

Loppuraportti Pudasjärven kaupungissa malminetsintälupa-alueella Kortejärvi 1 (ML2015:0018) suoritetuista apatiitti- ja REE- tutkimuksista



Panu Lintinen

19.4.2024

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

KUVAILULEHTI

19.4.2024

| | | | |
|---|-----------------------|---|------------------------------|
| Tekijät Panu Lintinen | | Raportin laji Malminetsintäluvan loppuraportti | |
| | | Toimeksiantaja Geologian tutkimuskeskus | |
| Raportin nimi Loppuraportti Pudasjärven kaupungissa malminetsintälupa-alueella Kortejärvi 1 (ML2015:0018) suoritetuista apatiitti- ja REE-tutkimuksista | | | |
| Tiivistelmä Geologian tutkimuskeskus GTK tutki Kortejärven karbonaatti-intruusiota vuosina 2010–2016. Alueella tehtiin geofysiikan maastomittauksia, syväkairausta 9 reikään 1525 m, kemiallisia analyysejä ja petrofysikaalisia mittauksia. Tutkimusten pohjalta esiintymä mallinnettiin ja siitä tehtiin varantoarvio. Karbonaattille tehtiin vaahdotuskokeita apatiitin erottamiseksi. Kairausten ja geofysiikan mallinnuksen perusteella Kortejärven karbonaatti on noin 2 km pitkä ja 30–120 m leveä. Karbonaatti jakautuu kahteen lohkoon, joista pohjoinen on 550 m pitkä ja 30–50 m leveä, eteläinen puolestaan 1550 m pitkä ja 90–120 m leveä. Kappaleiden väliin jää noin 150 m leveä aukko. Yhdessä ne muodostavat etelä-pohjoissuuntaisen, jyrkästi itään kaatuvan yksikön. Kortejärven karbonaatin yleisimmät kivilajit ovat dolomiitti- ja kalsiittikarbonaattit ja niiden yhdistelmät sekä glimmeriitti. Lisäksi harvinaisempia kivilajeja ovat oliviini-magneiitti-karbonaattikivi ja syeniitti. Karbonaatin sisällä on runsaasti sivukivistä peräisin olevaa mafista vulkaniittia sulkeumina. Apatiittia esiintyy piroitteena erityisesti dolomiittikarbonaattitissa, missä korkein analysoitu pitoisuus oli 7.7 % P ₂ O ₅ . Kortejärven ei-standardien mukaiseksi fosforivarannoksi on arvioitu 2 % cut-off arvolla 40.54 Mt @ 3.08 % P ₂ O ₅ . Rikastuskokeissa saatiin kaupallista laatua oleva apatiittirikaste, jossa P ₂ O ₅ -pitoisuus oli 39,1 %. Kortejärven keskimääräinen totaali-REE-pitoisuus on noin 700 ppm, josta >90 % on keveitä ja <10 % raskaita REE-metalleja. | | | |
| Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Kortejärvi, teollisuusmineraalit, karbonaatti, apatiitti, fosfori | | | |
| Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Pohjois-Pohjanmaa, Koillismaa, Pudasjärvi | | | |
| Karttalehdet S521 | | | |
| Muut tiedot | | | |
| Arkistosarjan nimi | | Arkistotunnus 26/2024 | |
| Kokonaissivumäärä 19 s + 3 liites | Kieli suomi | Hinta | Julkisuus julkinen |
| Yksikkö Mineraalitalouden ratkaisut, MTR | | Projektinumero | |
| Allekirjoitus/nimen selvennys Panu Lintinen  | | Allekirjoitus/nimen selvennys Hanna Leväniemi  | |

19.4.2024

Sisällysluettelo

Kuvailulehti

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 1.1 | Tutkimusalueen sijainti, maasto ja tieyhteydet | 1 |
| 1.2 | Tutkimusten tavoite ja henkilöstö | 1 |
| 1.3 | Malminetsintälupa ja maanomistus | 1 |
| 1.4 | Aikaisemmat tutkimukset | 3 |
| 1.5 | Alueellinen geologia | 3 |
| 2 | SUORITETUT TUTKIMUKSET JA NIIDEN TULOKSET | 5 |
| 2.1 | Geofysiikan ja petrofysiikan tutkimukset | 5 |
| 2.2 | Syväkairaus | 6 |
| 2.3 | Kemialliset analyysit | 10 |
| 2.4 | Apatiitin rikastuskokeet | 10 |
| 2.5 | Varantoarvio | 10 |
| 3 | KORTEJÄRVEN APATIITTIESIINTYMÄ | 12 |
| 3.1 | Petrografia ja geokemia | 12 |
| 3.2 | Apatiitin esiintyminen ja P ₂ O ₅ -pitoisuudet | 15 |
| 3.3 | REE-pitoisuudet | 15 |
| 4 | YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET | 16 |

Kirjallisuus

Liitteet

19.4.2024

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimusalueen sijainti, maasto ja tieyhteydet

Kortejärven karbonaatti sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla Pudasjärven kunnassa, lähellä Posion rajaa (kuva 1). Kohteelta on matkaa Posion kuntakeskukseen noin 40 km ja Pudasjärven keskusta noin 70 km. 1:25 000 UTM-lehtijaon mukainen karttalehti on S5214.

Maastoltaan Kortejärven alue on hyvin vaihtelevaa. Alueen eteläpää ja Kortejärven itäinen ranta on lähes kokonaan suota, suurelta osin ojitettua ja josta osa on märkää avosuota ja osa puolestaan mäntyä kasvavaa rämettä. Alueen keskellä Kortejärven rannalla sijaitsee Kortepalon tila, joka nykyään on vapaa-ajan asutuksena. Alueen länsiosaa ja pohjoispää on metsätaloustaloudessa olevaa sekametsää vaaran rinteessä. Korkeusero Kortejärven rannasta vaaran (Kauniskumpu) huipulle on 115 m.

Tutkimusalueen keskelle tulee etelästä alueen itäreunalle kiertävä hyväkuntoinen metsäautotie. Myös alueen pohjoisosan itäpuolelle tulee kohtalainen metsäautotie pohjoisen suunnasta.

