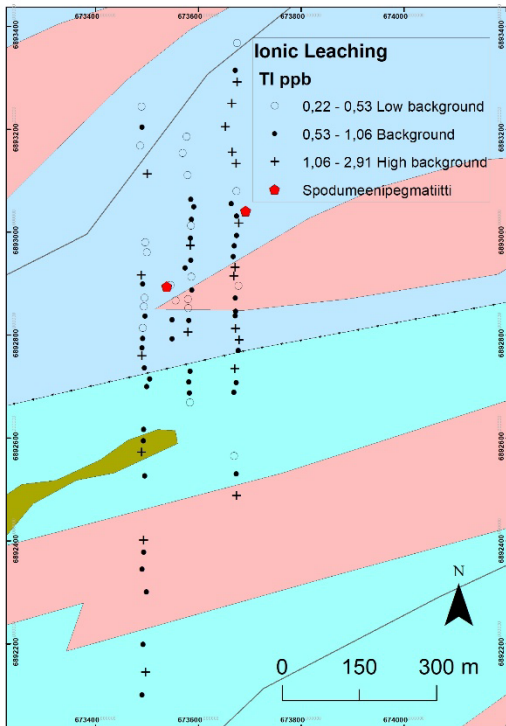
Kuva 21. Li, Ga, Cs ja Be pitoisuudet luokiteltuna logaritmisen Tukey-laatikkojanakuvaajan perusteella ja esitettyinä kallioperäkartalla (Suomen kallioperä – DigiKP 2023). Li-kartassa on yksi anomaalinen piste. Gallium-kartassa on kolme anomaalista pistettä, jotka kaikki sijaitsevat itäisimmällä linjalla. Cesium-kartassa on kaksi anomaalista pistettä, joista yksi sijaitsee läntisen tunnetun spodumeenipegmatiittipaljastuman läheisyydessä. Beryllium-kartassa on yksi anomaalinen piste, joka sijaitsee tunnetun spodumeenipegmatiittipaljastuman länsipuolella.

26.5.2023



Kuva 22. Nb-, Rb-, Sn- ja Ta-pitoisuudet luokiteltuna logaritmissen Tukey-laatikkojanakuvaajan perusteella ja esitettyinä kallioperäkartalla. Suomen kallioperä – DigikP 2023.

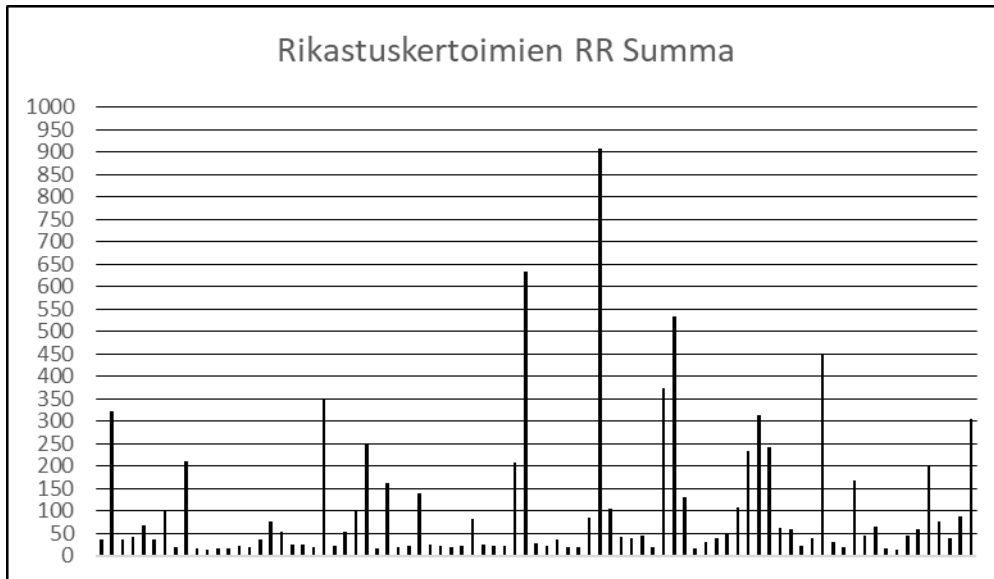
26.5.2023



Kuva 23. Logaritmisen Tukey-laatikkoajanakuvaajan perusteella luokitellut TI-pitoisuudet on esitetty kallioperäkartalla. Suomen kallioperä – DigiKP 2023.

Alkuaineiden yhteenlaskettu rikastuserroin-vertailuarvo on kuvattu näytesteittäin Kuvissa 25 ja 26. Kuvan 24 pylväsiagrammia on käytetty hyväksi, kun määritettiin alkuaineiden rikastuskertoimien rajoja. Kuvasta 26 voidaan havaita, että korkeat arvot keskittyvät tutkimusalueen ja näytteenottolinjojen keskiosiin, mutta sekä etelä- että pohjoisosissa tulee usealle pisteelle korkeita yli 100 rikastuserroinarvoja. Nämä korkean arvon näytesteet voivat indikoida alueella mahdollisesti olevia paljastumattomia Li-pegmatiittijouonia.

26.5.2023



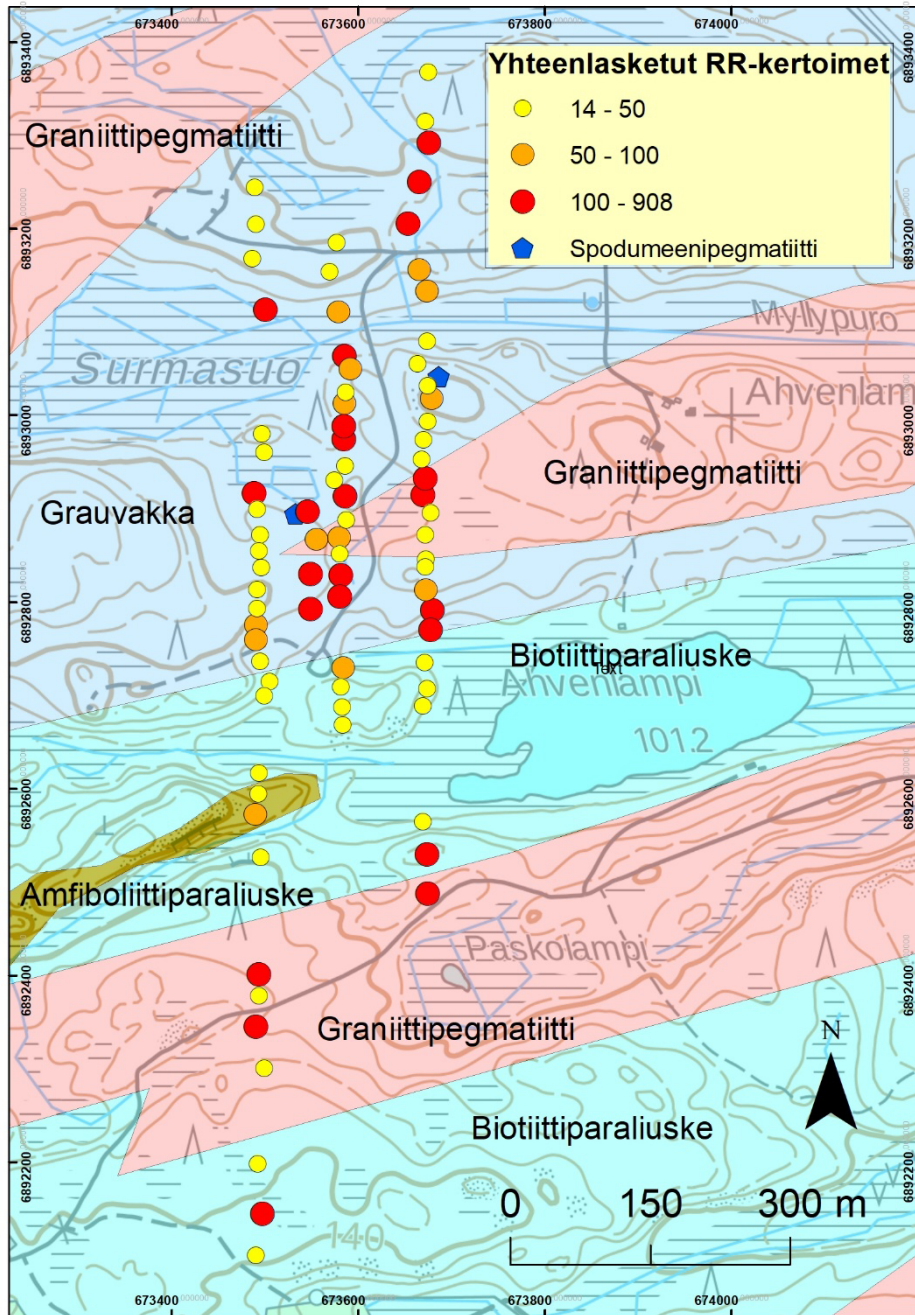
Kuva 24. Yhteenlaskettujen rikastuskertoimien RR pylväskuvaaja.

Jokaisen yhdeksän alkuaineen RR-arvot on kuvattu Kuvissa 26–28. Kuvat on järjestetty alkuaineittain korkeimmasta rikastuserroin arvosta pienimpään maksimiarvoon. Jokainen tarkasteltava alkuaine antoi näytepisteille selkeästi anomaalisia, yli viiden RR-arvoja (Sarala et al. 2008). Rikastuserroin arvot on jaettu viiteen eri luokkaan kertoimen mukaan. Arvojen rajat ovat nähtävissä Taulukossa 4. Taulukossa 5 on puolestaan nähtävissä valittujen alkuaineiden korkeimmat rikastuserroin arvot. Anomaalisia arvoja ovat arvot, joilla rikastuserroin RR on välillä 5–10. Keski-anomaalisia ovat pisteet, joiden RR-kerroin arvot ovat välillä 10–50 ja korkean anomalian saavat pisteet, joiden RR-arvot ovat yli 50. Analysoiduista alkuaineista kaikki yhdeksän saivat anomaalisia rikastuskertoimia. Korkeita yli 50 RR-arvoja saavat Ta, Li, Nb ja Sn. Keski-anomaalisia arvoja saavat Ga, Cs, Be ja Tl. Anomaalisia arvoja puolestaan saa vain Rb.

Taulukko 4. Viisiportainen rikastuserroin RR-luokittelu ja tulkinta luokittelusta.

Rikastuserroin RR	Tulkinta
Minimi-2	Matala tausta-arvo
2-5	Tausta-arvo
5-10	Anomalia
10-50	Keski-anomalia
50-Maksimi	Korkea anomalia

26.5.2023



Kuva 25. Li:n ja sen seuralaisalkuaineiden (Be, Cs, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, Tl) yhteenlasketut rikastuskertoimet näytepisteissä. On mahdollista, että punaisten pisteiden läheisyydessä on paljastumattomia spodumeenipegmatiittijuonia. Suomen kallioperä – DigiKP 2023.

26.5.2023

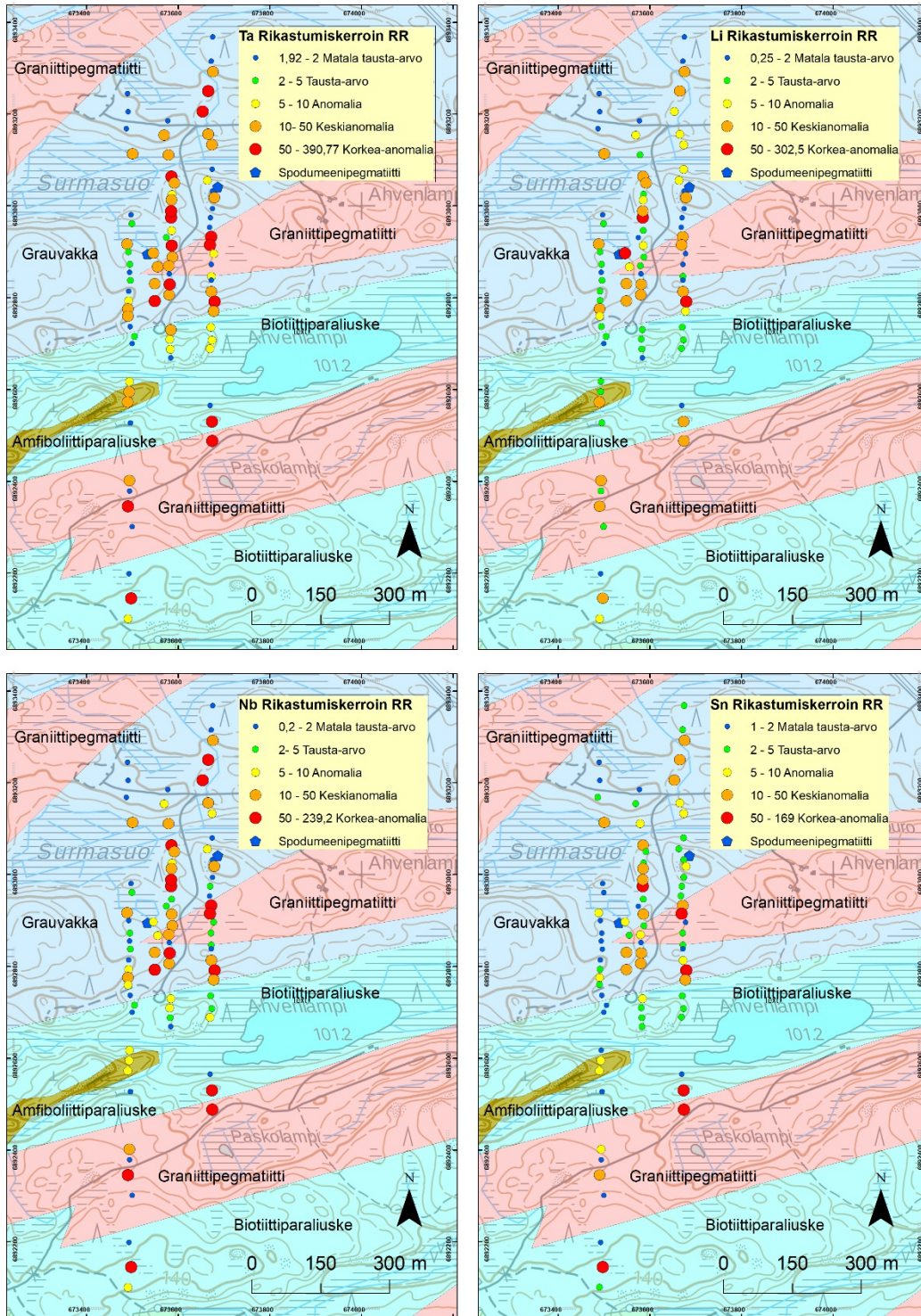
Taulukko 5. Valittujen alkuaineiden yhteenlasketut rikastuskerroin-arvot.

RR-arvot matalasta-korkeaan			Anomalia-arvo
1	Ta	391	Korkea anomalia
2	Li	303	Korkea anomalia
3	Nb	239	Korkea anomalia
4	Sn	169	Korkea anomalia
5	Ga	34	Keski-anomalia
6	Cs	18	Keski-anomalia
7	Be	17	Keski-anomalia
8	Tl	11	Keski-anomalia
9	Rb	8	Anomalia

RR-arvojen perusteella vaikuttaa siltä, että korkeat anomaliat keskittyvät kartan keskiosalla ja eteläosassa olevan graniittipegmatiitti-kivilajiyksikön läheisyyteen. Keskellä karttaa Ahvenlammen kohdilla oleva biotiittiparaliuske-yksikön alueella anomalioiden arvot ovat alhaisimpia. Paraliuskeen kohdalle ei sijoitu yhtään litium-, gallium- tai tallium- RR-anomaliaa. Tallium antaa korkeampia RR-arvoja kuin Li, tämä johtuu todennäköisesti siitä, että osa talliumin arvoista on alle määrittämissä 5 ppb. Kaiken kaikkiaan RR-arvojen perusteella on mahdollista, että alueella on potentiaalia maapeitteiden alla paljastumattomana sijaitseville LCT-pegmatiittijuonille. Niobiumin ja tantaalin kartat vaikuttavat korreloivan hyvin keskenään. Ta ja Nb rikastuvat tyypillisesti samoihin mineraaleihin graniiteissa ja graniittipegmatiiteissa (Černý & Ercit 1985).

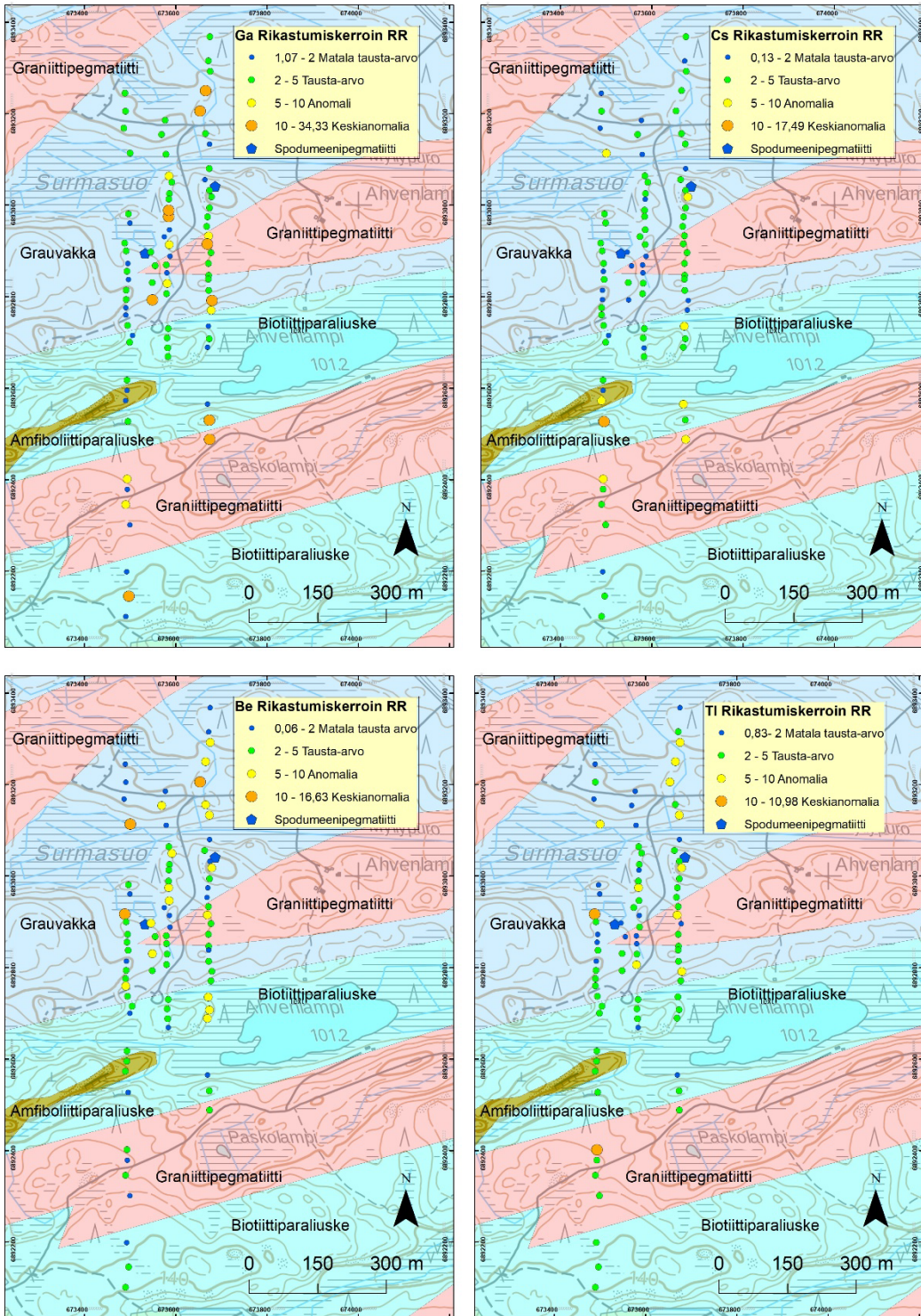
Aivan kartan pohjoisosaan ei kohdistu yhtään anomaalista RR-arvoa alkuaineiden yksittäisessä tarkastelussa, vaikka kartan yläosassa on nähtävissä graniittipegmatiitti-kivilajiyksikkö. Linjoja olisi pitänyt jatkaa alueella sekä pohjoiseen että etelään. Pohjoiseen linjojen jatkeella olisi voitu tarkistaa kartalla näkyvä graniittipegmatiitti. Etelässä puolestaan toiseksi eteläisimmässä pisteessä on korkeita RR-anomaliapisteitä tantaalille, niobiumille ja tinalle, jotka voivat olla kompleksipegmatiitin aiheuttamia. Itäisen linjan kahdessa eteläisimmässä pisteessä havaittiin korkeita anomalia-arvoja tantaalille, niobiumille ja tinalle sekä keskinertainen anomalia-arvo litiumille. Nämä näytteenotot on otettu hyvin läheltä kalliopintaa ja niiden välistä löydettiin näytteenoton yhteydessä pegmatiittijuoni. Linjoja olisi ollut hyvä jatkaa etelän suuntaan pidemmälle, jotta olisi päästy laajemmin kiinni tausta-arvoihin.