1.2 Tutkimusten tavoite ja henkilöstö

GTK aloitti Koillismaan karbonaattien tutkimukset vuonna 2010 ja työnimeksi useita erillisiä mittaus- ja kairauskohteita sisältävälle tutkimusalueelle annettiin Kouva. Tavoitteena oli saada lisätietoa Kortejärven ja Laivajoen karbonaattien mineralogiasta, geokemiasta, P-, REE- ja Zr-potentiaalista sekä selvittää samaan suurrakenteeseen liittyvien magneettisten anomalioiden aiheuttajat ja mahdollinen karbonaattien esiintyminen niissä. Kouvan tutkimukset tehtiin Hi-tech-hankkeessa (hankenumero 2141007, Sarapää et al. 2013).

Kouvan tutkimuksissa karbonaattia kairattiin vuonna 2010 Kortejärven lisäksi Petäikkö-Suvantovaaran ja Laivajoen anomaloissa. Petäikkö-Suvantovaaran tutkimukset on selostettu malminetsintäluvan loppuraportissa (Lintinen 2016). Laivajoelle kairattiin yksi reikä anomalian lounaispään. GTK ei tutkinut Laivajoen karbonaattia systemaattisesti, koska alue oli tutkimusten ajan yhtiöiden valtauksen tai malminetsintäluvan alla.

Kortejärven systemaattiset tutkimukset vuosina 2012–2016 tehtiin Kriittiset mineraalit (hankenumero 2551015) hankkeessa (Sarapää et al. 2016). Tutkimuksista vastasi geologi oli Panu Lintinen ja geofysiikan tutkimuksista vastasi geofysikko Pertti Turunen. Tutkija Mikael Niemistö teki Kortejärven apatiitin rikastuskokeet GTK Mintecissä. Kortejärven esiintymän varantoarvion laati geologi Sami Lepistö. Tutkimusassistentti Martti Melamies huolehti erityisesti kairauksiin liittyvistä valmistelu- ja valvontatehtävistä.

1.3 Malminetsintälupa ja maanomistus

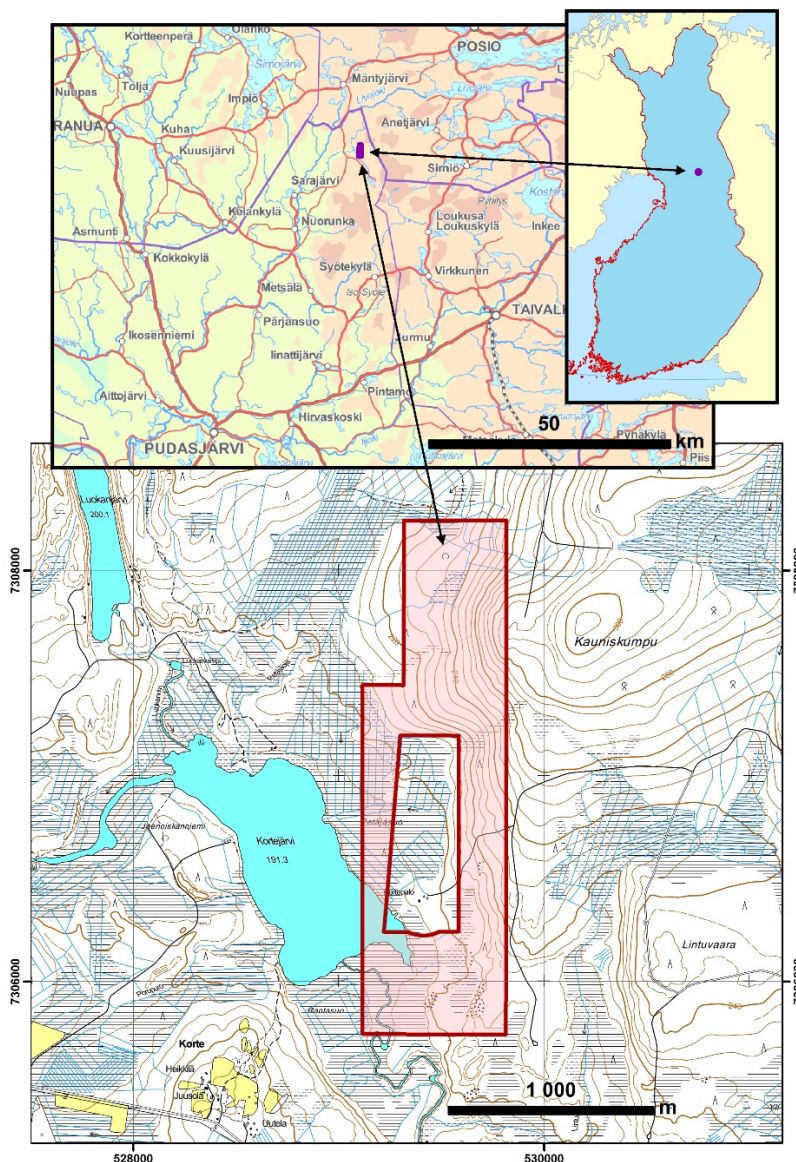
GTK:lla on Kortejärven alueella malminetsintälupa, jolle on haettu jatkoaikaa. Tämän raportin myötä GTK luopuu jatkohakemuksesta. Lupa-alue Kortejärvi 1 (lupatunnus ML2015:0018) on pinta-alaltaan 127,63 ha. Malminetsintäluvan hakija, Geologian tutkimuskeskus GTK (Y-tunnus: 0244680-7), laittoi malminetsintälupahakemuksen vireille 13.5.2015. Hakemuksessa otaksuttiin alueella olevan apatiittia

19.4.2024

ja harvinaisia maametalleja (lantanoideja). Turvallisuus ja kemikaalivirasto (Tukes) teki alueelle malminetsintälupapäätöksen 7.6.2016.

Kortejärven malminetsintälupa-alueen pohjois- ja itäosat sijaitseva metsähallituksen mailla kattaen 65 % lupa-alueesta. Alueen keskiosassa on kahden yksityispalstan osuus 25 % koko alueesta. Loppu 10 % sijoittuu alueen eteläpähän, missä on useita pienialaisia yksityisiä palstoja.

Kuvan 1 kartassa malminetsintälupa-alueen keskellä olevan aukon kohdalla oli lupahakemuksen vireillepanon aikana aikaisempi valtaus edelleen karensissa. Malminetsintälupaa hakiessaan GTK oli tehnyt kaikki tarvittavat maastotutkimukset maanomistajan luvalla ja haettavan malminetsintäluvan tarkoituksena oli suojata esiintymä laboratoriotutkimus- ja raportointivaiheen ajaksi.



Kuva 1. Kortejärvi 1 (ML2015:0018) malminetsintälupa-alueen sijainti. Pohjakartat: © Maanmittauslaitos ja HALTIK.

19.4.2024

1.4 Aikaisemmat tutkimukset

Kortejärven ja Laivajoen karbonaattiitit löydettiin Rautaruukki Oy:n kairauksissa vuosina 1971–1972, jolloin Kortejärvelle magneettiseen anomaliaan kairattiin kaksi reikää (Makkonen 1971) ja Laivajoen anomaliaan kolme reikää (Makkonen 1973). Jo tuolloin esitettiin karbonaattikivien olevan alkuperältään magmaattisia, mikä vahvistettiin myöhemmissä geokemiallisissa ja mineralogisissa tutkimuksissa (Nykänen 1993, Nykänen et al. 1997). Vuonna 2011 GTK:n kairauksissa varmistui myös, että Laivajoen ja Kortejärven karbonaattiittien välissä sijaitseva Petäikkö-Suvantovaaran magneettinen anomalia aiheutuu karbonaattitista (Lintinen 2016).

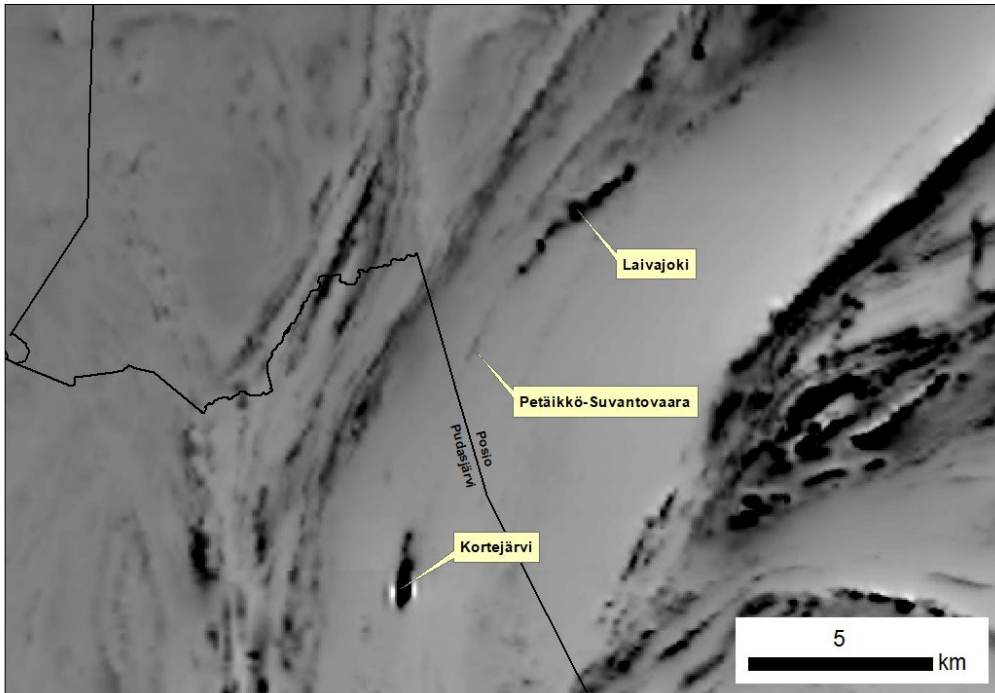
Kortejärven tutkimuksia edelsi vanhan kairasydänaineiston tarkistus, uudelleen analysointi ja mineraloginen tutkimus Rautaruukki Oy:n rei'istä Kortejärvi_1, Kortejärvi_2 ja Laivajoki_1 (Al-Ani et al. 2010) Lopen kairasydänvarastolla. Tuolloin Kortejärvi R1:n todettiin sisältävän 42 m lävistyksessä 4,1 % P₂O₅ (max 7.6 %).

1.5 Alueellinen geologia

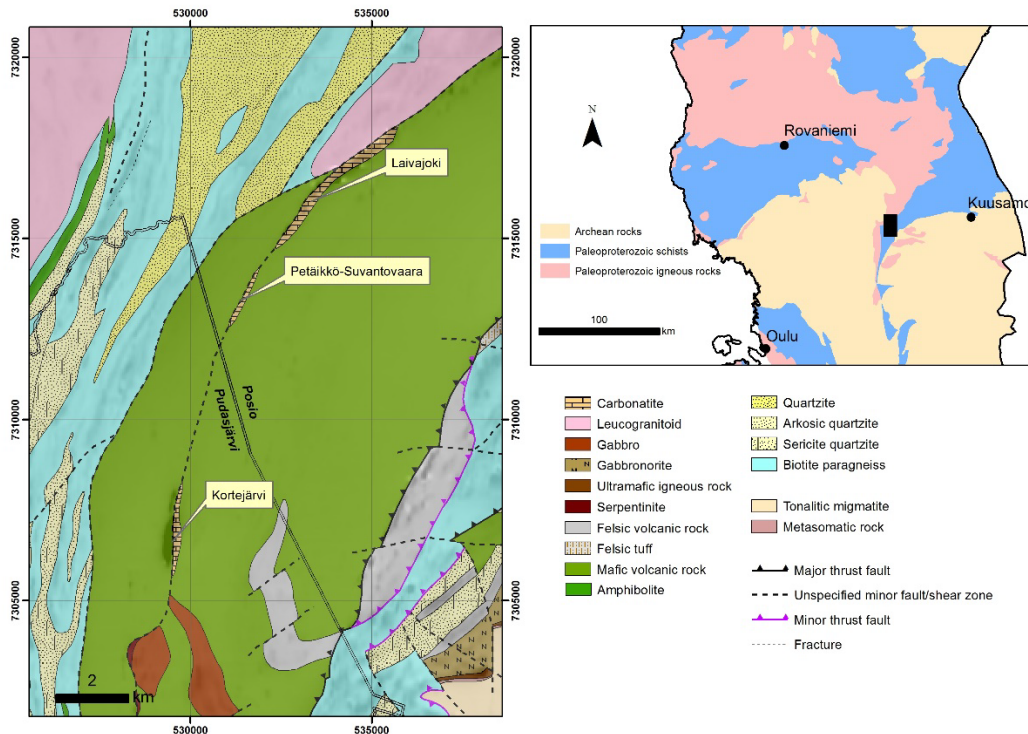
Kortejärvi on eteläisin kolmesta karbonaatti-intruusiosta, jotka ovat tunkeutuneet lounais-koillissuuntaiseen, Kuhmon ja Pudasjärven arkeisten lohkojen välissä sijaitsevaan Hirvaskosken siirrosvyöhykkeeseen (Kärki et al. 1993, O'Brien 2015). Siirrosvyöhykkeen 2,0 Ga ikäiset karbonaattiitit ovat voimakkaasti magneettisia ja muodoiltaan pitkänomaisiksi venyneitä (kuva 2). Litologialtaan karbonaattiitit koostuvat sekä kalsiitti- että dolomiittikarbonaattitista, raitaisesta flogopiittikivestä (glimmeriitti) ja oliiviini-magneetti-karbonaattikivestä. Laivajoen intruusiossa vallitseva karbonaattiityyppi on tremoliittirikas silikokarbonaatti. Intruusoiden sivukivet ovat mafisia vulkaniitteja, jota esiintyy runsaasti myös sulkeumina intruusoiden sisällä (Lintinen 2014).