26.5.2023



Kuva 26. Ta, Li, Nb ja Sn RR-arvokartat. Suomen kallioperä – DigiKP 2023, Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2023.

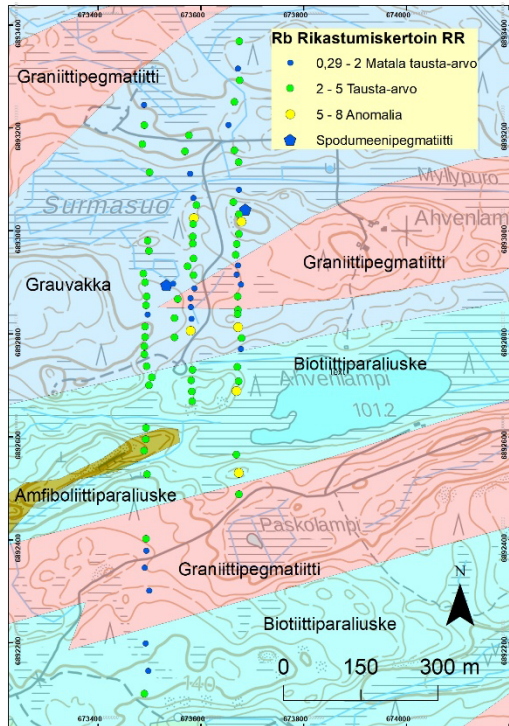
26.5.2023



Kuva 27. Ga,Cs, Be ja Tl RR-arvokartat. Suomen kallioperä – DigiKP 2023, Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2023.



26.5.2023



Kuva 28. Rb RR-arvokartta. Suomen kallioperä – DigiKP 2023. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2023.

### 5.1.3 Montutus ja koekuopat

Kuoppien syvyydet vaihtelivat metrissä viiteen metriin. Kallio tavoitettiin seitsemässä kuopassa. Mielenkiintoisin kalliohavainto oli kuopassa AMPE-2021-8, jossa tavoitettiin pegmatiittikallio. Kuopan lähellä oli vastaava kalliojaljastuma. Tehtyjen havaintojen ja suuntauslaskun perusteella tutkimuskuoppien pohjamaareni edustaa keski- ja myöhäis- Veiksel-jäätiköitymisvaihetta, jonka virtaussuunta tutkimusalueella on länsiluoteesta itäkaakkoon kohti I Salpausselkää. Tätä suuntaa indikoivat myös Suksi- ja Tervalampien välillä olevat suuntautuneet moreeni- ja kalliomuodot (Kuva 11). Kuoppien stratigrafia ja näytteenotto on kuvattu seuraavassa piirroksina ja valokuvoin (kuvat 29–41).

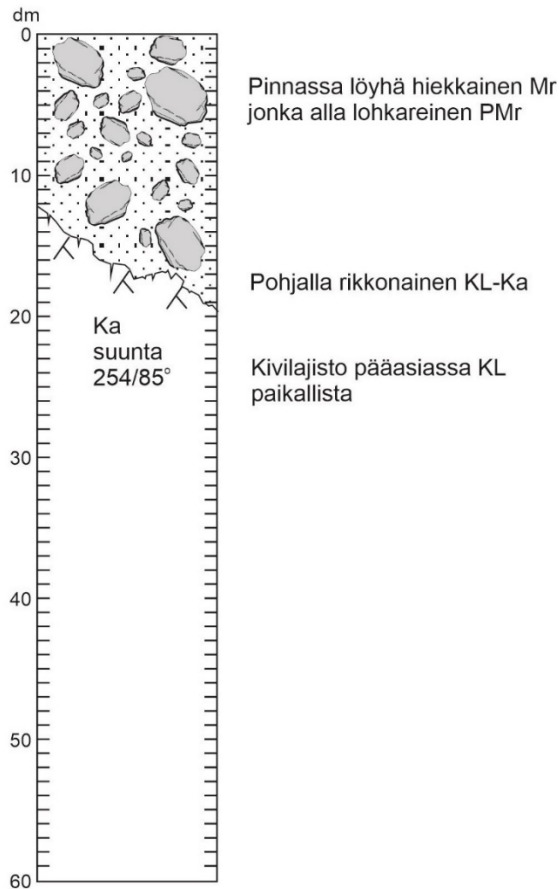
26.5.2023



Kuva 29. Montutustyötä Kuukkelin alueella.

26.5.2023

## Tutkimuskuoppa AMPE 2021-11 Kuukkeli



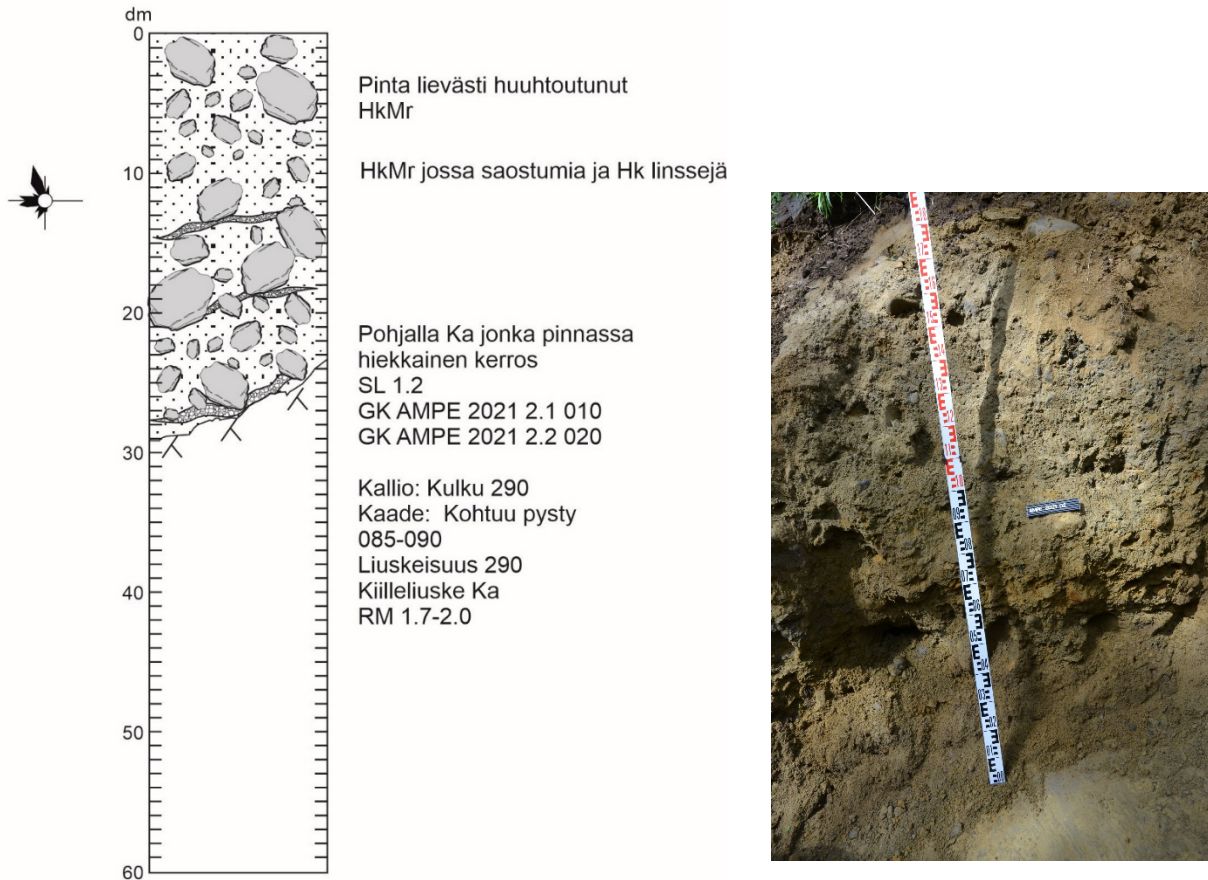
Kuva 30. Stratigrafiapylväs ja valokuva kuopan AMPE 2021-1 moreenileikkauksesta. Koordinaatit X 670804, Y 6893994.

Kuoppa kaivettiin Kuukkelin alueelle Tervalammen ja Suksilammen väliin. Alue on drumlinisoitunut ja sen muodostumien suunta on luode – kaakko. Kuoppa sijaistee kalliioytimisen drumliinikilven eteläreunalla. Paikalla moreenipeite on lähinnä kiilleliuskekalliota verhoavaa pohjamoreenia. Moreenipatjan pintaosa on roudan löyhentämää, homogeenista, ruskeanharmaata pohjamoreenia, joka tiivistyy syvemmällä. Moreenin kivilajisto on paikallista koostuen pääasiassa kiilleliuskeista. Kuopan pohjalla on rikkonainen kiilleliuskekallio syvyydellä 018 dm. Liuskeisuuden suunta 254° ja kaade 85°.

Moreenista otettiin geokemian- ja raskasmineraalinäytteet syvyydeltä 015 dm sekä tehtiin kivilasku.

26.5.2023

## Tutkimuskuoppa AMPE 2021-2

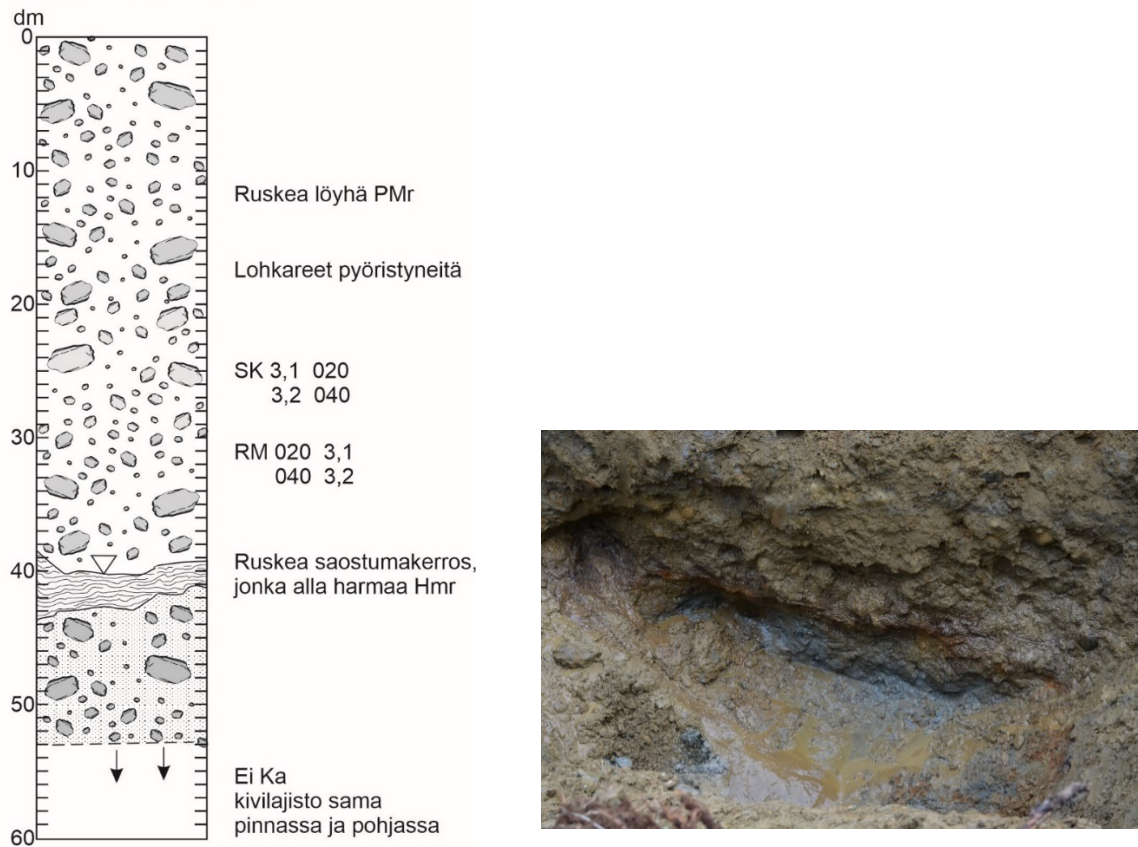


Kuva 31. Stratigrafiapylväs ja valokuva kuopan AMPE 2021-2 moreenileikkauksesta. Koordinaatit X 671029 Y 6891459.

Kuoppa kaivettiin Suksilammen lounaispuolelle luode-kaakko -suuntaisen drumliinikilven distaalipuolelle. Moreenipatja on pinnasta löyhää hiekkamoreenia jossa on ruosteisia saostumaraitoja ja hiekkalinsejä. Pohjalla on kiilleliuskekallio (Kl) jonka pinnassa on hiekkainen kerros. Moreenin kivistä tehty suuntauslasku syvyydeltä 1,2 m osoittaa kahta kerrostumissuuntaa, luoteista ( $340^\circ$ ) ja läntistä ( $270^\circ$ ). Sen perusteella moreenikerroksessa on viitteet Salpausselkävaihetta vanhemmasta luoteisesta jäätikön virtauksesta sekä viimeisintä aktiivista Salpausselkävaihetta edustavasta nuorimmasta läntisestä virtausvaiheesta. Moreenista otettiin geokemian näytteet 010, 020 dm, kivilasku 020 dm ja raskasmineraalinäyte 1,7 – 2,0 m.

26.5.2023

## Tutkimuskuoppa AMPE 2012-3

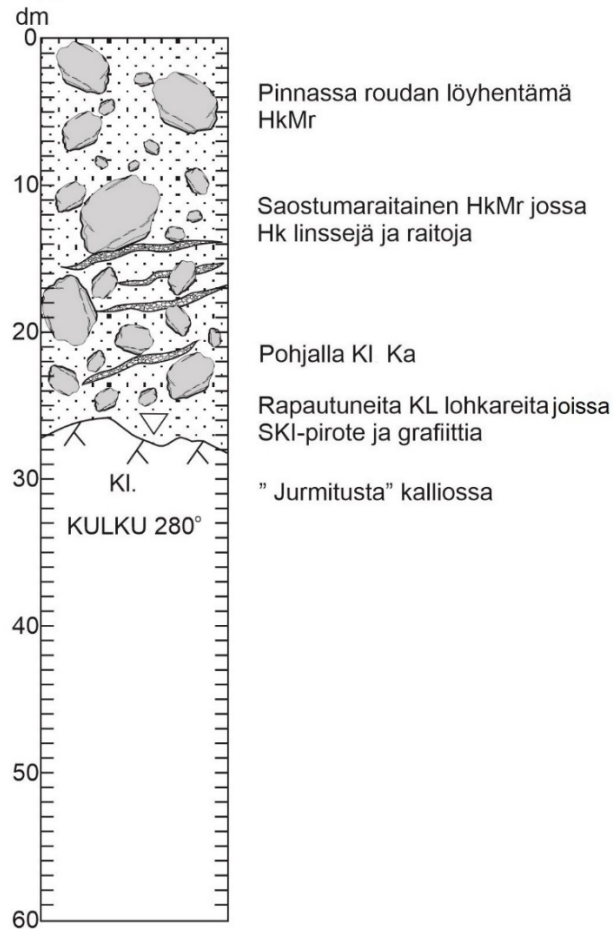


Kuva 32. Stratigrafiapylväs ja valokuva kuopan AMPE 2021-3 moreenileikkauksesta. Koordinaatit X, 671333 Y 6894103.

Kuoppa AMPE 2021 -3 kaivettiin Suksilammen eteläpuolelle druminoisituneelle alueelle. Korkeusmallissa näkyvä muodostumien suunta on länsiluode – itäkaakko 280-300°. Muodostumat edustavat alueen nuorinta mannerjäätikön virtausvaihetta. Moreeniaines kuopassa on ruskeanharmaata löyhäköä homogeenista pohjamoreenia jonka lohkaristo on varsin pyöritynyttä. Moreenikerroksen pohjaosassa 040 dm on ruskea ruosteinen saostumakerros jonka alla on siniharmaa hienoainemoreeni (HMr). Moreenin väriero johtunee saostumaan rajoittuvan pohjaveden vaikutuksesta. Molemmista moreenikerroksista tehtiin kivilaskut. Kivilajisto molemmissa erivärisissä moreenikerroksissa on yhteneväinen koostuen pääasiassa kiille- ja mustaliuskeista sekä vulkaniiteista. Moreenista otettiin geokemian ja raskasmineraalinäytteet syvyyksistä 020, 040 dm. Kallion pintaa ei tavoitettu.

26.5.2023

## Tutkimuskuoppa AMPE 2021 04

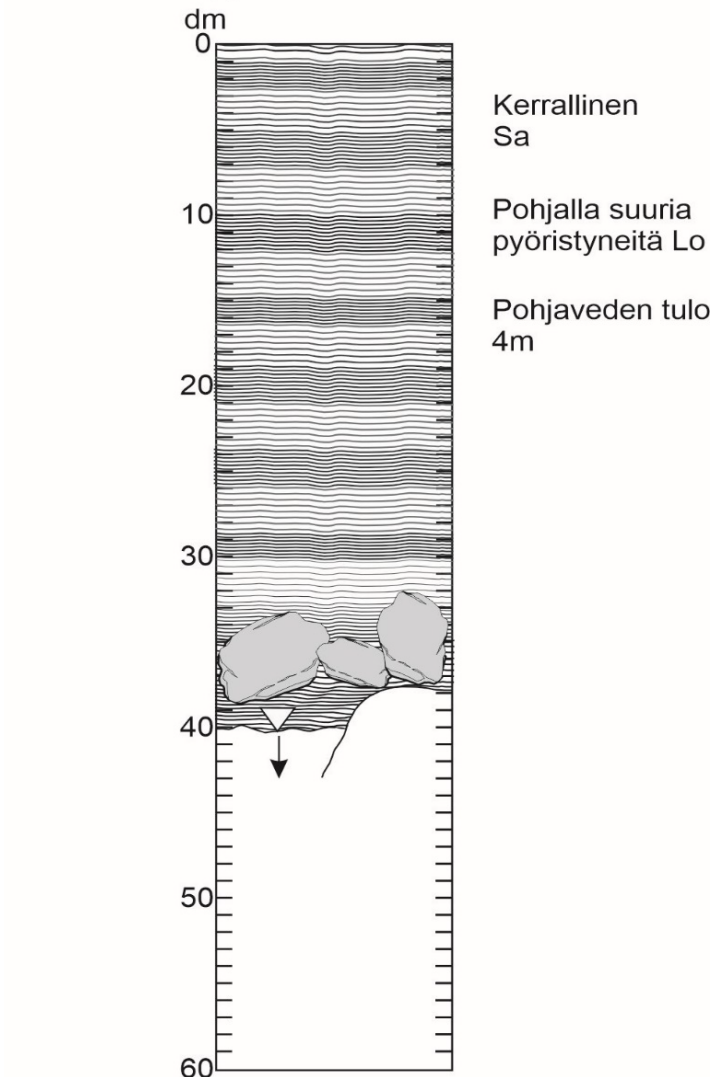


Kuva 33. Stratigrafiapylväs ja valokuva kuopan AMPE 2021-4 moreenileikkauksesta. Koordinaatit X 671413, Y 6893867.

Kuoppa AMPE-2021 4 kaivettiin edellisestä kuopasta noin 250 m etelään. Se sijaitsee samalla drumlinisoituneella alueella kuin edellinenkin kuoppa. Kuopassa moreeniaines on pinnasta roudan löyhentämää hiekaista pohjamoreenia. Syvemmällä moreeni sisältää ruskeita saostumaraitoja, hiekkalinssejä ja raitoja. Kuopan pohjalla on kiilleliuske (KI) kallio, jossa ohuina kohoumina kvartsijuonia (Kv), ei uurteita. Moreenista löytyi rapautuneita kiilleliuskelohkareita, joissa on rikkikiisupirotetta ja grafiittia. Kalliosta liuskeisuuden suunta on 280°. Moreenista otettiin geokemian ja raskasmineraalinäytteet 020 dm syvyydestä. Kivilajisto on kuten edellisessäkin kiille- ja mustaliuskeita sekä mafisia vulkaniitteja.

26.5.2023

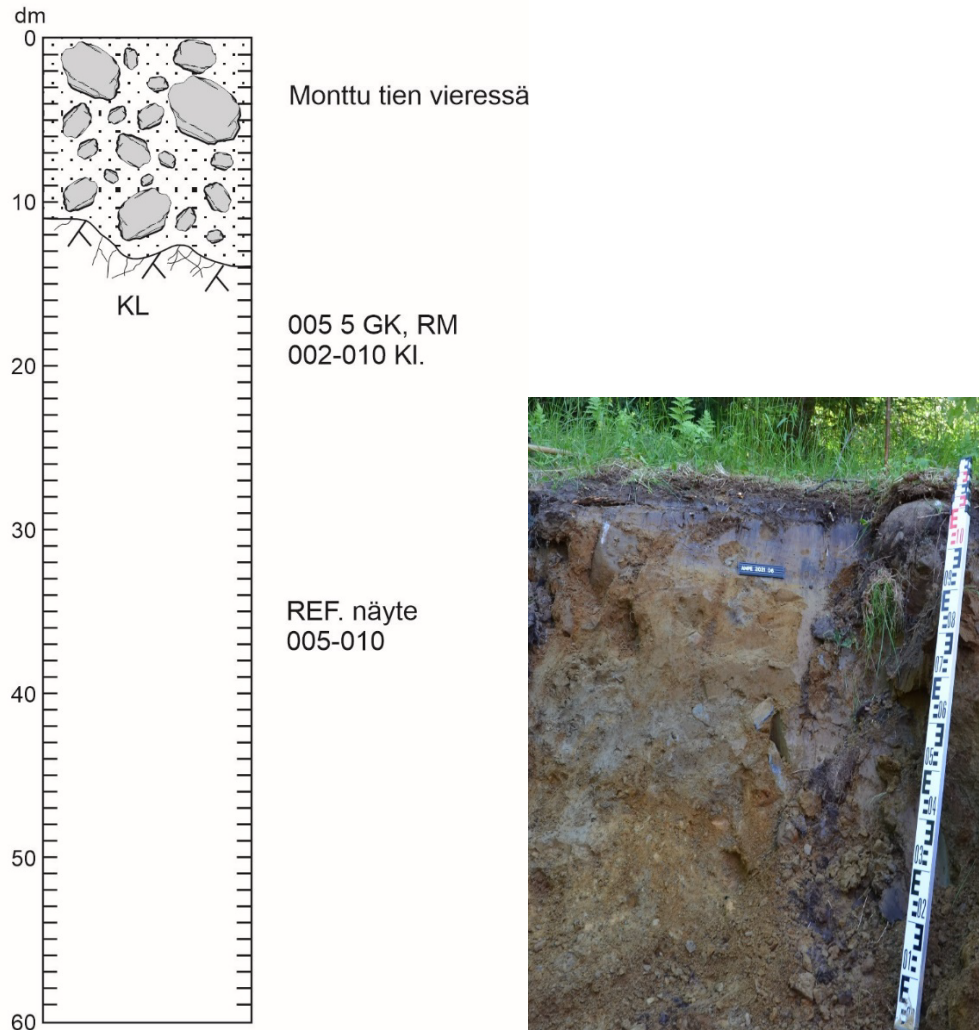
## Tutkimuskuoppa AMPE 2021-05



Kuva 34. Stratigrafia kuopasta AMPE2021-5.

26.5.2023

## Tutkimuskuoppa AMPE 2021-06



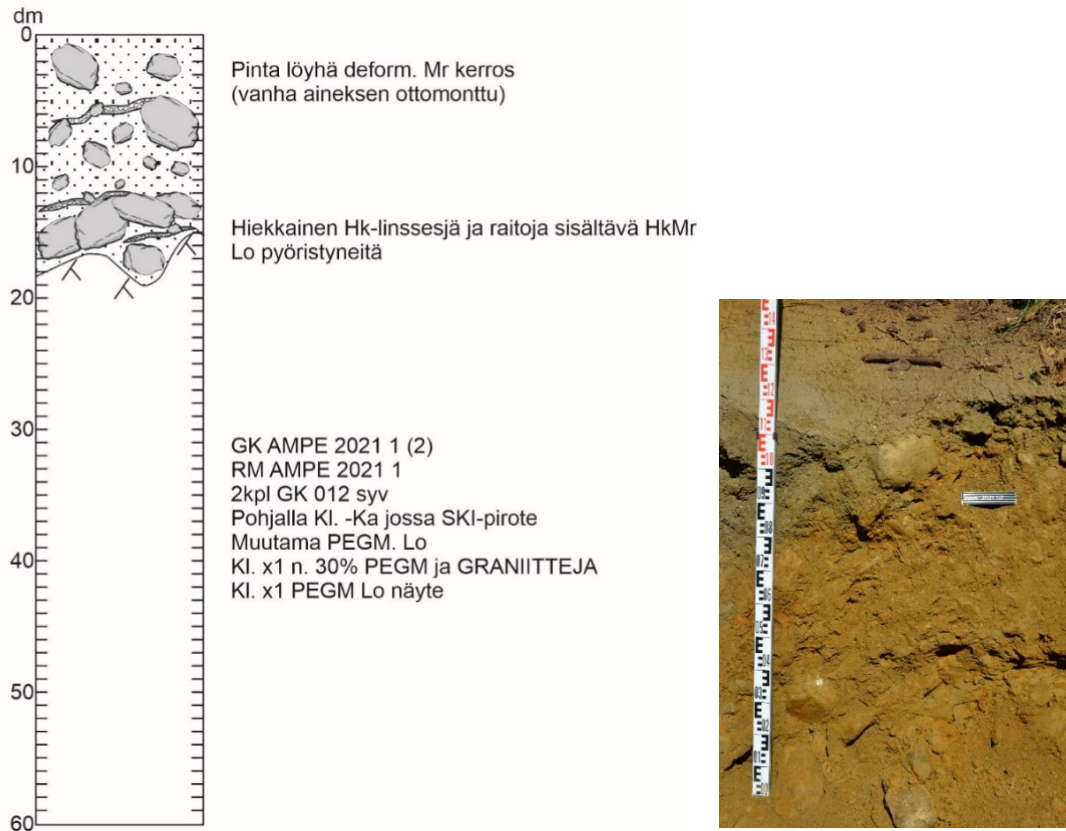
Kuva 35. Stratigrafiapylväs ja valokuva kuopan AMPE 2021-6 moreenileikkauksesta. Koordinaatit X 670406, Y 6892199.

Kuoppa AMPE 2021-6 kaivettiin tien lähelle suuntatumattomalle moreenikumpareelle Suksiojen alueelle. Moreeni on löyhähköä hiekaista pohjamoreenia, jonka alla on kiilleliuskekallio, ei uurteita. Kallion pinta on paikoin rapautunut. Moreenin kivilajisto on kohtuullisen pyöristynyttä, kiilleliusketta ja vulkaniitteja muutamia kvartsiitteja. Geokemian ja raskasmineraalinäytteet 005 dm, kivilasku 002 – 010 dm. Referenssinäyte 005 – 010 dm.



26.5.2023

## Tutkimuskuoppa AMPE 2021-07



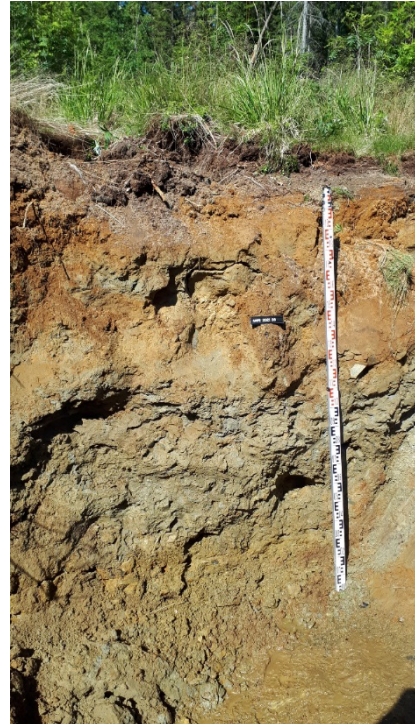
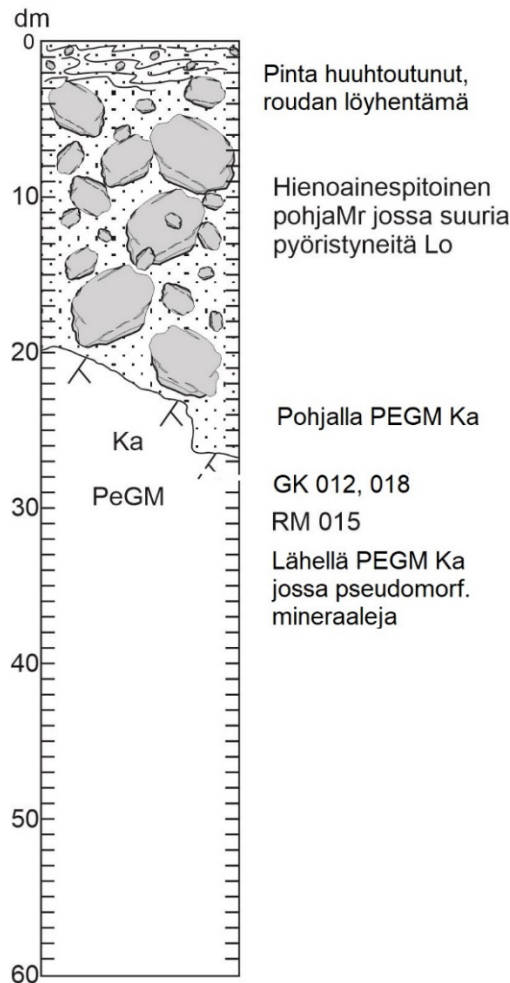
Kuva 36. Stratigrafiapylväs ja valokuva kuopan AMPE 2021-7 moreenileikkauksesta. Koordinaatit X 670553, Y 6891992.

Kuoppa kaivettiin vanhaan aineksenottomonttuun. Moreenin pintaosa on löyhää ja deformatunutta. Syvemmällä aines on hiekkalinssesjä ja raitoja sisältävää hiekkamoreenia. Lohkareisto on pyöristynyttä, kivilaskussa noin 30%, graniitteja ja muutamia graniittipegmatiitteja. Kuopan pohjalla on kiilleliuskekallio jossa on rikkikiisupirotetta (Ski piro).

Geokemian näytteet 2 kpl 012 dm samoin raskasmineraalinäyte ja kivilasku 012 dm. Kallionäyte 018 ja 1 kpl pegmatiittilohkarenäyte.

26.5.2023

## Tutkimuskuoppa AMPE 2021-08



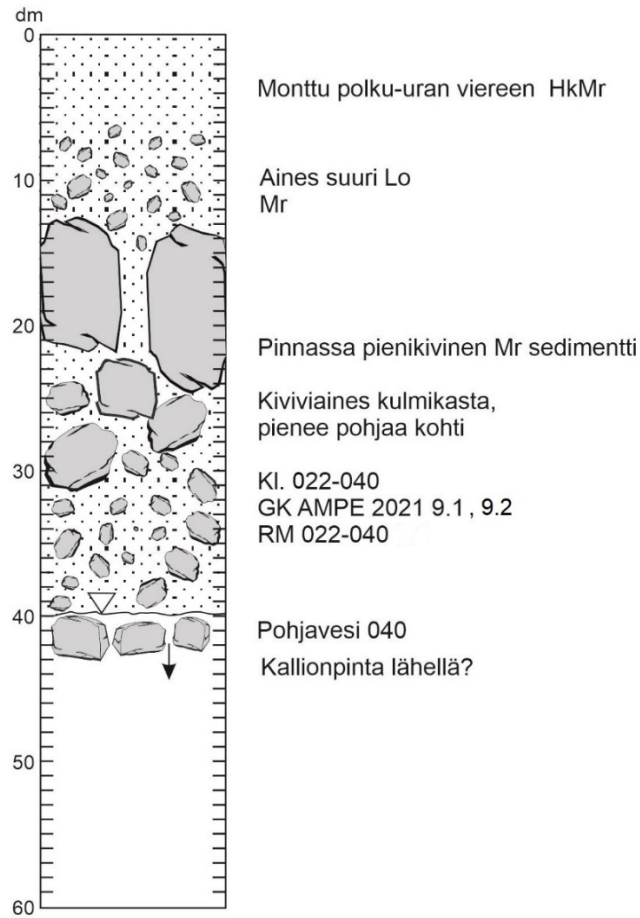
Kuva 37. Stratigrafiapylväs ja valokuva kuopan AMPE 2021-8 moreenileikkauksesta. Koordinaatit X 671374, Y 6892149.

Kuoppa kaivettiin Selkäpäivänrinteen pohjoispuolisen suuntautumattoman mäen reunalle. Moreenikerroksen pintaosa on huuhtoutunutta ja hienoainespitoista roudan löyhentämää moreenia. Kerroksen pohjaosa on hienoainespitoista harmaata pohjamoreenia jossa suuria pyörityneitä lohkareita. Pohjalla on pegmatiittikallio. Ei uurteita. Kuopan lähellä on pegmatiittikalliopaljastuma jossa spodumeenin pseudomorfisia mineraaleja (cookeiitti).

Geokemian näytteet 012, 018 dm, raskasmineraalinäyte 015dm, kivilasku 018 dm. Kivilajisto on mafisia vulkaniitteja, pegmatiitteja ja liuskeita. Kaivetuista kuopista tässä on eniten pegmatiitteja.

26.5.2023

## Tutkimuskuoppa AMPE 2021-9



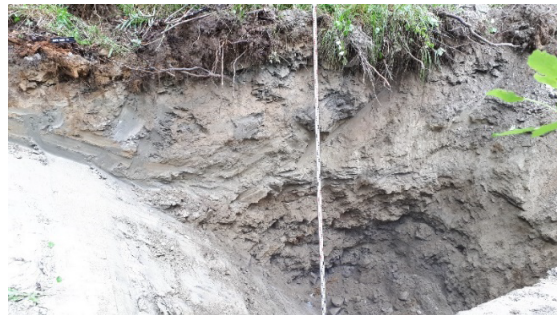
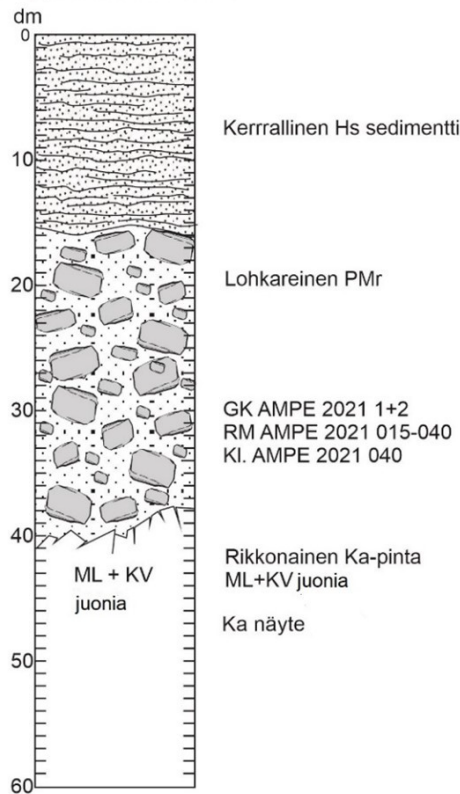
Kuva 38. Stratigrafiapylväs ja valokuva kuopan AMPE 2021-9 moreenileikkauksesta. Koordinaatit X 669710, Y 6892379.

Kuoppa (kuva 29) kaivettiin Matinvaaan alueelle ison tien länsipuolelle polku-uran viereen. Kuopan pintaosassa on pienikivinen hienoainesmoreenisedimentti jonka alla on lohkareinen hiekkamoreeni. Lohkareet ovat suuria ja kulmikkaita, ja lohkarekoko pienenee syvemmälle mentäessä. Pohjaveden tulo 040 dm kuopan pohjasta → kallion pinta lähellä? Kivilajisto on lähes täysin mafisia vulkaniitteja.

Geokemian näytteet 020, 040 dm, raskasmineraalinäyte ja kivilasku 022-040 dm.

26.5.2023

## Tutkimuskuoppa AMPE 2021-10



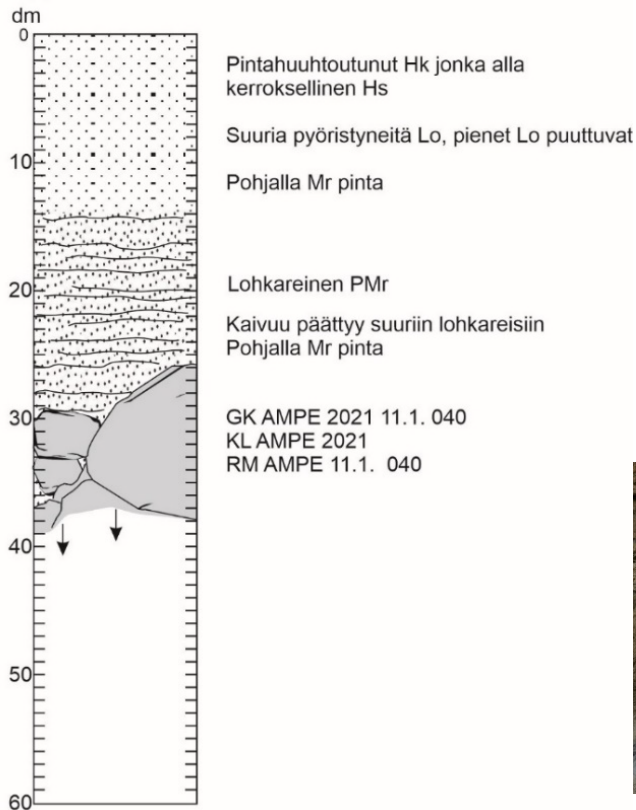
Kuva 39. Stratigrafiapylväs ja valokuva kuopan AMPE 2021-10 moreenileikkauksesta. Koordinaatit X 669657, Y 6892528.

Kuoppa polku-uran viereen. Pinnassa kerrallinen hiesedimentti, jonka alla on kuopan pohjaan saakka lohkareinen, homogeeninen hiekkamoreeni pohjamoreenia. Lohkareisto on kulmikasta ja koostuu lähes täysin mafisista vulkaniiteista muutamia pegmatiittilohkareita. Pohjalla on rikkonainen mustaliuskekalio jossa kvartsijuonia.

Geokemian näyte 040, raskasmineraalinäyte 015 -040 dm, kivilasku 040 dm. Kallionäyte.