Kortejärven alueelta ei ole tehty systemaattista 1:100 000 –mittakaavaista kallioperäkartoitusta. Alue sisältyy vuonna 2004 valmistuneeseen Koillismaan alueen 1:200 000 –mittakaavaiseen kallioperäkarttaan (Räsänen et al. 2004), johon mm. nykyinen GTK:n digitaalinen kartta-aineisto pitkälti pohjautuu (kuva 3).

19.4.2024



Kuva 2. Koillismaan karbonaattiit aeromagneettisella harmaasävykartalla.



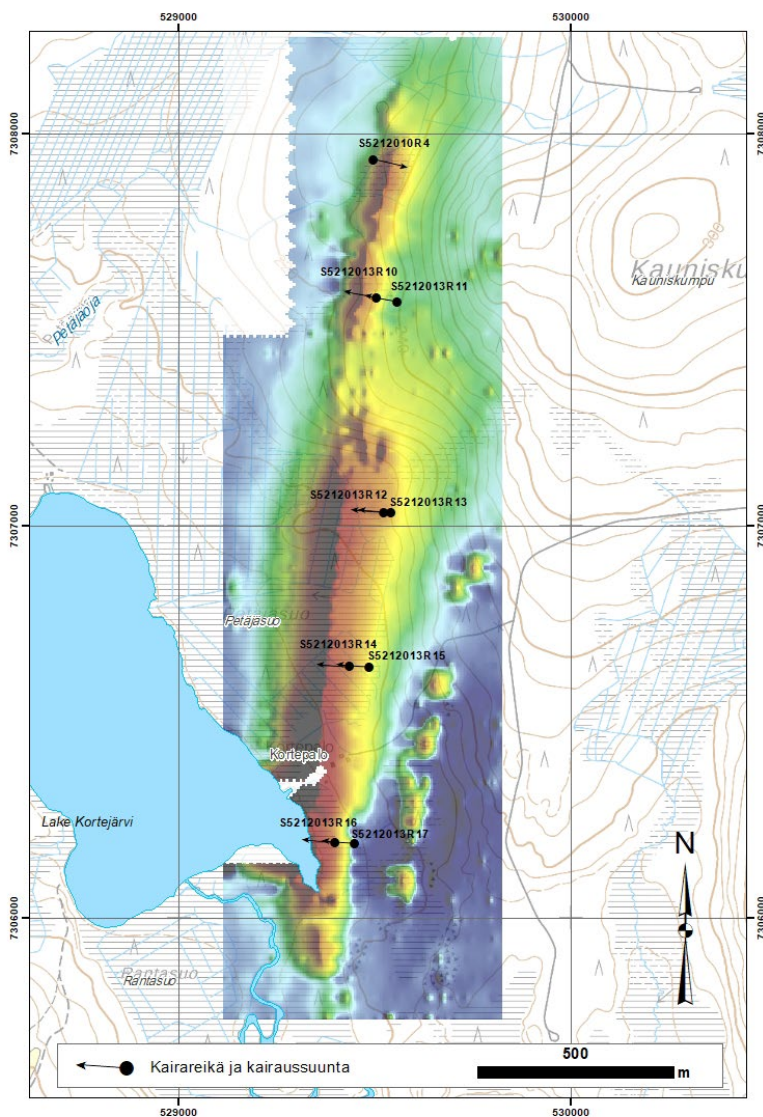
Kuva 3. Koillismaan karbonaattiittien sijainti geologisella kartalla. Suomen kallioperä - DigiKP. Digitaalinen karttatietokanta [Elektroninen aineisto].

19.4.2024

2 SUORITETUT TUTKIMUKSET JA NIIDEN TULOKSET

2.1 Geofysiikan ja petrofysiikan tutkimukset

Kortejärven geofysiikan ja petrofysiikan tutkimukset on selostettu Turusen (2016) raportissa. Karbonaatti näkyy aerogeofysikaalisessa matalalentoaineistossa voimakkaana magneettisena anomaliana. Kohteella tehtiin vuosina 2012–2013 geofysikaalisina maanpintamittauksina 1,65 km² laajuinen systemaattinen magnetometraus sekä VLF-R mittaus. Lisäksi mitattiin yksi gravimetrinen, magneettinen ja sähkömagneettinen profiili anomalian pohjoisosaan. Systemaattisen mittausalueen eteläosassa on tyhjä tila järven takia. Karbonaatin sisältämä magnetiitti aiheuttaa Kortejärvellä erittäin voimakkaan magneettisen anomalian, jonka maksimi ylittää 20000 nT. Mittausalue ja -tulos on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Kortejärven systemaattiseen maastomittaukseen perustuva magneettinen kartta. Pohjakartat: © Maanmittauslaitos.

19.4.2024

Kairattujen reikien sydännäytteistä tehtiin petrofysikaaliset mittaukset systemaattisesti siten, että täysien syvyysmetrien kohdalta mitattiin tiheys (D), susceptiivisuus (S) ja remanenssin intensiteetti (R) sekä induktiivinen ominaisvastus. Yhteensä mitattiin 1686 näytettä.