26.5.2023

## Tutkimuskuoppa AMPE 2021-11 Matinvaaara



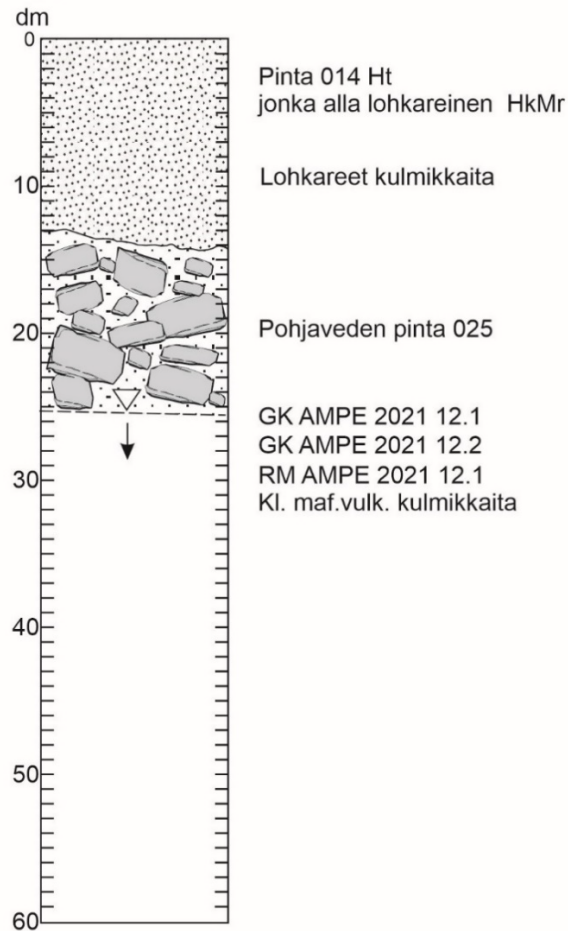
Kuva 40. Stratigrafiapylväs ja valokuvat kuopan AMPE 2021-11 moreenileikkauksesta. Koordinaatit X 669631, Y 6892647.

Kuoppa polku-uran varteen lähelle tien risteystä. Montun pintaosa on huuhtoutunutta hiekkaa, jonka alla kerroksellinen hiesu. Kuopan pohjaosassa on suuri-, pyöritynyt lohkarainen pohjamoreenien pinta, pienet lohkareet puuttuvat. Kaivuu päättyi suuriin lohkareisiin. Lohkareisto on lähes täysin mafisia vulkaniitteja.

Geokemian-, raskasmineraalinäytteet ja kivilasku 040 dm.

26.5.2023

## Tutkimuskuoppa AMPE 2021-12



Kuva 41. Stratigrafiapylväs ja valokuva kuopan AMPE 2021-12 moreenileikkauksesta. Koordinaatit X 669673, Y 6892362.

Kuoppa polku-uran eteläpään moreenikummun reunalle. Kuopan pintaosa on hietaa 012 dm, jonka alla on lohkkareinen hiekkamoreeni. Lohkkareisto on kulmikasta ja koostuu pääosin mafisista vulkaniiteista ja liuskeista. Kaivuu päättyi pohjaveden tuloon 025 dm.

Geokemian, raskasmineraalinäytteet ja kivilasku 025 dm.

Geokemian näytteet (20 kpl) otettiin tutkimuskaivannoista kaikista havaituista moreeniyksiköistä (taulukko 6). Näytteet otettiin tutkimuskaivannon seinämästä uranäytteenä geokemian paperipussiin. Näytekooko oli noin 0,2 litraa. Näytteet esikäsiteltiin ALS laboratorioissa moreenille sopivin menetelmin ja analysoitiin menetelmällä ME- MS89L (Super Trace DL Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> by ICP-MS). Näytteet AMPE-2021-7.3 – AMPE-2021-9.3 olivat tuhoutuneet analysointiprosessissa eikä niistä ole analyysituloksia.

26.5.2023

Taulukko 6. Moreenin geokemian näytteet

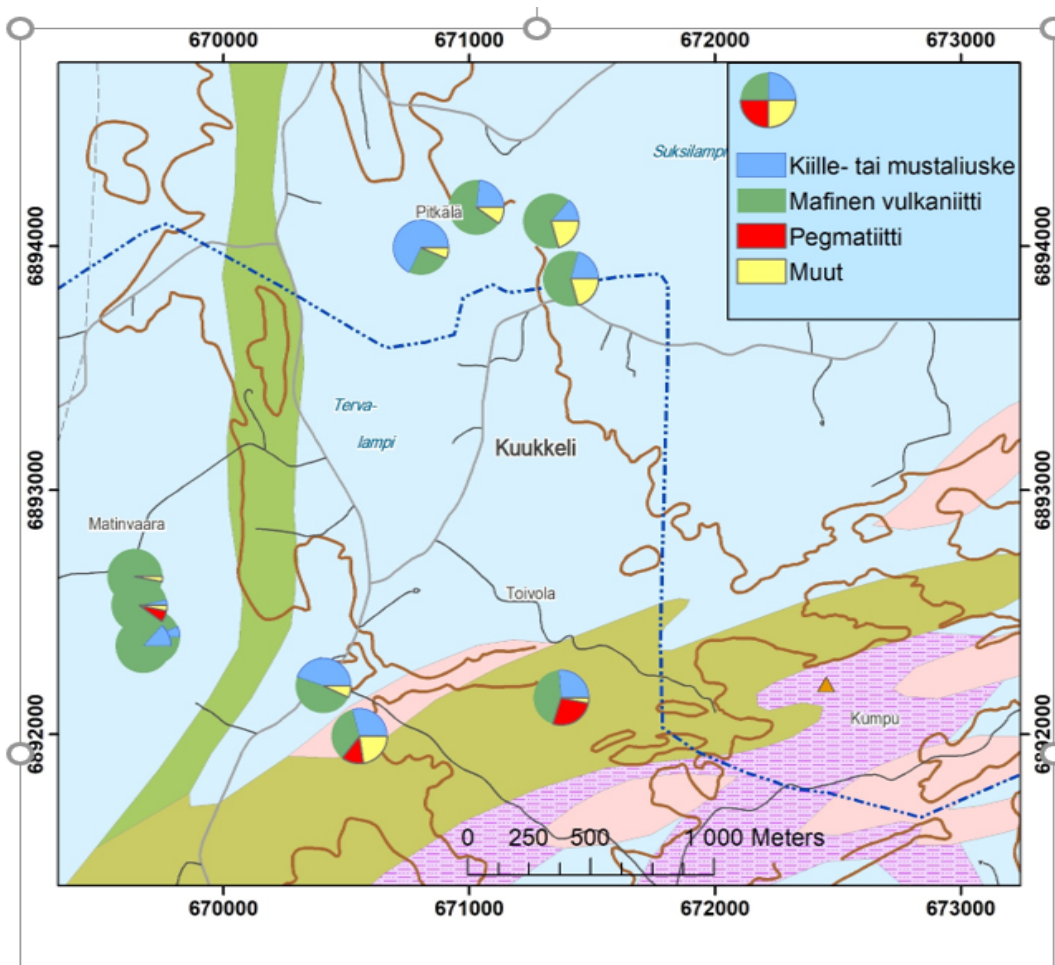
SAMPLE_ID	START_DEPTH	END_DEPTH	SOIL_HORIZON	SAMPLE_SEDIMENT_TYPE	REMARKS			
GK_AMPE-2021-1.1	1,5	1,5	C	MR				
GK_AMPE-2021-2.1	1	1	C	MR				
GK_AMPE-2021-2.2	2	2		MR				
GK_AMPE-2021-2.4					Referenssinäyte OREAS			
GK_AMPE-2021-3.1	2	2	C	MR				
GK_AMPE-2021-3.2	4	4	C	MR				
GK_AMPE-2021-4.1	2	2	C	MR				
GK_AMPE-2021-4.4					Referenssinäyte OREAS			
GK_AMPE-2021-6.1	0,5	0,5	C	MR				
GK_AMPE-2021-7.1	1,2	1,2	C	MR				
GK_AMPE-2021-7.3	1,2	1,2	C	MR	Kenttärinnakkainen			
GK_AMPE-2021-8.1	1,1	1,1	C	MR				
GK_AMPE-2021-8.2	1,8	1,8	C	MR				
GK_AMPE-2021-9.1	4	4	C	MR				
GK_AMPE-2021-9.3	4	4	C	MR	Kenttärinnakkainen			
GK_AMPE-2021-10.1	4	4	C	MR				
GK_AMPE-2021-10.4								
GK_AMPE-2021-11.1	4	4	C	MR	Referenssinäyte OREAS			
GK_AMPE-2021-12.1	2,5	2,5	C	MR				
GK_AMPE-2021-12.3	2,5	2,5	C	MR	Kenttärinnakkainen			

Moreeninäytteiden geokemian analyysituloksista voidaan yleisesti todeta, että moreenin alkuainepitoisuudet ovat hyvin pieniä, selkeitä anomaalisia pitoisuuksia ei ole. Näytteissä Li - pitoisuudet vaihtelevat välillä 79 – 4 ppm, Sn yleisesti alle 3 ppm, Ta 1,26 – 0,4 ppm, Nb 19,7 – 3,3 ppm, Tl 0,91 – 0,10 ppm, Cs 20,3 – 9,2 ppm. Li-pitoisuuden perusteella näyte AMPE-2021-7.1 on paras. Näytteiden alkuainepitoisuuksien pienuutta selittää moreenin syntytavastaan johtuva laimentava vaikutus verrattuna lohkar- tai kallionäytteisiin.

Taulukko 7. Kivilaskut (H. Hulkki)

ID	X	Y	Killeliuske	Mustaliuske	Maf_vulkaniitti	Gneissi	Pegmatiitti	Graniitti	kv_ms_kivi	kvartsiiitti	kv_juoni	yhhteensä	Huom
AMPE-2021-1	670804	6893994	16	5	8	1		1				31	
AMPE-2021-2	671029	6894159	2	5	20			2	1			30	
AMPE-2021-3	671333	6894103	3	1	19	5				1		29	alempi mr
AMPE-2021-3	671333	6894103	2	3	23	1						29	ylempi mr
AMPE-2021-4	671413	6893867	6		17	2		4				29	
AMPE-2021-6	670406	6892199	13		14						2	29	
AMPE-2021-7	670553	6891992	7	2	11	1	4	5			1	31	
AMPE-2021-8	671374	6892149	7	1	13		8			1		30	
AMPE-2021-9	669710	6892397	2		28							30	
AMPE-2021-10	669657	6892528	1		26		2				1	30	
AMPE-2021-11	669639	6892647			29					1		30	
AMPE-2021-12	669673	6892362	4		26							30	

26.5.2023



Kuva 42. Kivilaskut diagrammina kartalla montutuskuoppien sijainneilla. Suomen kallioperä – DigiKP 2021, Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2021.

Tutkimuskuoppien moreenista määritettiin 30 lohkeen kivilajit (taulukko 7, kuva 42). Lohkareet kerättiin koko moreenileikkauksen syvyydeltä. Tehtyjen kivilaskujen perusteella kivilajistot kussakin otoksessa korreloivat hyvin alueen kallioperän kanssa. Kuukkeliin alueelle kaivetuissa kuopissa 1–4 kivilajisto koostuu pääosin vulkaniiteista ja liuskeista. Vähäisessä määrin gneisseistä, graniiteista ja kvartsiiteista.

Matinvaaran alueelle kuopissa 9–12 moreenin kivilajisto koostuu lähes täysin vulkaniiteista ja liuskeista. Kuopissa 6–8, Toivolan eteläpuolella, moreenissa on myös pegmatiittilohkareita. Pääosin kivilajisto koostuu kuitenkin vulkaniiteista ja liuskeista. Moreenissa esiintyvien pegmatiittilohkareiden lisääntyminen korreloi selkeästi paikallisen kallioperän kivilajiston ja jäätikön nuorimman, läntisen virtaussuunnan kanssa.



26.5.2023

Raskasmineraalinäytteet (taulukot 8 ja 9) otettiin moreenista tutkimuskuoppien seinämistä 10 litran muoviämpäriin, josta moreeni siirrettiin eräsäkkiin. Näytteet otettiin kaikista havaituista pohjamoreenikerroksista.

Taulukko 8. Raskasmineraalinäytteet

SAMPLE_ID	START_DEPTH	END_DEPTH	SOIL_HORIZON	SAMPLE_SEDIMENT_TYPE	REMARKS
RM_AMPE-2021-1.1	1,5	1,5		MR	
RM_AMPE-2021-2.1	1,7	2,2	C	MR	
RM_AMPE-2021-3.1	2	2	C	MR	
RM_AMPE-2021-3.2	4	4	C	MR	
RM_AMPE-2021-4.1	2	2	C	MR	
RM_AMPE-2021-6.1	0,5	0,5		MR	
RM_AMPE-2021-7.1	1,2	1,2	C	MR	
RM_AMPE-2021-8.1	1,5	1,5	C	MR	
RM_AMPE-2021-9.1	4	4	C	MR	
RM_AMPE-2021-10.1	4	4	C	MR	
RM_AMPE-2021-11.1	4	4	C	MR	
RM_AMPE-2021-12.1	2,5	2,5	C	MR	

## Tutkitut näytteet

Taulukko 9. Tutkitut raskasmineraalinäytteet

Sample	LabID
RM_AMPE-2021-2.1, EM, 0.125-0.250 mm, D>3.3	202200233
RM_AMPE-2021-2.1, EM, 0.125-0.250 mm, D 2.8-3.3	202200234
RM_AMPE-2021-2.1, EM, 0.063-0.125 mm, D>3.3	202200235
RM_AMPE-2021-2.1, EM, 0.063-0.125 mm, D 2.8-3.3	202200236
RM_AMPE-2021-7.1, EM, 0.125-0.250 mm, D>3.3	202200237
RM_AMPE-2021-7.1, EM, 0.125-0.250 mm, D 2.8-3.3	202200238
RM_AMPE-2021-7.1, EM, 0.063-0.125 mm, D>3.3	202200239
RM_AMPE-2021-7.1, EM, 0.063-0.125 mm, D 2.8-3.3	202200240
RM_AMPE-2021-10.1, EM, 0.125-0.250 mm, D>3.3	202200241
RM_AMPE-2021-10.1, EM, 0.125-0.250 mm, D 2.8-3.3	202200242
RM_AMPE-2021-10.1, EM, 0.063-0.125 mm, D>3.3	202200243
RM_AMPE-2021-10.1, EM, 0.063-0.125 mm, D 2.8-3.3	202200244

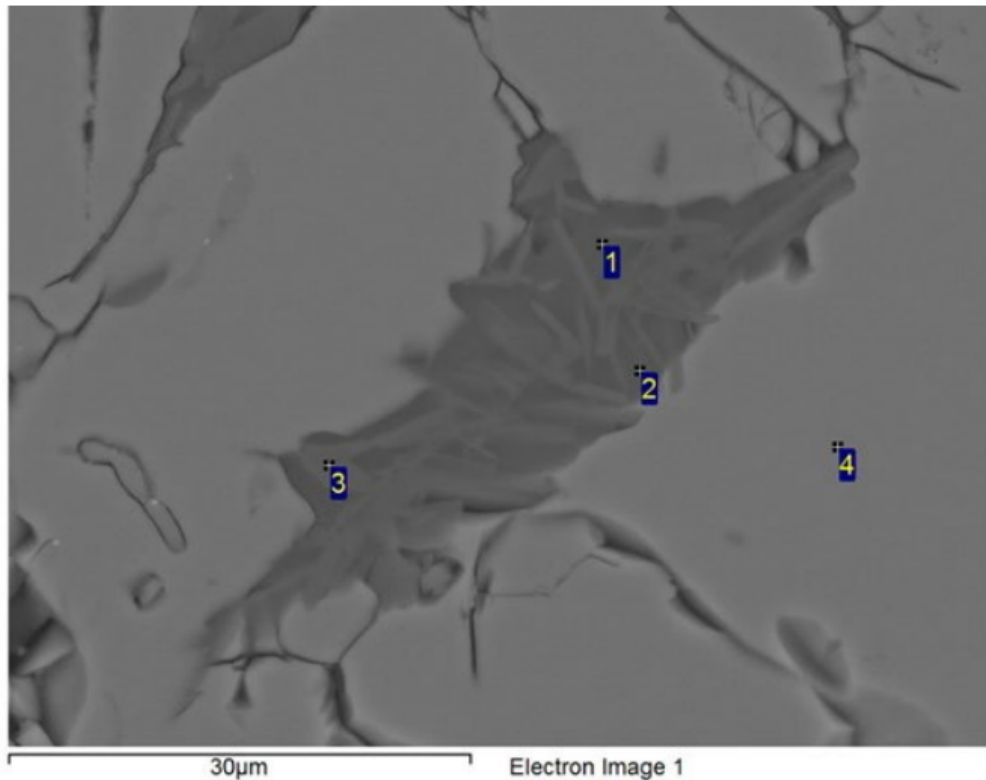
Automaattinen mineraaliskannaus löysi ainoastaan yhdestä näytteestä yhden spodumeenirakeen (Taulukko 10), joka manuaalisessa tarkastelussa osoittautui granaatin sulkeumana olevaksi mahdollisesti Li-pitoiseksi muuttumistulokseksi (Kuva 43).

26.5.2023

Taulukko 10. Näytteen RM\_AMPE-2021-2.1 raskasfraktion ( $d > 3.3$ ) mineraloginen koostumus

Class	202200233			202200235		
	RM_AMPE-2021-2.1, EM, 0.125-0.250 mm, D>3.3	RM_AMPE-2021-2.1, EM, 0.063-0.125 mm, D>3.3	RM_AMPE-2021-2.1, EM, 0.063-0.125 mm, D>3.3	Features	Feature-%	Area-%
Almandine	1551	30.2	48.7	3015	22.5	25.1
Ilmenite	282	5.5	7.4	2869	21.4	20.4
Hornblende	388	7.6	8.0	1340	10.0	10.3
Epidote	146	2.8	3.4	1154	8.6	9.8
Titanite	99	1.9	2.2	1047	7.8	7.9
Fe-oxide	83	1.6	2.5	524	3.9	3.5
Zircon	18	0.4	0.3	444	3.3	3.0
Clinozoisite	64	1.2	1.8	347	2.6	2.8
Quartz	741	14.4	6.6	311	2.3	1.4
Rutile	39	0.8	0.6	297	2.2	1.6
Staurolite	107	2.1	2.8	282	2.1	2.2
Biotite	422	8.2	1.1	234	1.7	0.3
Diopside	92	1.8	2.0	213	1.6	1.7
Fe-Ti oxide	28	0.5	0.5	198	1.5	1.6
Ferrosilite	44	0.9	1.2	163	1.2	1.7
Spessartine	57	1.1	1.6	148	1.1	1.2
Chlorite (chamosite)	140	2.7	3.3	108	0.8	0.8
Plagioclase	239	4.7	0.9	102	0.8	0.4
Schorl	32	0.6	0.9	77	0.6	0.6
Albite	256	5.0	0.7	73	0.5	0.2
Ankerite	43	0.8	0.7	72	0.5	0.8
Pseudorutile				58	0.4	0.5
Muscovite	46	0.9	0.0	42	0.3	0.1
Monazite	3	0.1	0.0	38	0.3	0.3
Actinolite	40	0.8	0.9	36	0.3	0.3
Al-silicate	12	0.2	0.2	35	0.3	0.3
Grossular	20	0.4	0.3	31	0.2	0.3
K-feldspar	70	1.4	0.1	31	0.2	0.1
Anthophyllite	14	0.3	0.3	26	0.2	0.3
Fe-oxide altered	10	0.2	0.0	14	0.1	0.1
Apatite	11	0.2	0.1	14	0.1	0.1
Aegerine-augite	21	0.4	0.6	10	0.1	0.1
Tremolite	17	0.3	0.1			
Spodumene	1	0.0	0.0			
<b>Total</b>	<b>5139</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>13395</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

26.5.2023



Spectrum	MgO	Al2O3	SiO2	CaO	MnO	FeOtot	Total	
1		22.00	77.14			0.87	100.00	Spodumeeni?
2	1.54	10.50	78.27		0.37	9.32	100.00	
3		54.36	44.48			1.16	100.00	Cookeite?
4	7.18	21.06	39.59	0.68	1.38	30.11	100.00	Granaatti

Kuva 43. Näytteessä RM\_AMPE-2021-2.1 olevat mahdollisesti Li-pitoiset faasit spodumeeni ja cookeiitti. Näytteet on analysoitu FE-SEM-EDS-laitteistolla, INCA Feature –ohjelmistolla.

## 5.2 Kallioperä- ja lohkarehavainnot

Kallioperä- ja lohkarekartoitusten tulokset on jaettu kolmeen osaan tutkimusalueen perusteella: Kiteen ja Tohmajärven alue, Savonrannan ja Rääkkylän alue sekä Parikkalan alue. Tutkimusalueen Li-potentiaalia arvioitiin maastohavaintojen ja kiven mineraalikoostumusten lisäksi pegmatiittien fertiilisyydellä, joka arvioitiin kiviläytteen kokokivianalyysien perusteella (Selway et al. 2005).

### 5.2.1 Kitee ja Tohmajärvi

Kiteen ja Tohmajärven pegmatiitit edustavat tutkimusalueiden fertiileimpiä pegmatiitteja (kuva 44). Alueen pohjoisosissa Kiteen ja Tohmajärven rajoilla Potoskavaarassa kehittyneitä pegmatiitteja on määrällisesti eniten. Joitakin kehittyneitä pegmatiitteja on myös alueen keski-, itä- ja kaakkoisosissa. Länsiosien pegmatiitit ovat vähemmän kehittyneitä eivätkä edusta korkeaa LCT-potentiaalia.

26.5.2023



Kuva 44. Tyypillinen pegmatiitti Kiteen alueella. Pegmatiitin väri on tavallisesti vaalea, hieman punertava. Yleisimpinä mineraaleina kvartsi, kalimaasälpä, plagioklaasi, muskoviitti ja turmaliini.

Kuvissa 46 ja 47 on merkitty Kiteen ja Tohmajärven pegmatiittinäytteiden kokokivianalyysien Mg/Li-suhteet. Mg/Li-suhteen ollessa alle 30 kyseessä on jo melko fertiili, pitkälle fraktioitunut pegmatiitti, ja suhdeluvun ollessa  $<1$  kyseessä on tyypillisesti Li-pegmatiitti (Selway et al. 2005). Karttakuvat havainnollistavat sekä pegmatiittilohkareiden että kalliopaljastumien kehittyneisyyttä alueella.

Koko Kiteen ja Tohmajärven alueella yleisin pegmatiittityyppi on pegmatiittinen leukograniitti, jossa yleisimmät mineraalit ovat kvartsi, kalimaasälpä, plagioklaasi ja muskoviitti. Vähiten kehittyneissä pegmatiiteissa myös biotiittia esiintyy yleisesti. Turmaliini on hyvin yleinen mineraali, ja esiintyy usein suurinakin määrinä pegmatiiteissa mustina schorl-kiteinä. Granaattia on satunnaisesti koko alueen pegmatiiteissa, ja alueen kaakkoisosissa sitä on paikoin erittäin runsaasti. Granaatin väri on tavallisesti vaaleanpunaisesta ruskeanpunaiseen, mutta joissakin Potoskavaaran pegmatiiteissa sitä esiintyy myös oransseina rakeina. Sinivihreää apatiittia tavataan pieniä määriä lähes kaikissa alueen pegmatiiteissa.

Kehittyneempiä pegmatiitteja löytyi odotetusti lähinnä Potoskavaaran alueelta, joissa kompleksipegmatiitteja on aiemminkin löydetty useita kymmeniä (Kuva 46). Fertiilisiä juonia tavattiin toisaalta melko laajaltakin alueelta Kiteellä ja Tohmajärvellä, myös muualta kuin Potoskavaaran ympäristöstä. Myös Potoskavaarassa pegmatiittinen leukograniitti on yleistä, mutta paikoin esiintyy myös kalipegmatiitteja sekä muutamia hienorakeisia natriumapliitteja. Biotiittia Potoskavaaran pegmatiiteissa on vain vähän tai ei lainkaan, ja tällaiset biotiittipegmatiitit keskittyvät pääosin Potoskavaaran eteläreunaan.

Hieman kehittyneemmissä pegmatiiteissa esiintyy satunnaisesti pieniä määriä beryylliä. Beryylli on tyypillisesti väriltään kellertävän vihreää tai beigeä ja se esiintyy yleisesti omamuotoisina  $<5$  cm pituisina kiteinä. Yleisimmin beryylliä on alueen pohjoisosissa Potoskavaaran ympäristössä, jossa sitä on

26.5.2023

paikoin runsaastikin ja suurina yli 5 cm pituisina kiteinä. Kaikkein kehittyneimmissä pegmatiiteissa berylli on tyypillisesti väriltään valkoista.

Potoskavaaran lupaavimmilla alueilla olisi tulevaisuudessa hyödyllistä tutkia LCT-pegmatiittien aiheuttamaa halo-efektiä paljastumattomien pegmatiittien paikantamiseksi. Pegmatiitit aiheuttavat tyypillisesti kohonneita LCT-pegmatiittien alkuainepitoisuuksia (mm. Li, Cs) isäntäkiviin tunkeutuessaan niihin (Selway et al 2005, Errandonea-Martin et al. 2022). Analysoimalla isäntäkiviä, kuten Potoskavaarassa yleisiä kiilleliuskeita voisi halo-efekti auttaa paikantamaan paljastumattomia LCT-pegmatiitteja. Errandonea-Martin et al. (2022) tutkimusten perusteella Espanjan ja Portugalin pegmatiittien halo-efekti näkyy pegmatiittien isäntäkivissä kohonneina LCT-alkuainepitoisuuksina noin 4–5 kertaa pegmatiittijuonen paksuuden verran juonten ympärillä.

Merkittävimpänä uutena viitteenä Kiteen ja Tohmajärven alueen LCT-potentiaalista löytyi Kiteen alueen keskiosista Loukunvaaran alueelta noin 30 lohkareen verran pitkälle kehittyneitä pegmatiitteja (Kuva 45). Tutkimuksissa löytyneistä pegmatiiteista näissä lohkareissa on kaikkein korkeimmat Li-, Sn- ja Cs-pitoisuudet. Kaikissa kompleksilohkareissa analysoitu Mg/Li-suhde on alle 5, ja suuressa osassa <1. Lohkareiden koko on varsin vaihteleva suurimman lohkareen ollessa yli 5 metriä halkaisijaltaan ja pienimpien noin 0,5 metriä halkaisijaltaan. Suurin osa lohkareista on halkaisijaltaan noin 1–2 metriä. Kaikki lohkareet ovat hyvin kulmikkaita, joten ne eivät ole kulkeutuneet jäätikön mukana pitkää matkaa. Taulukossa 11 on listattu tutkimusten parhaat näytteet ja niiden merkittävät alkuainepitoisuudet.

*Taulukko 11. Parhaiden pegmatiittinäytteiden kokokivianalyysien tulokset (ppm). Litiumin lisäksi lohkareissa on kohonneita Sn-, Ta-, Nb, Tl- ja Cs-pitoisuuksia. Kaikki listatut näytteet sijoittuvat Loukunvaaran alueelle.*

Näytetunnus	Li	Sn	Ta	Nb	Tl	Cs
JNKU-2021-50.1	660	<b>7980</b>	195	187,5	1,44	47,2
JNKU-2021-57.1	2480	883	106,5	157	9,38	640
JNKU-2021-57.2	3750	896	260	196,5	9,24	615
JNKU-2021-62.1	93	170	70,6	110,5	5,93	79,5
JIVU-2021-51.2	220	1290	36,2	29,7	0,96	154,5
JNKU-2021-47.1	<b>8960</b>	683	228	55,3	<b>76,4</b>	<b>6470</b>
NIKA-2021-160.1	5870	181	1250	129	24,2	1205
NIKA-2021-160.2	6900	333	<b>1950</b>	552	26,3	1345
NIKA-2021-190.1	5660	222	597	56,8	49,4	2640
NIKA-2021-194.1	1880	3220	290	<b>568</b>	1,22	111,5
KTPA-2021-137.1	800	107	10,5	45,5	2,83	137,5

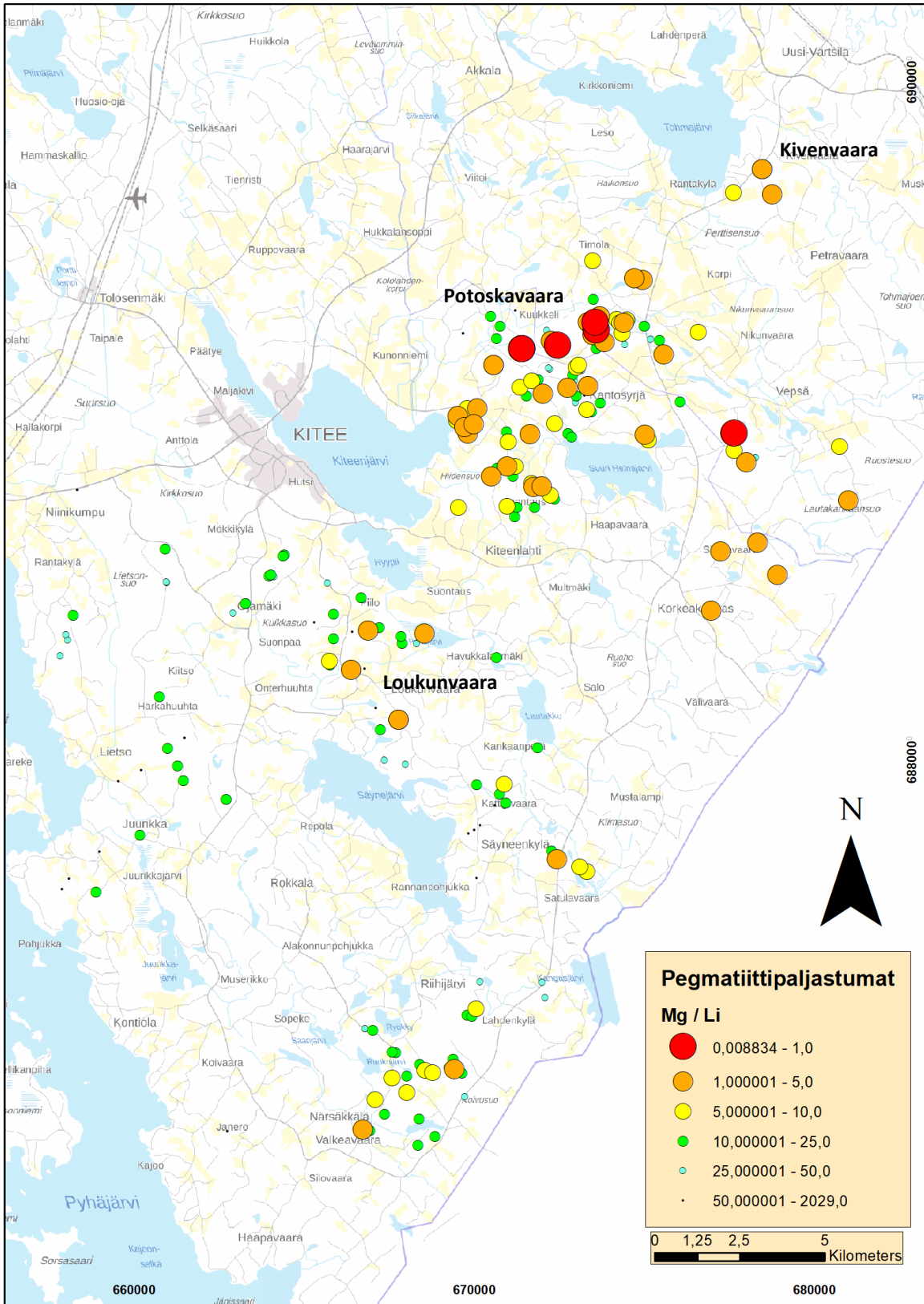
Loukunvaaran lohkareiden tärkeimmät mineraalit ovat Li-fosfaatti montebrasiitti, Li-kiille lepidoliitti, vihreä, sininen ja punainen turmaliini, berylli ja cleavelandiitti (kuva 45). Röntgendiffraktometrillä tunnistettu Li-fosfaattimineraali montebrasiitti (LiAl(PO<sub>4</sub>)(OH)) selittää pääosin lohkareiden Li-pitoisuudet. Tarkempaa mineralogista tutkimusta lohkareista ei ole kuitenkaan vielä tehty.

26.5.2023



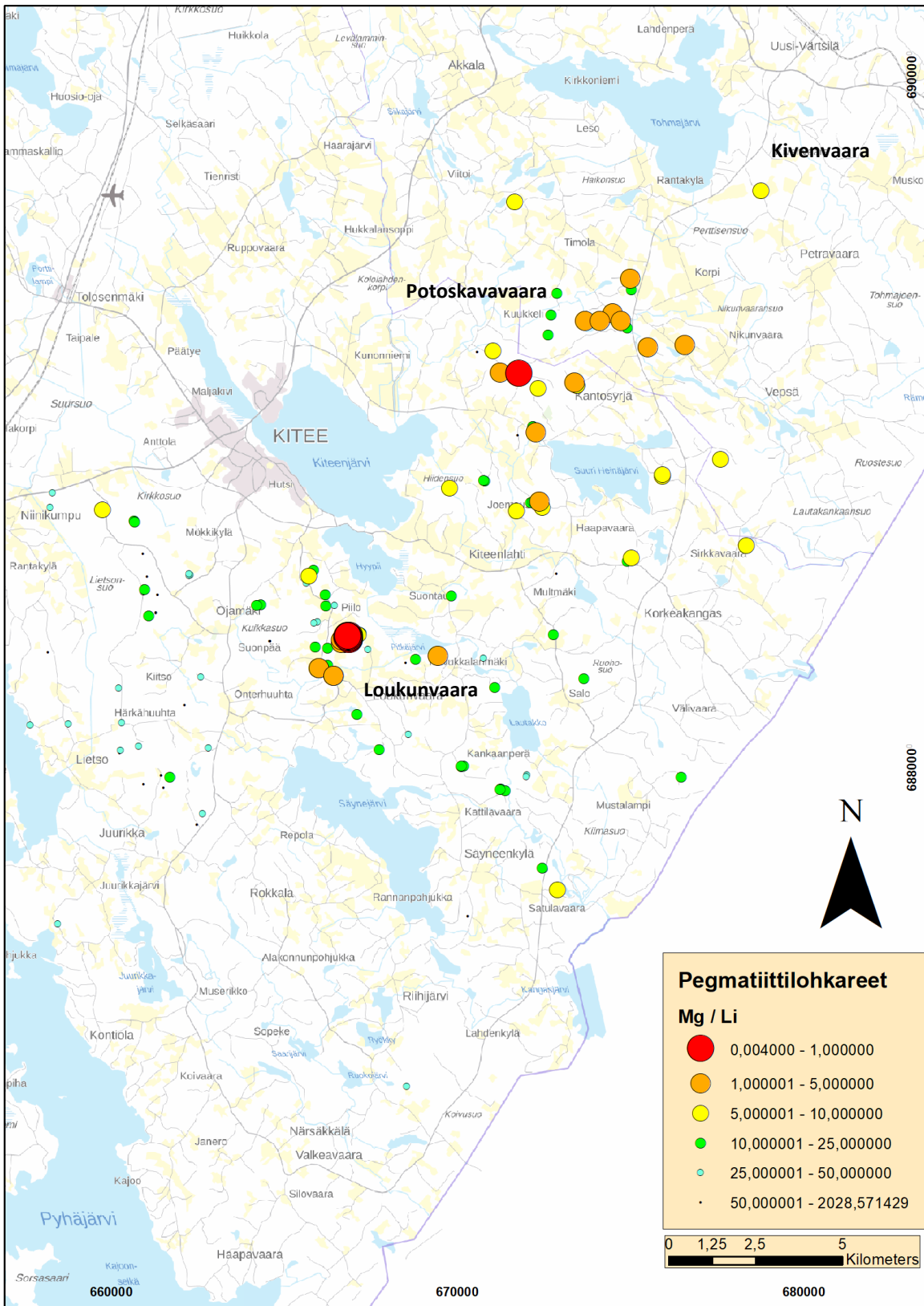
Kuva 45. Pitkälle kehittynyt pegmatiittilohkare. Vihreä turmaliini esiintyy viuhkoina hopean- ja violetinvärisen Li-kiilteen kanssa. Lohkareessa on myös jonkin verran sinistä ja hieman punaista turmaliinia. Cleavelandiittialbiittia on runsaasti. Lohkareen kokokivianalyysin Mg/Li-suhde on  $<1$ , joka indikoi Li-pegmatiittia. Kuvan lohkareesta otetussa palanäytteessä NIKA-2021-160.2 on parhaimmillaan 6900 ppm Li (taulukko 10).

26.5.2023



Kuva 46. Pegmatiittipaljastumista otettujen käsinäytteiden kokokivianalyysien Mg/Li-suhteet kartalla. Mg/Li <1 indikoi mahdollista litiumpegmatiittia. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2022.

26.5.2023



Kuva 47. Pegmatiittilohkareiden Mg/Li-suhteet kartalla. Alhaisempi Mg/Li -arvo tarkoittaa kehittyneempää pegmatiittia. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2022.



26.5.2023

Melko kehittyneitä pieniä pegmatiittijuonia löytyi tutkimuksissa myös Tohmajärven Kivenvaarasta. Juonissa on paikoin runsaanlaisesti berylliä sekä vihreää muskoviittia. Juonissa on myös tyypillisesti kvartsiytimet ja ne ovat usein vyöhykkeellisiä. Juonista ei kuitenkaan tavattu harvinaisia mineraaleja eikä kohonneita Li-, Cs-, Sn, Nb- tai Ta-pitoisuuksia.

Alueen itäiset osat lähellä Suomen rajaa ovat hyvin peitteisiä, eikä sieltä löytynyt suuria määriä pegmatiitteja lohkareina tai paljastumina. Pegmatiitit ovat tutkimusalueen itäisissä osissa pegmatiittista leukograniittia. Berylliä on juonissa harvakseltaan.

Kiteen kaakkoisosat Valkeavaaran, Riihijärven ja Säyneenkylän alueilla edustavat suurelta osin melko tasalaatuista granaatti-muskoviittipegmatiittia. Aksessorisia mineraaleja on vain vähän, mutta muutamassa paikassa pegmatiitti on fertiilisyyssasteen perusteella hieman kehittyneempää, kalliopaljastumien kokokivikemian Mg/Li- suhteen ollessa melko laajastikin alle 10. Muskoviitti on tyypillisesti juonissa keltavihreää, mutta kompleksipegmatiitteja ei kuitenkaan kartoituksessa löydetty. Aivan kaakkoisosien eteläreunassa tavattiin pieniä yksiköitä gabroa.

### 5.2.2 Savonranta ja Rääkkylä

Savonrannan ja Rääkkylän (kuva 14) alueilla tehtiin vuosina 2021–2022 vähäisiä määriä tunnustelukartoitusta mahdollisten pegmatiittijuonten paikantamiseksi. Rääkkylän alueelta ei ole aiemmissa tutkimuksissa löytynyt pegmatiitteja eikä GTK:n tietokannassa ole alueelta pegmatiittihavainnoja. Savonrannan alueelta tunnetaan ennestään joitakin pegmatiittijuonia. Pegmatiittijuonet sijaitsevat Puruveden graniitin pohjoispuolella. Savonrannan pegmatiitit edustavat lähinnä pegmatiittigraniittia, eikä niistä löytynyt kompleksimineraaleja. Tyypillisessä pegmatiitissa mineraaleina ovat kvartsi, kalimaasälpä, plagioklaasi ja muskoviitti (kuva 48). Joissakin juonissa on kirjomaasälpää. Turmaliinia ei pegmatiiteissa ole lainkaan. Pegmatiittijuonten määrä on alueella varsin vähäinen.

26.5.2023



Kuva 48. Savonrannan alueen pegmatiittijuonia.

Rääkkylän alueelta pegmatiittijuonia ei löytynyt. Kallioperä on tyypillisesti kiilleliuskeita ja -gneissejä. Lyhyessä kartoitusjaksossa löytyi myös muutamia paljastumia intermediääristä ja felsistä vulkaniittia (kuva 49). Aluetta ei kartoitettu kuitenkaan riittävällä tarkkuudella, että alueen Li-potentiaalia voisi täysin sulkea pois.

26.5.2023



Kuva 49. Vulkaniittia Rääkkylän Kivilamminsuolla.