Magneettista anomaliaa tulkittiin kolmella tavalla. Mallinnusten mukaan näyttää mahdolliselta, että syvyyttä magneettisen anomalian aiheuttajalla on moninkertaisesti kairauksella todettua 200 metriä enemmän. Tälle syvyydelle laskettua magneettisesti anomaalista massaa on ~100 Mt. Anomalian perusteella Kortejärven karbonaatti on jakautunut kahteen kappaleeseen; Pienempään ja kapeampaan pohjoisosaan sekä suurempaan ja leveämpään eteläiseen osaan, joiden väliin jää noin 100–150 m leveä aukko.

2.2 Syväkairaus

Kortejärven karbonaattiin on kairattu yhteensä yhdeksän reikää, kokonaispituudeltaan 1525.75 metriä (taulukko 1), mistä maakairausta on 124 metriä. Magneettisen anomalian pohjoisosaan kairattiin vuonna 2010 reikä S5212010R4 (tästä eteenpäin raportissa reikä tunnus lyhennetään muotoon R4). Kairaussuunta poikkesi myöhemmistä rei'istä ollen itään/itäkaakkoon (103).

Varsinainen kairausohjelma toteutettiin vuosina 2013–2014, jolloin käytössä olivat systemaattisen magneettisen maastomittauksen tulokset. Ohjelmassa kairattiin reiät R10–R17. Kairaus suunniteltiin neljälle profiilille anomalian poikki. Magneettisen mittauksen pohjalta magneettisesta kappaleesta mallinnettiin poikkileikkaus ja siihen suunniteltiin kahden reiän profiili. Tavoitteena oli lävistää magneettisen kappaleen (karbonaatin) molemmat kontaktit sekä etummaisella että taemmalla reiällä (kuvat 7–10).

Taulukko 1. Kortejärven syväkairaukset.

| Reikä tunnus <i>HoleID</i> | X <i>Northing*</i> | Y <i>Easting*</i> | Z | Suunta ° <i>Azimuth</i> | Lähtökaltevuus ° <i>Dip at Start</i> | Syvyys (m) <i>End Depth</i> | Analyysitilaus <i>Assay Batch</i> |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------|--------|-------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|
| S5212010R4 | 7307935.29 | 529496.12 | 232.60 | 103 | 45** | 155.3 | 502911, 506458 |
| S5212013R10 | 7307581.98 | 529504.98 | 232.68 | 280 | 51.2 | 133.6 | 47618, 47710 |
| S5212013R11 | 7307572.26 | 529556.66 | 239.47 | 280 | 50.8 | 152.2 | 47618, 47710 |
| S5212013R12 | 7307035.00 | 529522.72 | 203.11 | 274 | 45.2 | 161.35 | 47624, 47710 |
| S5212013R13 | 7307033.63 | 529542.51 | 206.36 | 274 | 65.9 | 227.2 | 47624, 47710 |
| S5212013R14 | 7306643.07 | 529435.51 | 197.42 | 274 | 52.3 | 167.2 | 47638, 47710 |
| S5212013R15 | 7306639.08 | 529485.49 | 197.51 | 274 | 51.3 | 197.2 | 47638, 47710 |
| S5212013R16 | 7306193.25 | 529397.52 | 193.08 | 274 | 50.0 | 137.6 | 47636 |
| S5212013R17 | 7306189.26 | 529447.50 | 194.95 | 274 | 50.1 | 194.1 | 47636 |
| | | | | | | 1525.75 | |

* EUREF FIN TM35FIN

** Reiän S5212010R4 kaltevuutta ei ole mitattu

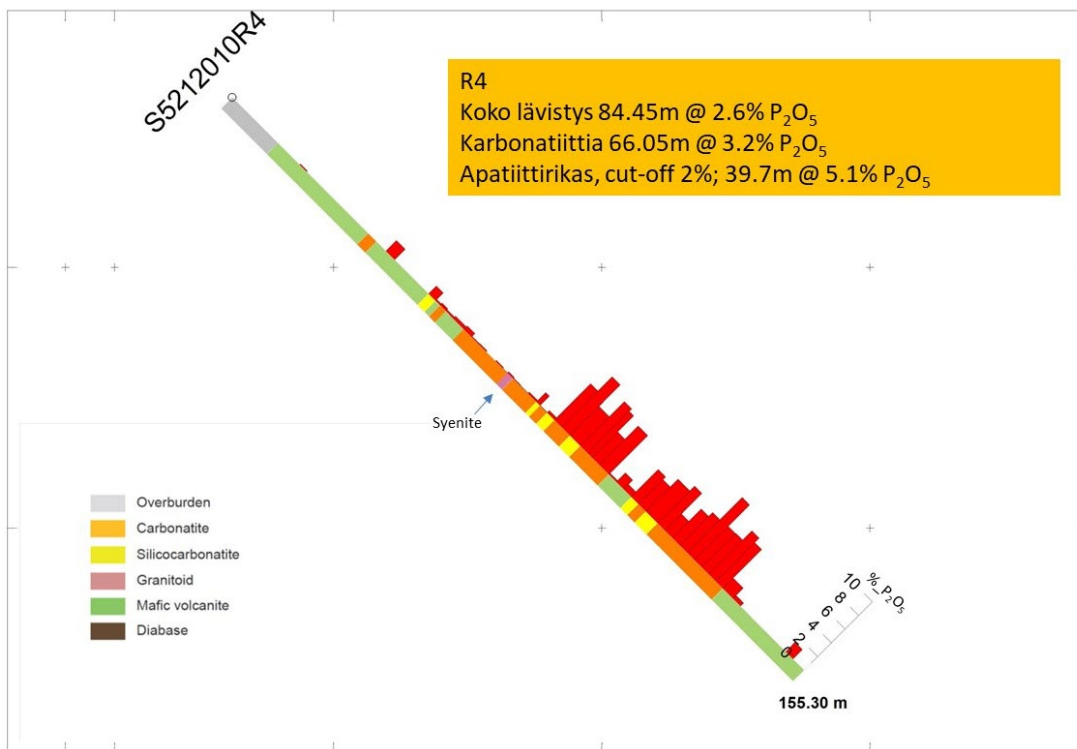
19.4.2024

Kairaus toteutui pääosin suunnitellusti. Pohjoisessa lävistettiin reikien R10 ja R11 muodostamalla profiililla yhtenäinen noin 35 m paksu karbonaatti. Myös aiemmin pohjoiseen lohkon kairattu R4 lävisti melko yhtenäisen, arviolta noin 50 m paksun karbonaatin. Reiän R4 lähes 80 metrin lävistys johtuu poikkeavasta kairaussuunnasta, joka leikkaa karbonaattia loivemmalla kulmalla.

Eteläinen lohko lävistettiin kolmella profiililla, joista pohjoisimpana rei'illä R12 ja R13 lävistettiin noin 125 metriä paksu karbonaattivyöhyke. Lohkon keskiosassa karbonaattivyöhyke lävistettiin rei'illä R14 ja R15, lohkon eteläosassa puolestaan rei'illä R16 ja R17. Näillä profiileilla vyöhykkeen paksuus oli noin 90 metriä.

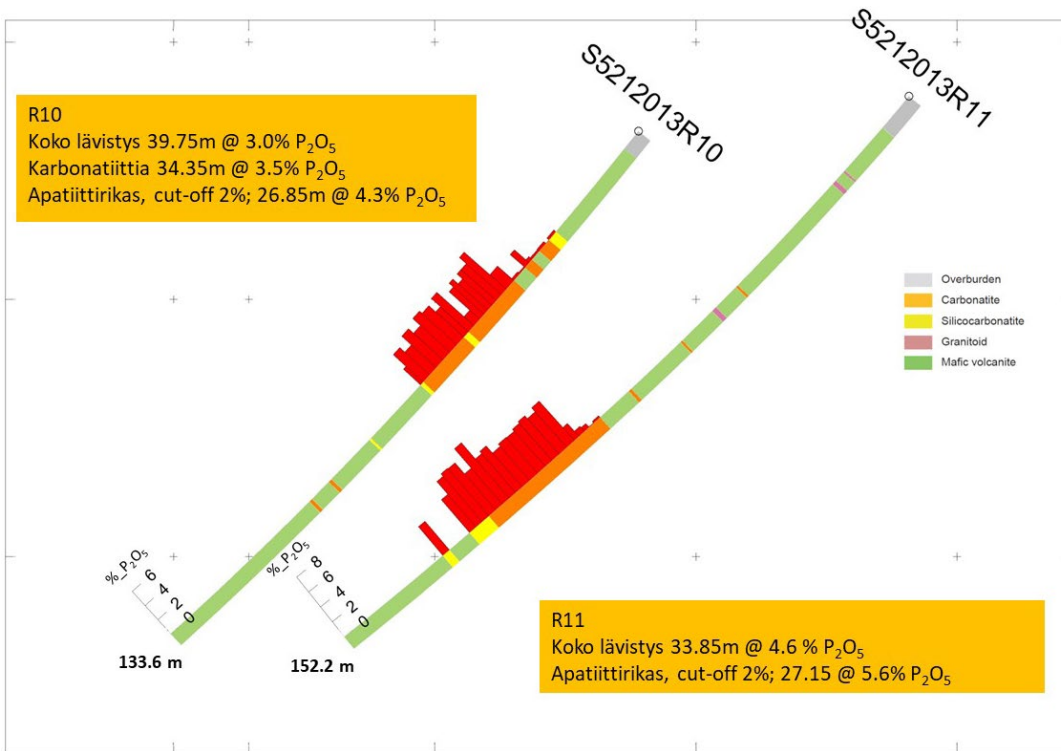
Karbonaattivyöhyke sisältää pääosin kalsiitti- ja dolomiittikarbonaattiteja sekä flogopiitista koostuvia glimmeriittejä. Lisäksi vyöhykkeen sisällä on runsaasti sulkeumina mafista vulkaniittia, joka on peräisin sivukivistä.

Kairareikien sijainti magneettiseen anomaliaan nähden on esitetty kuvassa 4. Kuvissa 6–10 on esitetty poikkileikkausprofiilit, joihin on merkitty kivilajit sekä P_2O_5 -pitoisuudet. Lisäksi kuvissa on fosforilävistysten pitoisuus- ja pituustiedot.

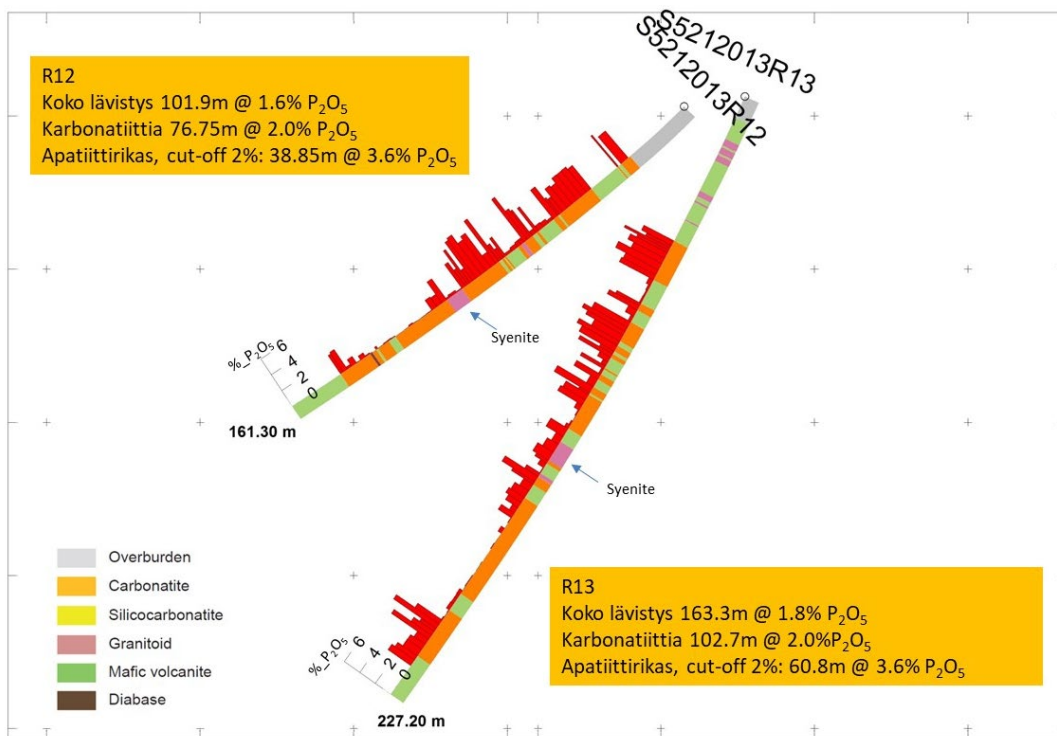


Kuva 6. Poikkileikkausprofiili reiästä S5212010R4.