### 5.2.3 Parikkala

Parikkalan alueelta (kuvat 3 ja 14) tunnetaan ennestään yksi beryllipitoinen pegmatiitti Panhilasta. Alueen kallioperäkartalla on runsaasti graniittia ja jonkin verran myös pegmatiittijuonia. Pegmatiitit edustavat kuitenkin käytännössä kaikkialla pegmatiittista graniittia, joissa on tyypillisesti kvartsia, maasäpiä ja lisäksi muskoviittia ja / tai biotiittia (kuva 50). Analysoiduissa käsinäytteissä näytteiden fertiiliteetti jäi kaikissa matalaksi, mutta muutamassa näytteessä kivien Mg/Li-suhde oli alle 50, joka viittaa hieman pidemmälle kehittyneeseen pegmatiittiin. Merkkejä uusista beryllipitoisista tai kompleksipegmatiittijuonista ei alueelta löytynyt.

26.5.2023



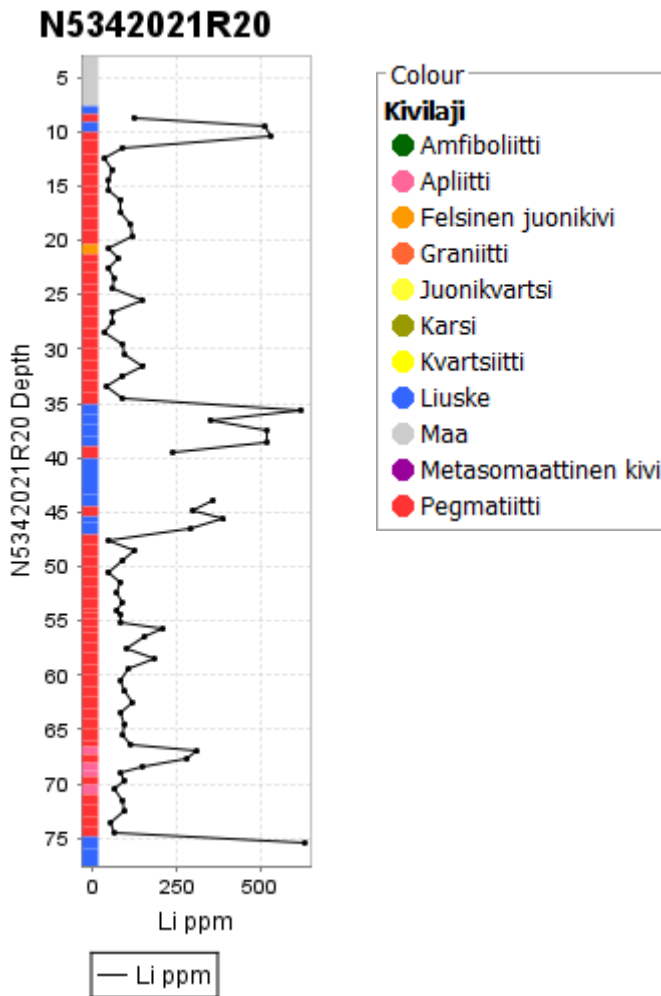
Kuva 50. Parikkalan alueen tyypillinen pegmatiitti on pegmatiittista kalivaltaista graniittia.

### 5.3 Kallioperäkairaus

#### 5.3.1 Selkäpäivänrinne NW

Kairanreikä N5342021R20 kairattiin ainoana kairauksena Selkäpäivänrinne NW -pegmatiittiin. Kairanreikä lävistää kiilleliusketta ja pegmatiitteja. Kairaus lävistää pegmatiittijuonia kolmessa osassa, yhteensä noin 65 metrin pituudelta. Pegmatiittien koostumus vaihtelee suuresti ja juonet ovat osittain vyöhykkeellisiä. Pegmatiitit ovat kauttaaltaan fertiilejä Mg/Li-suhteiden vaihdellessa alle 1:stä noin 8:aan. Li-pitoisuudet eivät kuitenkaan kohoa merkittävästi ja korkeimmat pitoisuudet ovat tyypillisesti liuskeessa (Kuva 51). Pegmatiitti on pääasiassa pegmatiittista leukograniittia ja kallion pinnassa oleva spodumeenin cookeiitti-pseudomorfiosue lienee pesäketyyppinen. Samanlaisia pesäketyyppisiä merkkejä on myös kairasydämessä.

26.5.2023



Kuva 51. Selkäpäivänrinne NW:een kairattu kairasydän N5342021R20 ja analysoidut Li-pitoisuudet (ppm).

### 5.3.2 Rubelliittipegmatiitti

N5342021R19 läpäisee rubelliittipegmatiitin vain lyhyeltä, yhteensä noin 4 metrin matkalta hyvin lähellä kallion pintaa (kuva 52). Pegmatiitti on kairasydämessä myös useammassa osassa, osien välissä on kiilleliusketta. Kairasydämeen ei osu paljastumalle tyypillistä lepidoliittia ja punaista turmaliinia sisältävää pegmatiittia, mutta spodumeenia siinä on hieman. Korkein Li-pitoisuus on 950 ppm Li @ 1 m (kuva 53). Loppuosa kairasydäimestä on heterogeenista kiilleliusketta sekä pieniä määriä mustaliusketta.

26.5.2023



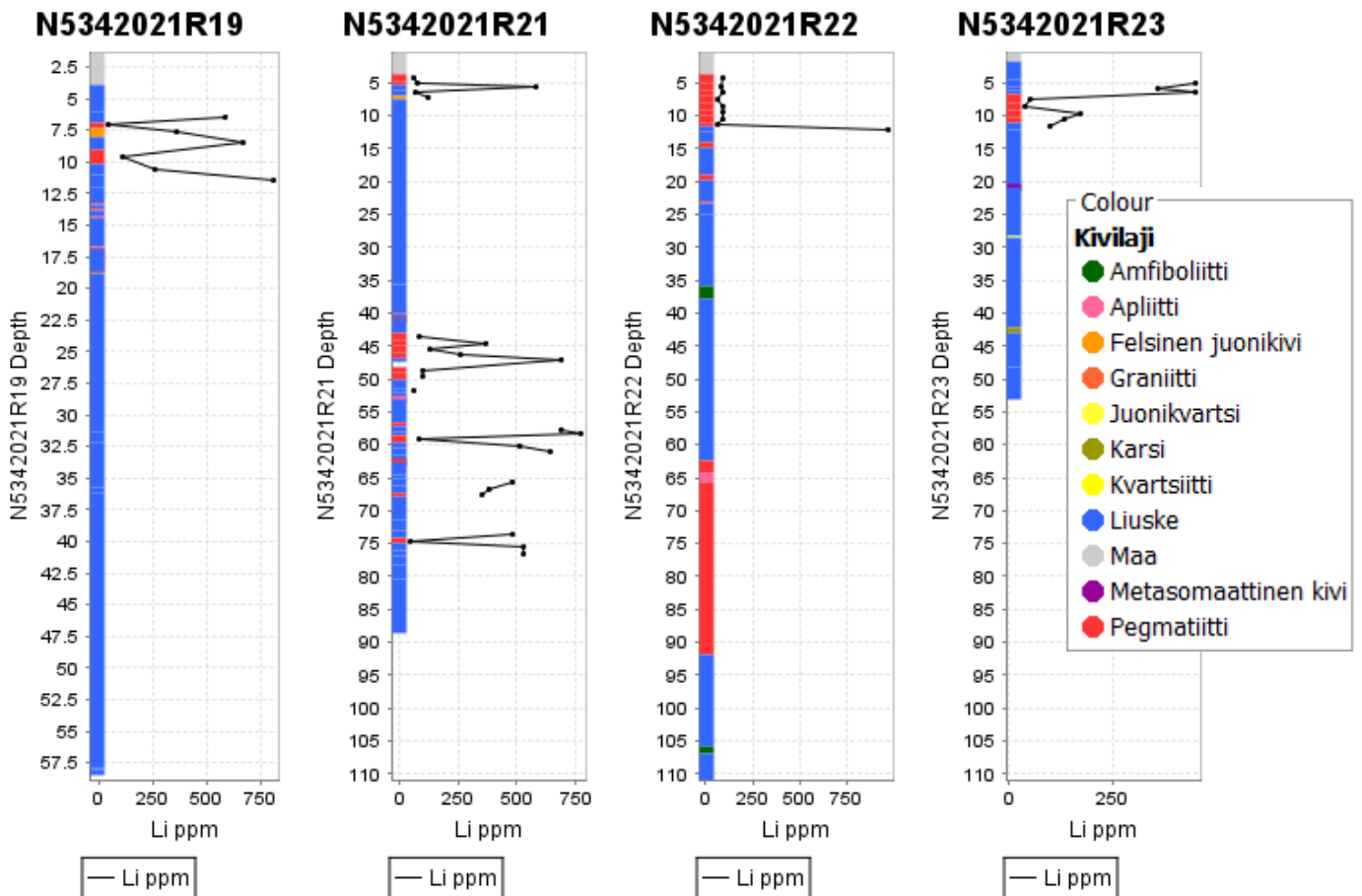
Kuva 52. Kairasydän NR342021R19. Kompleksipegmatiittijuoni osuu aivan kallion pintaasiin, eikä jatku 12 metriä syvemmälle.

N5342021R21 lävistää paljastuneen pegmatiitin hyvin lähellä maan pintaa ja se kairattiin juonen eteläpuolelta pohjoiseen. Syvemmällä kairareissä tulee myös muita pienehköjä pegmatiittijuonia, joiden Li-pitoisuudet ovat myös vaatimattomia. Kairasydän on suurelta osin mustaliusketta, joka analysoitiin perusmetallien ja hiilen osalta. Parhaat pitoisuudet olivat 6,85 % C (grafiittinen) @ 1 m, 329 ppm Ni @ 1 m sekä 148 ppm Cu @ 1 m.

N5342021R22:n alussa kairanreikä lävistää lähes heti maiden jälkeen pegmatiittijuonen. R22 kairattiin juonen pohjoispuolelta noin 5 metriä paljastuman reunasta etelän suuntaan. Pegmatiittia on noin 8,5 m lävistys. Toinen lävistys pegmatiittia on syvyydellä 61,45–91,80 m. Muilta osin kairasydän on kiilleliusketta. Pegmatiitissa ei ollut kohonneita Li-pitoisuuksia.

N5342021R23 kairattiin rubelliittipegmatiitin eteläpuolella olevan itä-länsisuuntaisen pegmatiittipaljastuman alle. Paljastuma on beryllipitoista kvartsi-muskoviittipegmatiittia. Kairasydämessä pegmatiittijuoni lävistettiin 6,80–11,00 metrin syvyydessä. Pegmatiitti on Li-pitoisuuksiltaan heikkoa. Loput kairasydästä oli kiille- ja mustaliusketta, sekä pieni yksikkö plagioklaasiporfyyriä. Mustaliuskeessa on paikoin lyhyitä osia massiivista sulfidia. Korkein pitoisuus C (grafiittinen) on 6,7 % @ 1 m.

26.5.2023



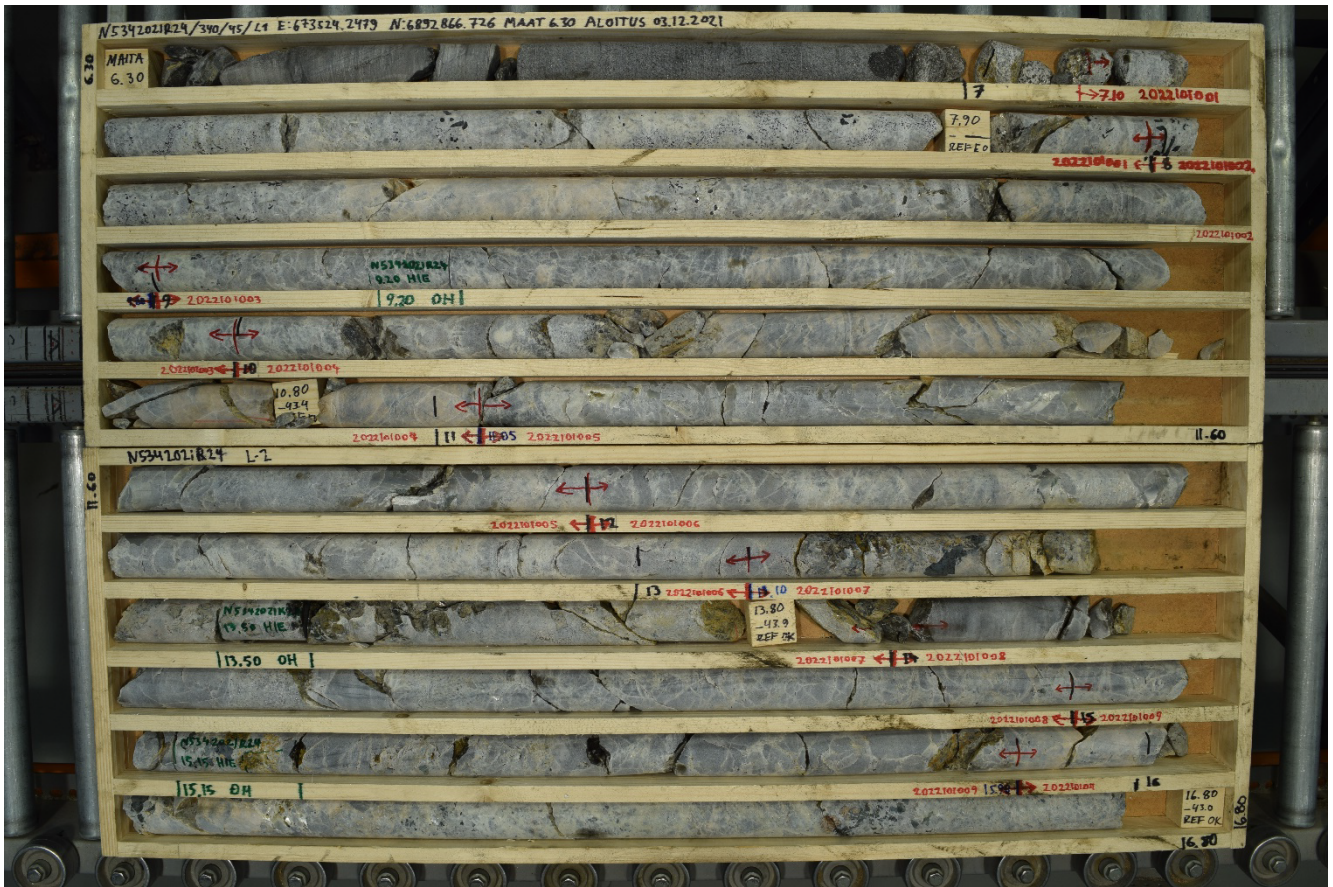
Kuva 53. Rubelliittipegmatiitin ympäristöön kairatut kairasydämet.

### 5.3.3 Surmasuo S

Surmasuo S:n kairauksien aikana selvisi, että 70-luvun vanhat kairaukset M423273R301A-M423273R303A ovat GTK:n tietokannoissa virheellisillä koordinaateilla. Kairasydämet on todennäköisesti kairattu tietokantoihin merkityistä koordinaateista lounaaseen noin 30 metrin päähän. Kairareikien todellista sijaintia ei kuitenkaan voitu todentaa, sillä merkit vanhoista kairauksista ovat hävinneet maastosta. Kuvaan 65 on merkitty Alviolan kairausten oletettu todellinen sijainti raportin (1974b) karttapiirustusten perusteella.

N5342021R24 kairattiin Surmasuo S:n eteläpuolelta juonen läntisen jatkuvuuden tutkimiseksi. Kairareikä lävistää Surmasuo S pegmatiitin 7,10 metrin syvyydessä 12,75 metrin verran. Lävistyksessä pegmatiitissa on useampi vyöhyke, uloimmat osat ovat turmaliini- ja maasälpäpegmatiittia. Sisin osa on kvartsi-muskoviittipegmatiittia, jossa on vähän spodumeenia ja jonka ympärillä on cleavelandiittipegmatiittia. Korkeimmat pitoisuudet ovat välillä 11,10–12 m, 950 ppm Li (kuvat 54 ja 56).

26.5.2023



Kuva 54. R24 lävistää Surmasuos S-pegmatiittijuonen maan pinnassa olevaa pegmatiittipaljastumaa noin 20 metriä lännempää. Juoni saattaa jatkua syvenemällä maan alla länteen. Kaikkein rikkain spodumeeniipitoinen vyöhyke vaikuttaa kapenevan länttä kohti.

N5342021R25 kairattiin suoraan tunnetun spodumeenipegmatiitin alle. Pegmatiittijuoni lävistettiin noin 3 metrin verran 10,90 metrin syvyydessä (kuva 55). Suurin osa pegmatiitista on spodumeenipegmatiittia sekä kvartsi-muskoviittipegmatiittia. Korkeimmat pitoisuudet 1540 ppm Li @ 1 m (kuva 56). Kairasydämen loppuosa on kiilleliusketta 52,80 metriin asti (EOH).

N5342021R26 ei lävistä pegmatiittia lainkaan. R26:lla tunnusteltiin mahdollisuutta maanpintaan paljastumattomalle pegmatiittijuonelle kohteiden Surmasuo S ja Surmasuo E välissä. 72,30-metrinen kairanreikä on melko homogeenista kiilleliusketta, jossa on yksittäisiä kapeita kvartsijuonia.

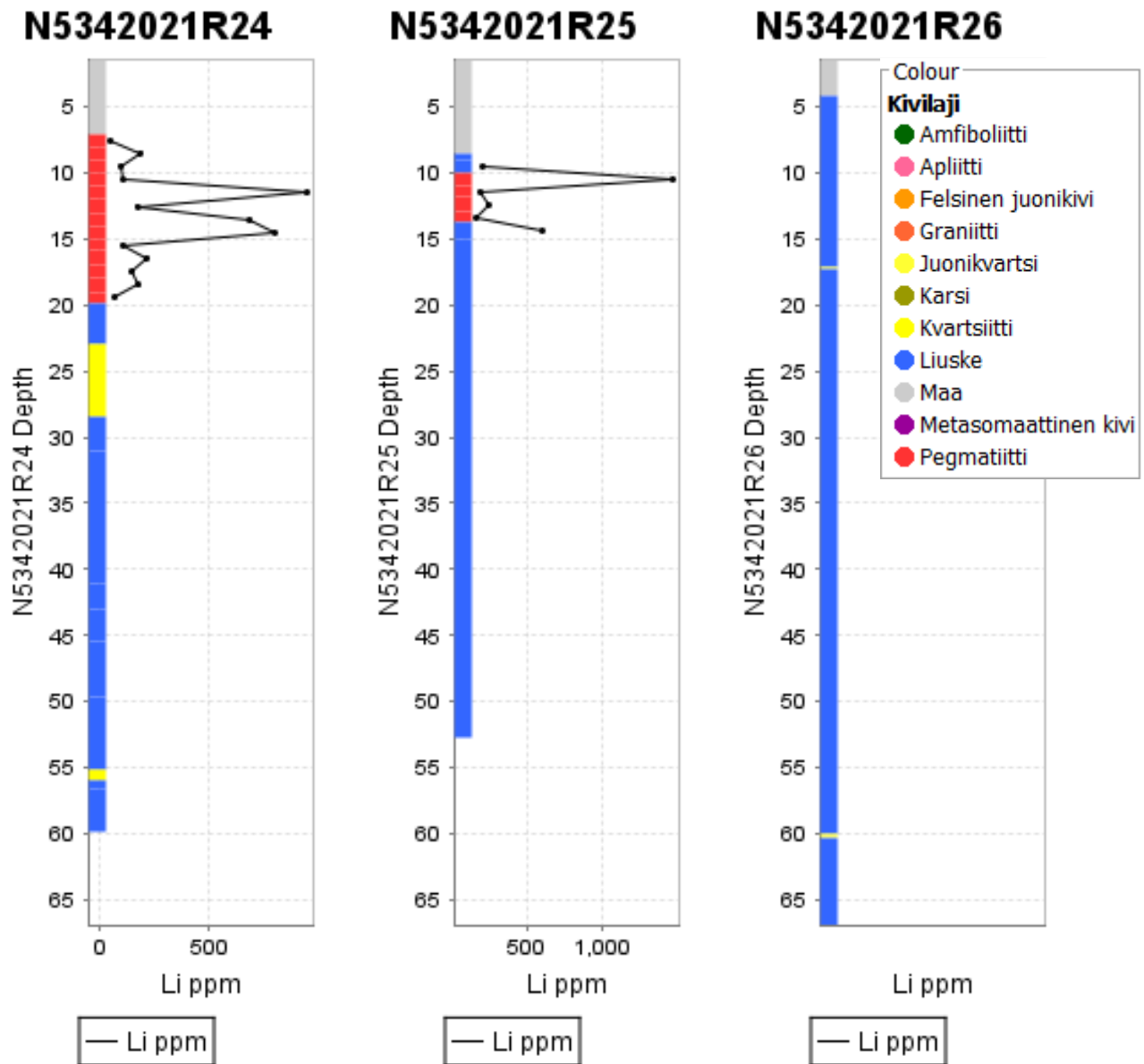


26.5.2023



Kuva 55. R25 lävistää Li-pegmatiitin pohjan vain muutaman metrin matkalta. Pegmatiitti on pääasiassa cleavelandiittipegmatiittia.