19.4.2024

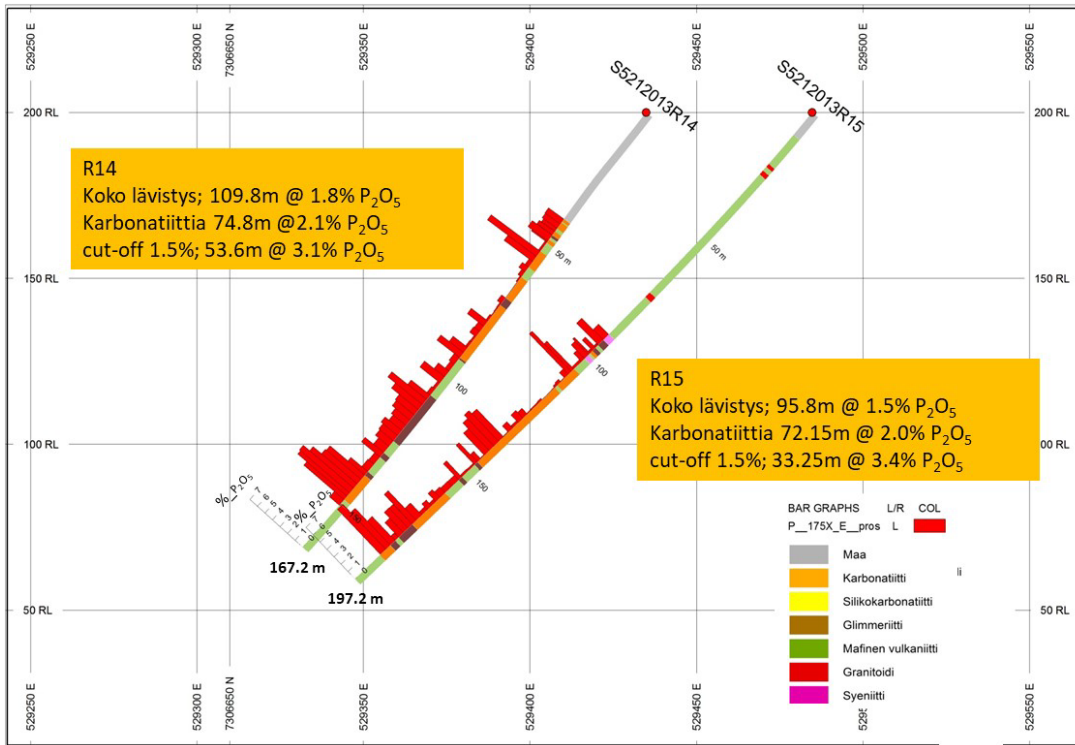


Kuva 7. Poikkileikkausprofiili rei'istä S5212013R10 ja S5212013R11.

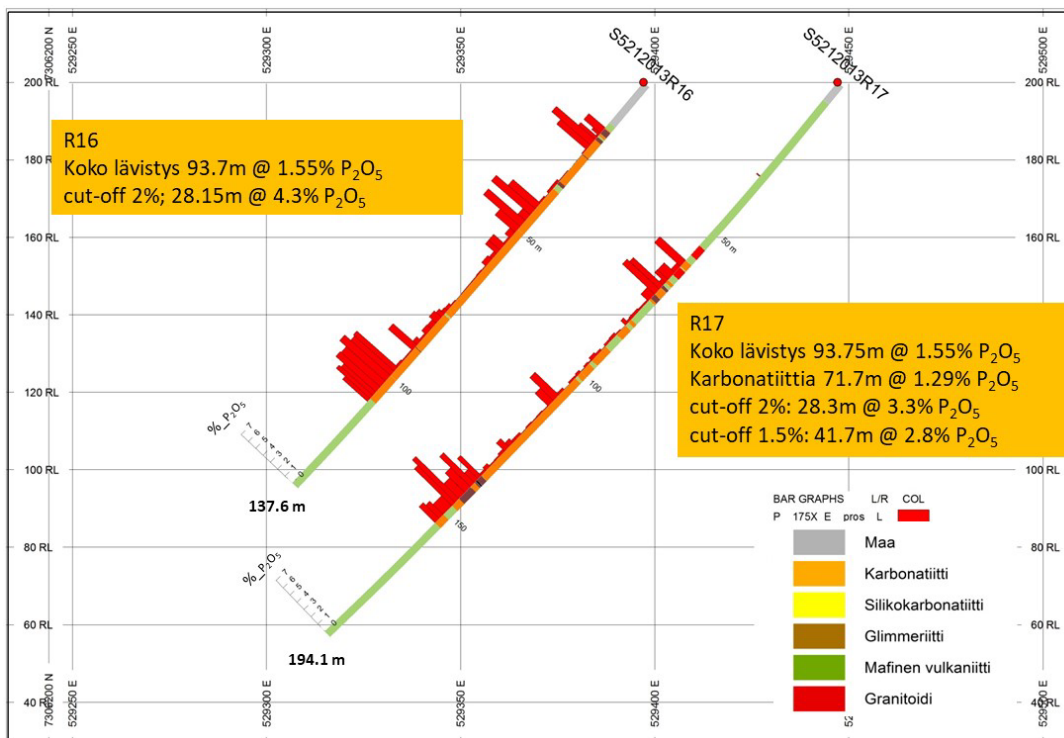


Kuva 8. Poikkileikkausprofiili rei'istä S5212013R12 ja S5212013R13.

19.4.2024



Kuva 9. Poikkileikkausprofiili rei'istä S5212013R14 ja S5212013R15.



Kuva 10. Poikkileikkausprofiili rei'istä S5212013R16 ja S5212013R17.

19.4.2024

2.3 Kemialliset analyysit

Kairasydämistä analysoitiin systemaattisesti karbonaattivyöhykkeen kivet, mukaan lukien niiden sisältämät silikaattikiviosuudet. Yhteensä näytteitä oli 459 ja niiden analyysit tehtiin vuosina 2013–14 Labtium Oy:ssä. Kaikille näytteille tehtiin monialkuainemääritys XRF-menetelmällä (briketti, menetelmäkoodi 175X-R tai 175X-E) sekä hiilen määritys hiilianalyssaattorilla (menetelmäkoodi 811L).