26.5.2023



Kuva 56. Kohteen Surmasuo S ympärille kairatut kairasydämet. Reiässä N5342021R24 on pieni lävistys Surmasuo S:n länsiosiin, jossa Li-pitoisuus hieman koholla.

#### 5.3.4 Surmasuo E

N5342021R27: Surmasuo E:n tunnetun pegmatiitin länsipuolelle kairattiin R26:n tapaan mahdollisten paljastumattomien pegmatiittijuonten tunnistamiseksi kairanreikä R27. Reikä ei lävistänyt pegmatiittia ja on 82,20 metriin asti kiilleliusketta. Kairasydämeistä ei otettu analyysejä.

N5342021R28 lävistää Surmasuo E -pegmatiitin 10,80 metrin syvyydellä. Kairanreikä jatkuu pegmatiittina 22,65 metriin asti, jonka jälkeen välissä on ohut 2 metriä paksu kiilleliuskeyksikkö. Pegmatiittia on kiilleliuskeyksikön jälkeen vielä aina 44 metriin asti. Pegmatiitti vaihtelee tyyppiltään ja

26.5.2023

koostumukseltaan melko rajusti erittäin karkearakeisesta turmaliinipitoisesta kompleksipegmatiitista lähes apliittiseen kiveen (kuvat 57 ja 58), ja pegmatiitti on selkeästi vyöhykkeellinen. Berylli ja turmaliini ovat yleisiä ja ne esiintyvät suurina omamuotoisina kiteinä kompleksipegmatiitissa. Kompleksisessa osassa on yleisesti paljon cleavelandiittia ja pesäkkeitä lepidoliittia tai Li-kiillettä. Pegmatiittijuoni ei vaikuta noudattavan yleistä itäläntistä suuntausta, joka alueen pegmatiiteilla tyypillisesti on. Kohdetta ei kuitenkaan ole kairattu riittävästi pegmatiitin tarkan suunnan ja koon määrittämiseksi. Pegmatiitin parhaat pitoisuudet Li ovat 4490 ppm Li @ 1 m, sekä 2410 ppm Li @ 8,5 m (kuva 60). Korkeimmat Li-pitoisuudet sijoittuvat juonen syvempään osaan välille 24 m – 37 m.



Kuva 57. R28 on ylemmiltä osiltaan erittäin karkearakeista pegmatiittia. Turmaliinikiteet ovat paikoin yli 20 cm halkaisijaltaan, beryllikiteetkin yli 10 cm. Lepidoliitti esiintyy juonessa pesäkkeinä.

26.5.2023



Kuva 58. R28 pegmatiitin alemmat osat ovat heterogeenisia, paikoin jopa apliittisia.

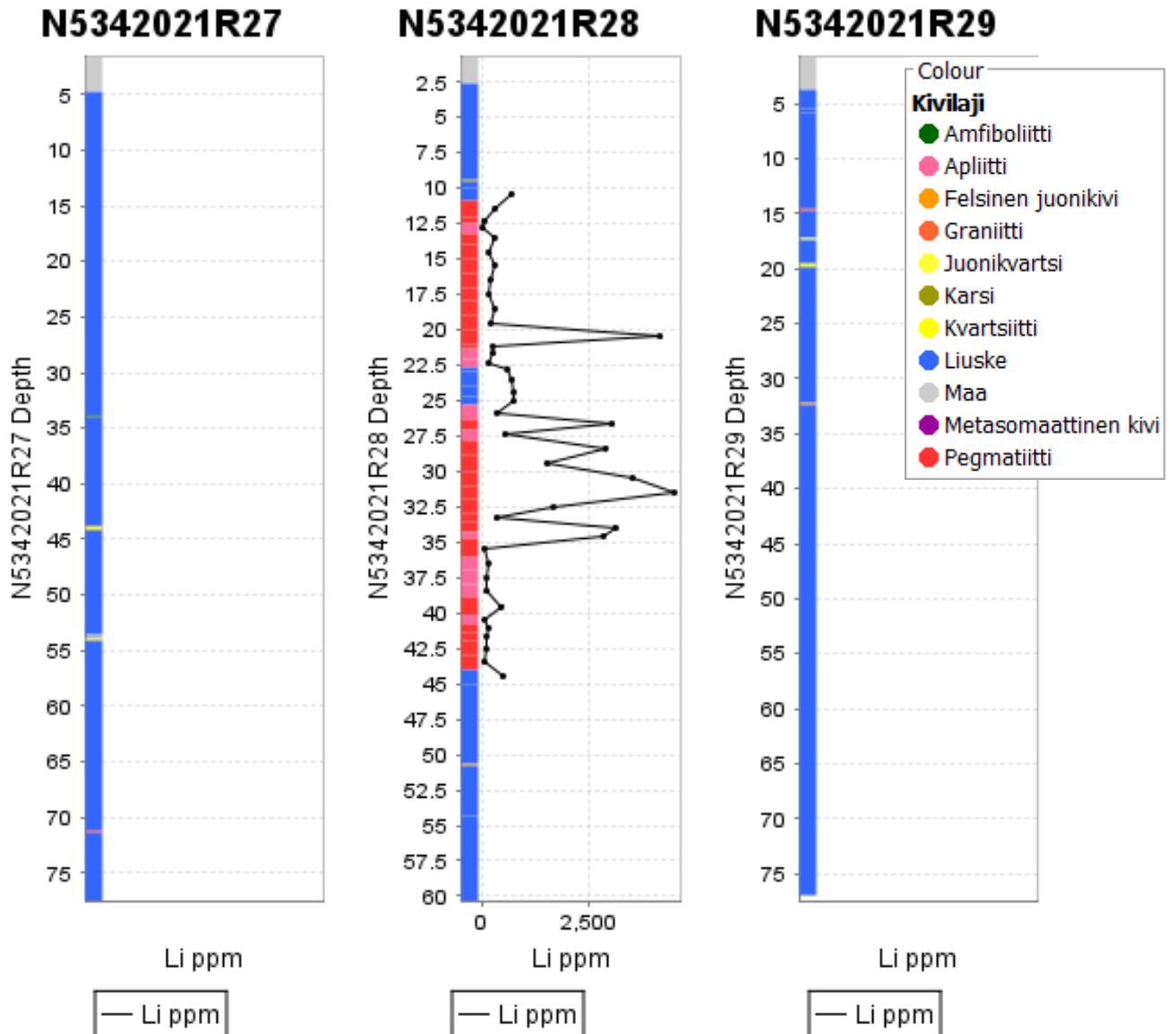
N5342021R29 kairattiin tunnetun Surmasuo E -pegmatiittipaljastuman kaakkoispuolelle itäisen jatkuvuuden tutkimiseksi. Pegmatiittia ei lävistetty laajemmin itäpuolelta, vaan kairareikä on heterogeenista kiilleliusketta. Syvyydellä 14,45–14,65 m on kuitenkin 20 cm paksu pegmatiittijuoni, joka on erittäin karkearakeista kvartsi-muskoviittipegmatiittia (Kuva 59).

26.5.2023



Kuva 59. N5342021R29. Noin 14,5 metrissä on kapea osa erittäin karkearakeista kvartsi-muskoviittipegmatiittia.

26.5.2023

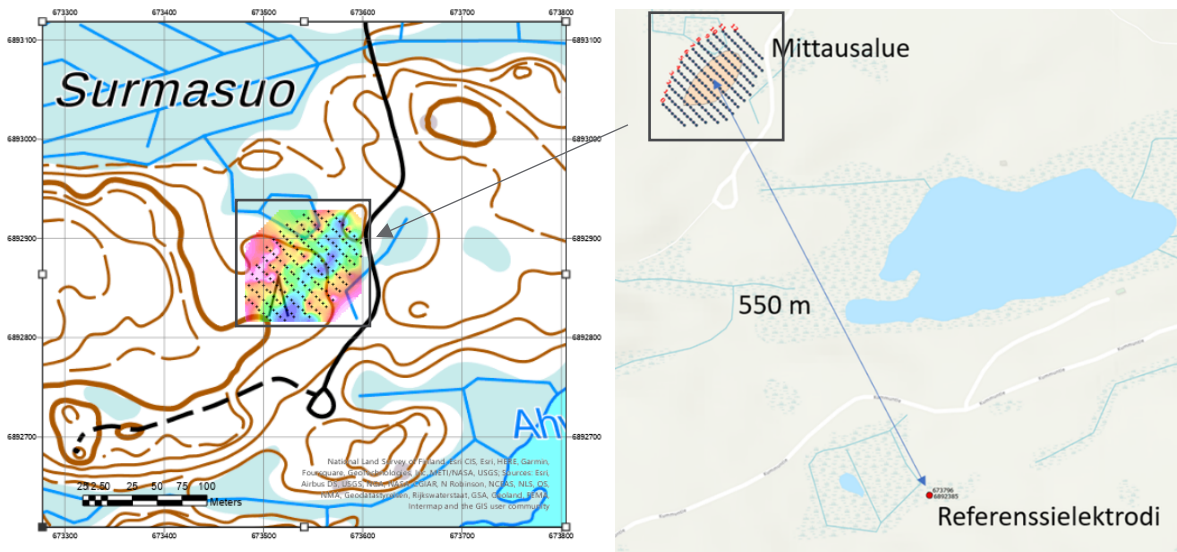


Kuva 60. Surmasuo E:n tutkimiseksi kairatut kairasydämet ja Li-pitoisuudet (ppm).

#### 5.4 Geofysiikka

Geofysiikan mittaukset koostuivat Surmasuolla 10.8.–12.8.2022 tehdyistä omapotentiaalimittauksista ja 10.10.2022 käsikäyttöisellä spektrometrillä tehdyistä radiometrisistä gammasäteilymittauksista, Kuva 61. Jälkimmäisillä mittauksilla saatiin kalliopaljastumien ja maaperän pintakerroksen (n. 5 cm) kalium (K)-, torium (Th)- ja uraani (U)-pitoisuudet.

26.5.2023



Kuva 61. Mittausalueen sijainti. Kuvassa näkyy mittauspisteet, joilla on tehty sekä omapotentiaali- että radiometriset mittaukset. Havainnollisuuden vuoksi myös yksi omapotentiaalimittaus (polar-polar) on lisätty kuvaan värikarttana. Oikealla puolella Surmasuon omapotentiaalimittausten mittausjärjestely. 13 mittauslinjaa, 5 m pisteväli pitkin linjoja, 10 m linjaväli. Mitattava suure on linjalla kulkevan elektrodin ja referenssielektrodin välinen jännite. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2023.

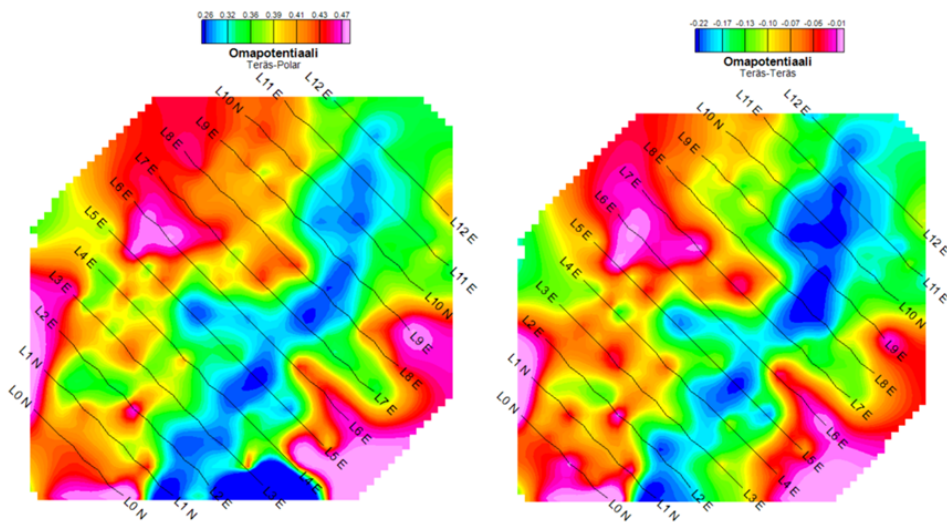
Omapotentiaalimittauksissa mitataan kahden elektrodin välistä jännitettä ilman virransyöttöä. Menetelmässä toista elektrodia siirretään määrävälein pitkin mittauslinjaa ja toinen, ns. referenssielektrodi, pysyy paikoillaan etäisyyden päässä mittausalueen ulkopuolella (Kuva 61). Omapotentiaalimittaukset tehtiin Surmasuolla sekä polarisoitumattomilla (Kuva 62) että teräselektrodeilla ja näiden kombinaatioilla (polar-polar, polar-teräs, teräs-polar, teräs-teräs, jossa ensimmäinen elektrodi on mittauslinjalla ja jälkimmäinen on referenssielektrodi). Näin saatiin neljä (4) eri mittausarjaa samalta kohteelta.



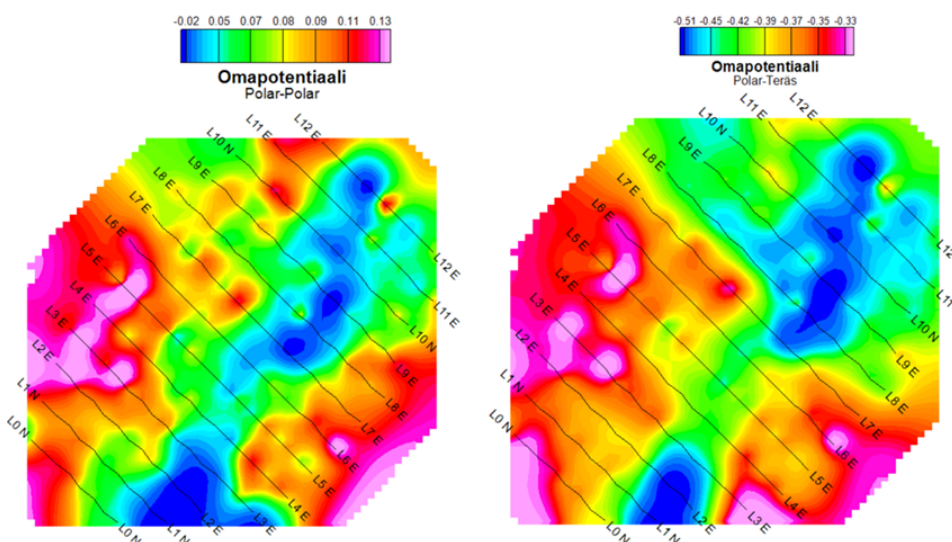
Kuva 62. Polarisoitumaton lyijykloridielektrodi ( $PbCl_2$ ).

26.5.2023

Kuvissa 63 ja 64 ovat alueella mitatut omapotentiaalit eri elektrodikombinaatioin. Potentiaalimittaustuloksissa näkyy selvästi pitkulainen lounais-koillisuuntainen sininen minimianomalia, joka linjan 8 ja 9 välissä taipuu enemmän kohti pohjoista ja joka liittyyneen johonkin geologiseen rakenteeseen. Heikkouutnonäytteenoton perusteella alue, johon minimi osuu, on louhikkoista ja siinä on mahdollisesti ruhje ja / tai vanha joen pohja. Tulosten perusteella mittauselektrodien valinnalla ei näytä olevan suurta merkitystä vaan sekä teräs- että polarisoitumattomat elektrodit näyttivät pääpiirteissään samat rakenteet.



Kuva 63. Omapotentiaalit Surmasuolla, vasemmalla teräs-polar ja oikealla teräs-teräs. Sininen anomaliarakenne erottuu selvästi kummassakin.



Kuva 64. Omapotentiaalit Surmasuolla, vasemmalla polar-polar ja oikealla polar-teräs. Kuten kuvassa 22, sininen anomaliarakenne on hahmotettavissa nytkin, joskin polar-teräs-yhdistelmällä mitattuna rakenne näyttäisi selvemmin katkeavan.

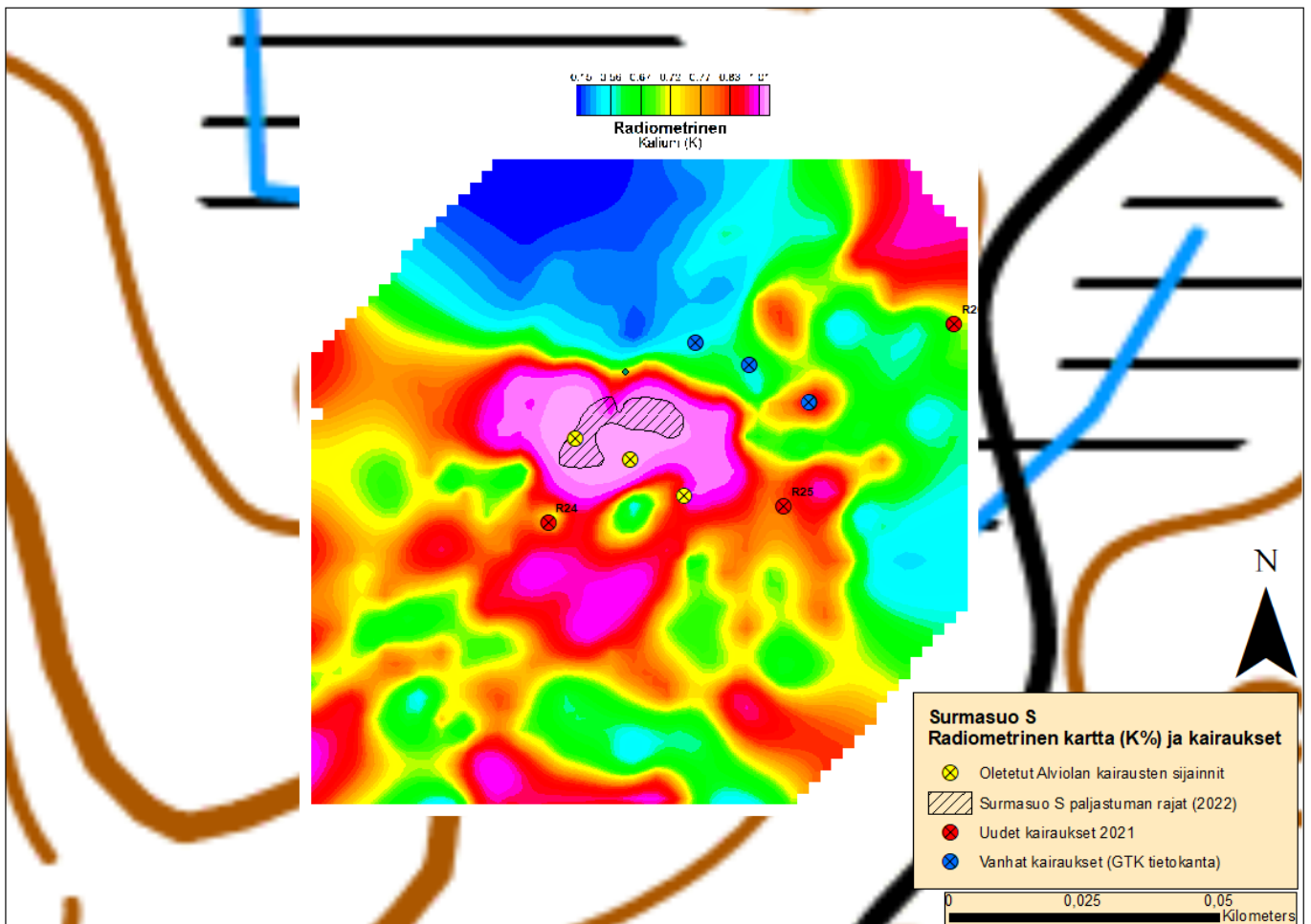


26.5.2023

Näyttäisi siltä, että sekayhdistelmissä on parempi pitää polarisoitumaton elektrodi referenssinä ja teräs mittauslinjalla (teräs-polar) kuin päinvastoin (polar-teräs). Vertaamalla kuvan 63 vasenta puolta (teräs-polar) kuvan 64 oikeaan puoleen (polar-teräs), huomataan, että sininen anomalia katkeaa polar-teräs-yhdistelmällä, kun taas teräs-polar-yhdistelmä pitää sen yhtenäisempänä teräs-teräs- ja polar-polar-mittausten tavoin.

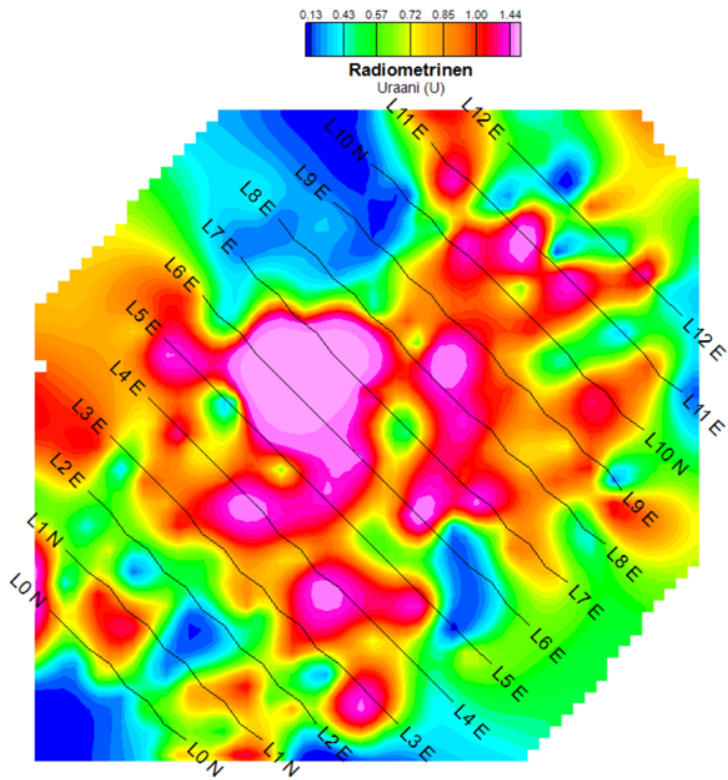
#### 5.4.1 Radiometriset mittaukset

Radiometriset mittaukset suoritettiin käsikäyttöisellä spektrometrilla, joka antaa kalium (%)-, torium (ppm)- ja uraani (ppm) -pitoisuudet, jotka näkyvät kuvissa 66, 67 ja 68. Huomataan, että uraani ja kalium muodostavat maksimit samaan kohtaan, kun taas toriumilla on tässä kohtaa minimi ja sen maksimit asettuvat uraani- ja kaliummaksimin viereen. Geologien mukaan on mahdollista, että kalium- ja uranimaksimit myötäilevät pegmatiittijuonen muotoa (kuva 65). Alueen maapeitteiden paksuuksia tai vesipitoisuuksia ei ole kartoitettu tarkemmin, mutta maapeitteiden tiedetään varsinkin vesipitoisina vaimentavan gammasäteilyä voimakkaasti.

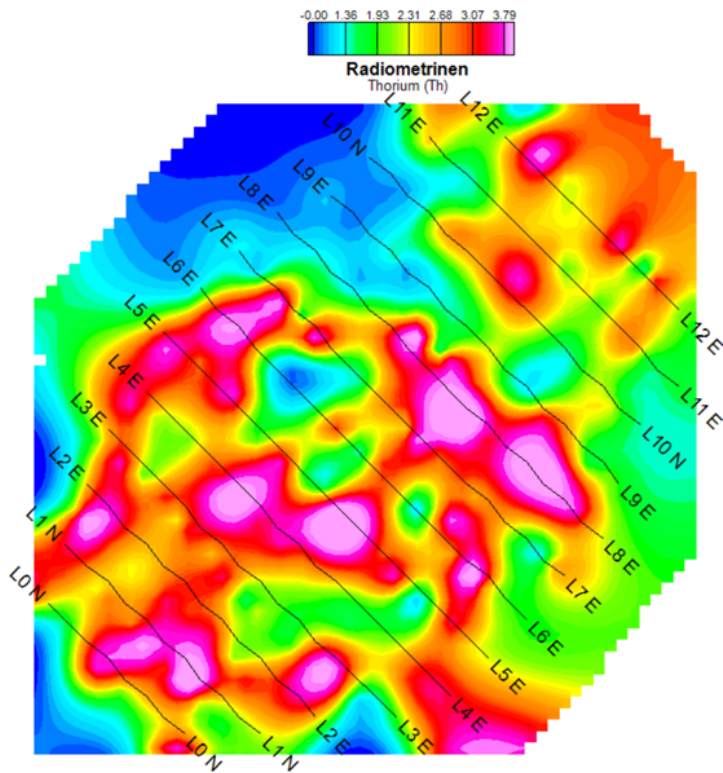


Kuva 65. Surmasuo S radiometrisellä kartalla (K%) sekä mitatut paljastuman rajat (2022) kairanreikien kanssa. Keltaisella oletettu sijainti Alviolan (1974b) kairauksille. Maastotietokanta @ Maanmittauslaitos, 2023.

26.5.2023

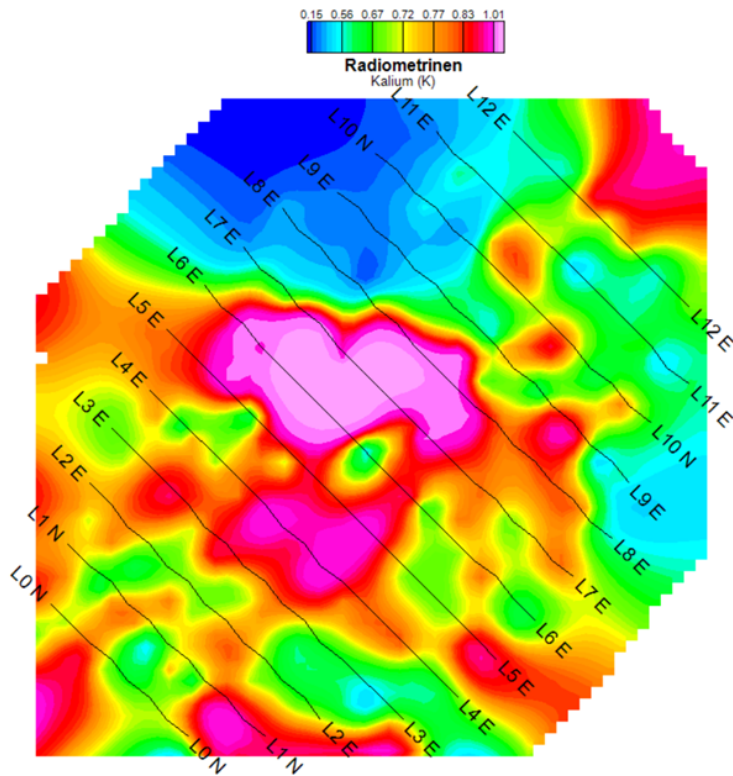


Kuva 66. Uraanipitoisuudet (ppm).



Kuva 67. Torium-pitoisuudet (ppm).

26.5.2023



Kuva 68. Kalium-pitoisuudet (ppm).

#### 5.4.2 Yhteenveto geofysiikan mittauksista

Omapotentiaalimenetelmämittauksissa näkyy geologinen lounais-koillis-suuntainen rakenne mittausalueella (kuvat 63 ja 64). Radiometrisissä tuloksissa uraani- ja kalium-maksimit sekä torium-minimi yhtyvät kalliopaljastuman kohdalla. Lisäksi tunnetun paljastuman eteläpuolella on pienempi uraani- ja kaliummaksimi, joka ei ole paljastuneena maan pintaan. Timanttikairaukset osuvat tämän pienemmän yksikön pohjoispuolelle. Omapotentiaali- ja radiometrinen mittausten välillä ei näyttäisi olevan korrelaatiota.

26.5.2023

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuskuopista tehtyjen stratigrafisten havaintojen ja suuntauslaskun perusteella tutkimuskuoppien pohjamoreeni edustaa keski- ja myöhäis- Veiksel-jäätiköitymisvaihetta, jonka virtaussuunta tutkimusalueella on länsiluoteesta itäkaakkoon kohti I Salpausselkää. Tätä suuntaa indikoivat myös Suksi- ja Tervalampien välillä olevat suuntautuneet moreeni-/kalliomuodot.

Kuopista otettujen moreeninäytteiden geokemian analyysituloksista voidaan yleisesti todeta, että moreenin alkuainepitoisuudet ovat hyvin pieniä, selkeitä anomaalisia pitoisuuksia ei ole. Näytteissä Li-pitoisuudet vaihtelevat välillä 79–4 ppm. Pitoisuuksien pienuutta selittää moreenin syntyavastaan johtuva laimentava vaikutus verrattuna lohkar- tai kalliönäytteisiin. Moreenista tehtyjen kivilaskujen tulokset korreloivat hyvin kunkin kohteen kallioperän kanssa. Toivolan eteläpuolella moreenissa esiintyvien pegmatiittilohkareiden lisääntyminen korreloi selkeästi paikallisen kallioperän kivilajiston ja jäätikön nuorimman, läntisen virtaussuunnan kanssa.

Vuoden 2020 geokemiallisessa tutkimuksessa Oriselän Li-anomaaliset näytteet keskittyivät alueen läntisimmälle linjalle, sen pohjoispäähän, jossa myös useat Li-pegmatiittien seuralaisalkuaineet ovat anomaalisia. Huomionarvoista on, että läntisimmän linjan pohjoisosassa on pitkällä matkalla anomaalinen mikä voi heijastaa jäätikkökuljetusta ja siten lähdealue voisi sijoittua lähelle linjan pohjoispäätä tai sen luoteispuolelle.

Vuoden 2022 heikkouuttonäytteenoton perusteella menetelmä toimi Surmasuon alueella. Menetelmä tunnisti selkeästi Surmasuo S-esiintymän ja lisäksi löysi tuntemattomia anomalioita alueelta. Tulosten perusteella geokemiallisella heikkouuttonäytteenotolla voidaan tunnistaa Li-potentiaalisia alueita.

Omapotentiaalimenetelmä vaikuttaa löytäneen miniminä näyttäytyvän geologisen lounais-koillis-suuntaisen rakenteen mittausalueelta. Heikkouuttonäytteenoton yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella alue, johon minimi osuu, on louhikkoista ja siinä on mahdollisesti ruhje ja / tai vanha joen pohja. Radiometrisissä tuloksissa on huomionarvoista uraani- ja kalium-maksimien sekä torium-minimin yhtyminen samaan kohtaan, jossa oli kalliopaljastuma. Torium-maksimit asettuvat tämän uraani- ja kalium-maksimin viereen. On mahdollista, että tämä alue muotoilee pegmatiittijuonen muotoa. Omapotentiaali- ja radiometristen mittausten välillä ei näyttäisi olevan korrelaatiota.

Rääkkylän, Savonrannan ja Parikkalan alueen Li-potentiaali voidaan todeta tutkimusten perusteella verrattain heikoksi. Savonrannan pegmatiittijuonet liittynevät Puruveden graniittiin. Havaintojen sekä analyysien perusteella alueen pegmatiitit eivät ole fertiilejä, eikä merkkejä kompleksimineraaleista löytynyt. Rääkkylän alueelta ei löydetty tutkimuksissa uusia pegmatiittijuonia. Parikkalan alueen pegmatiitit ovat laajan graniittisen alueen pegmatiittia osia havaintojen perusteella. Kokokivianalyyseissä Parikkalan pegmatiittien Li-pitoisuudet sekä alkuainesuhteet viittaavat graniittien fertiilisyysasteen olevan verrattain matala.

Kiteen ja Tohmajärven alueen pegmatiittien Li-potentiaali on tutkimusten perusteella suurempi kuin aiemmin on tulkittu. Kiteen ja Tohmajärven Potoskavaarassa on viitteitä sekä geokemian tulosten, kallioperäkairausten että kallioperähavaintojen perusteella löytymättömistä Li-pegmatiiteista. Tutkimuksissa ei kuitenkaan löydetty Potoskavaaran alueelta uusia Li-pegmatiittijuonia, ja suuren

26.5.2023

kokoluokan spodumeenipegmatiittijuonten löytyminen lienee alueella epätodennäköistä. Pintageokemian näytteenotossa 2020 tunnistettu korkean anomalian vyöhyke Kiteen Suksiojen alueella jäi tutkimuksissa epäselväksi. Anomaliaa voisi selvittää myöhemmin lisätutkimuksin, esimerkiksi kallioperäkairauksilla tai lisänäytteenotolla. Potoskavaaran alueella pegmatiittien haloefektiä voisi käyttää Li-pegmatiittijuonten paikantamiseksi analysoimalla lupaavimmilta alueilta kiilleliuskeiden geokemiaa.

Loukunvaaran Li-lohkarehavainnot ja fertiilien pegmatiittijuonten laajahko esiintyvyys Kiteen kunnan alueella viittaavat olosuhteiden olleen suotuisat Li-pegmatiittien muodostumiselle myös Potoskavaaran ulkopuolella. Löytymättömien Li-pegmatiittien paikantamiseksi voisi olla hyödyllistä suorittaa tulevaisuudessa kattavaa moreeni- ja pintageokemian näytteenottoa alueen kallioperän huonon paljastuneisuuden vuoksi.

26.5.2023

## 7 KIRJALLISUUSVIITTEET

Alviola, R., 1974a. Pegmatiittitutkimukset Kiteen Papinniemen alueella kesällä 1973. 9 s., 1 l. (1 geol.k.). GTK:n arkistoraportit, M19/4213/74/1/80.

Alviola, R., 1974b. Selostus pegmatiittitutkimuksista Kiteen-Tohmajärven alueella vuosina 1972–1973. 11 s., 29 liites. GTK:n arkistoraportit, M19/4213/74/1/80.

Carranza, E. J. M. 2009. Geochemical Anomaly and Mineral Prospectivity Mapping in GIS. Elsevier, Amsterdam. 368 p

Černý, P. & Ercit, S. 1985. Some recent advances in the mineralogy and geochemistry of Nb and Ta in rare-element granitic pegmatites. Bulletin de Minéralogie Année 1985 108-3-4 (actes) pp. 499-532.

Errandonea-Martin, J., Garate-Olave, I., Roda-Nobles, E., Cardoso-Fernandes, J., Lima, A., dos Anjos Ribeiro, M. & Teodoro, A. C. 2022. Metasomatic effect of Li-bearing aplite-pegmatites on psammitic and pelitic metasediments: Geochemical constraints on critical raw material exploration at the Fregeneda–Almendra Pegmatite Field (Spain and Portugal). Ore Geology Reviews 150 (2022).

Hackman, V. 1933. Kivilajikartan selitys 1 : 400 000 - Beskrivning till bergartskartan - Expl. to Maps of Pre-Quat. Rocks, Karttalehti: 31, 32, 41, 42, Volyymi: D2

Hackman, V., Berghell, H. 1931. Savonlinna = Nyslott. Kivilajikartta 1 : 400 000 - Maps of Pre-Quaternary rocks, Karttalehti: 31, 32, 41, 42, Volyymi: D2

Hölttä, P. & Heilimo, E. 2017. Metamorphic map of Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 60, 77-128, 34 Figures and 2 appendices.

Kujansuu, R. & Nenonen, K. 1987. Till stratigraphy and ice-flow directions in North Karelia. Geological Survey of Finland, Special Paper 1. 59-66.

Luukas, J., Kousa, J., Nironen, M. & Vuollo, J. 2017. Major stratigraphic units in the bedrock of Finland, and an approach to tectonostratigraphic division. Geological Survey of Finland, Special Paper 60, 9-40, 9 pictures, 1 table and 1 appendix.

Maanmittauslaitos 2019–2023 [Elektroninen aineisto]. Tausta- ja pohjakartta-aineisto.

Mann, A.W, Birrell, R.D, Mann, A.T., Humphreys D.B., Perdrix J.L 1998. Application of the mobile metal ion technique to routine geochemical exploration, Journal of Geochemical Exploration, Volume 61, Issues 1–3, Pages 87-102

26.5.2023

Nikkarinen, M. 1978. Tutkimus moreenin spodumeenipitoisuudesta Tohmajärven alueella, S/41/4232 04/1/1978.

Nikkarinen, M., Wennerström, M., 1982. Moreenin Li-tutkimus Tohmajärven Oriselän alueella, S/41/4232 04/1/1982.

Nykänen, O. 1967. Tohmajärvi, Kallioperäkartta 1 : 100 000 - Maps of Pre-Quaternary Rocks, karttalehti 4232+4234

Nykänen, O. 1968. Tohmajärvi, Kallioperäkartan selitys 1 : 100 000 - Expl. to Maps of Pre-Quaternary Rocks, karttalehti 4232+4234

Nykänen, O. 1972. Kitee, Kallioperäkartta 1 : 100 000 - Maps of Pre-Quaternary Rocks, karttalehti 4231

Nykänen, O. 1975. Kerimäen ja Kiteen kartta-alueen kallioperä. Kallioperäkartan selitys 1 : 100 000 - Expl. to Maps of Pre-Quaternary Rocks, karttalehti 4213, 4231.

Pekkarinen, L., 1974. Selostus Kiteen malmitutkimuksista vuosina 1971–1974. 24 s., 9 l. GTK:n arkistoraportit M19/4231/74/1/10.

Pekkarinen, L., 1976. Selostus Kiteen Potoskavaaran alueen malmitutkimuksista vuosina 1971–1974. Geologian tutkimuskeskus. Valtausraportit. Kaivosrekisterinumero: 2198/1, 2198/2, 2269/2, 2269/1, 2269/3, 2269/4, 2269/5, 2269/6, 2269/7, 2269/8, 2269/9, 2198/3

Rasilainen, K., Eilu, P., Ahtola, T., Halkoaho, T., Kärkkäinen, N., Kuusela, J., Lintinen, P. ja Törmänen, T. 2018. Quantitative assessment of undiscovered resources in lithium–caesium–tantalum pegmatite-hosted deposits in Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin - Research Report 406. [http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt\\_406.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt_406.pdf)

Saikkonen, R., 1963. Kiteen, Parikkalan ja Kajaanin maalaiskunnan pegmatiittitutkimukset kesällä 1963. 17 s., 4 liites. GTK:n arkistoraportit, M17/Ki,Par,Kaj/1963/.

Salonen, V-P. 1987. Observations on boulder transport in Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 3. 103-110.

Sarala et al, 2008. Mobile Metal Ion (MMI) -menetelmän testaus malminetsintätutkimuksissa Itä- ja Pohjois-Suomessa vuonna 2007. 62 s., 3 liites. GTK:n arkistoraportti S44/2008/37. [https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/s44\\_2008\\_37.pdf](https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/s44_2008_37.pdf)

Selway, J. B., Breaks, L. W. and Tindle, A. G. 2005. A Review of Rare-Element (Li-Cs-Ta) Pegmatite Exploration Techniques for the Superior Province, Canada, and Large Worldwide Tantalum Deposits. Exploration and Mining Geology, Vol. 14, Nos. 1-4, pp. 1-30.

Suomen kallioperä - DigiKP. Digitaalinen karttatietokanta [Elektroninen aineisto]. Espoo: Geologian tutkimuskeskus [viitattu 29.10.2019, 22.11.2022, 14.1.2023]. Versio 2.1.