Systemaattisen näytteenoton lisäksi vuonna 2016 tehtiin 17 kpl eri kivilajien tyyppinäytteelle perusteellisemmat analyysit tilausnumerolla 47710. Menetelminä olivat monialkuainemääritys XRF-menetelmällä (briketti, menetelmäkoodi 176X), nelihappoliuotus + alkuaineiden määritys ICP-MS-tekniikalla (menetelmäkoodi 306M), kuningasvesiliuotus 90°C:ssa + monialkuainemääritykset ICP-MS-tekniikalla (menetelmäkoodi + 511M) ja ICP-OES-tekniikalla (menetelmäkoodi + 511P) sekä hiilen määritys hiilianalyssaattorilla (menetelmäkoodi 811L).

Vuonna 2010 kairatun reiän R4 näytteille tehtiin XRF-monialkuainemäärityksen lisäksi natriumperoksidi-sulatteen 0.2 g alinäytteestä monialkuainemääritykset ICP-MS-tekniikalla (menetelmäkoodi 720M-E) sekä ICP-OES-tekniikalla (menetelmäkoodi 720Pp-E). Nämä analyysit tehtiin 44 näytteelle vuonna 2012, tilausnumerolla 506458.

Pääalkuaineiden pitoisuudet saatiin XRF-monialkuainemäärityksistä (175/176X) ja menetelmä antoi fosforipitoisuuden luotettavasti. XRF-menetelmällä saatiin selville harvinaisista maametalleista lantaanin (La), ceriumin (Ce) ja yttriumin (Y) pitoisuudet. Perusteellinen hivenalkuaineiden ja harvinaisten maametallien määritys on tehty 17 tyyppinäytteelle ICP-MS- ja ICP-OES-menetelmillä, sekä nelihappoliuotuksesta (306P) että kuningasvesiliuotuksesta (511M + 511P). Hivenalkuaineet ja harvinaiset maametallit sisältyivät myös vuoden 2012 ICP-MS- ja ICP-OES-analyysihin reiästä R4.

Kairareiät ja niihin liittyvät analyysitilausnumerot on esitetty taulukossa 1. Alkuperäiset analyysitulokset ja analyysien metadata ovat erillisessä aineistotallenteessa.

2.4 Apatiitin rikastuskokeet

Rikastuskokeiden tulokset on raportoitu aineistotallenteen raportissa (Niemistö et al. 2015). Rikastuskokeita varten kerättiin noin 20 kg näyte Kortejärven pohjoiselta karbonaattilohkolta, reiän R4 kairasydämistä syvyydeltä 108.30–133.20. Syötteen P₂O₅ -pitoisuudeksi määritettiin XRF-menetelmällä 5.14 %, mikä vastaa 12 % apatiittipitoisuutta.

Vaahdotuskokeita tehtiin 12 kappaletta. Esiintymän koetulokset olivat rohkaisevia ja yhdessä kokeessa onnistuttiin rikastamaan kaupallista laatua oleva apatiittirikaste, jossa P₂O₅-pitoisuus oli 39,1 %, saanti tosin melko vaatimaton 43,4 %.

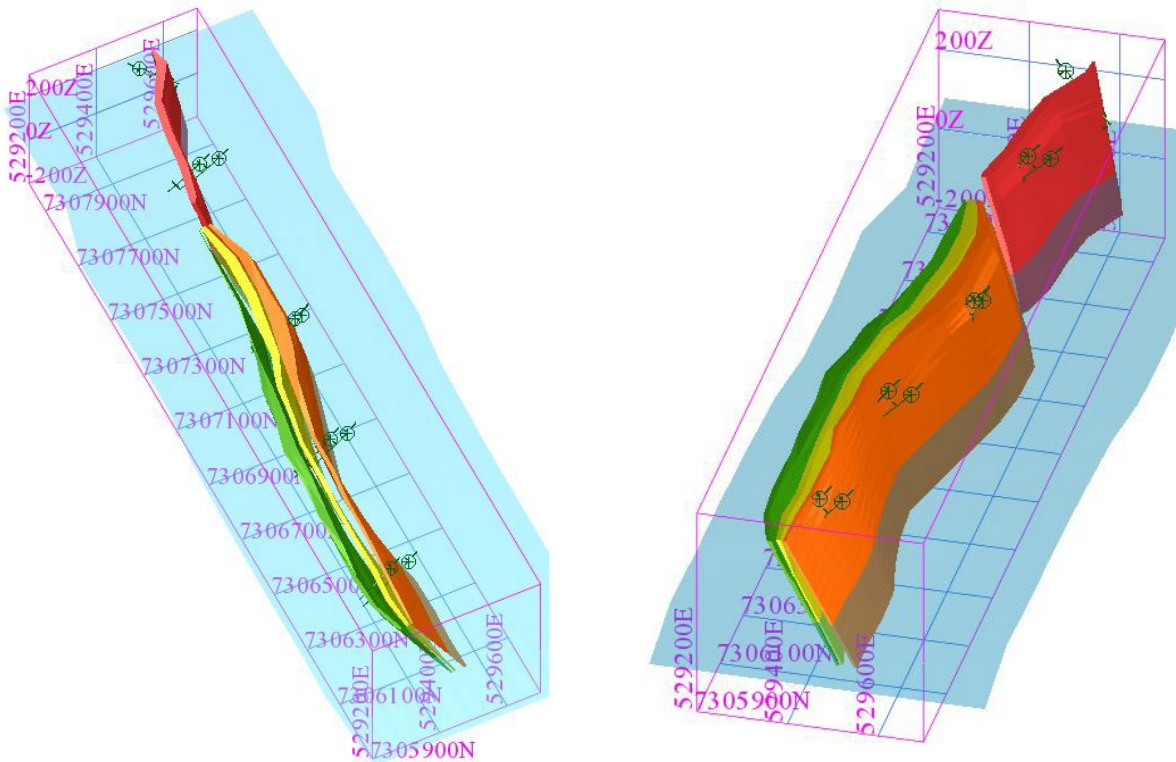
2.5 Varantoarvio

Kortejärven karbonaattista on Lepistö (2015) tehnyt luokittelemattoman (non-standard) arvion kohteen fosforivarannosta. Arvio on luokiteltu UNFC:n mukaisesti liitteessä 2. Arvion perustana oleva malli perustui kairauksiin sekä magneettiseen maanpintamittauksen tulkintaan. Resurssimalli toteutettiin "inverse distance" menetelmällä 5m x 5m x 5m blokkikokoa käyttäen. Pohjoisemmassa blokissa apatiittimineralisaatio vaikuttaisi muodostuvan yhdestä jatkuvasta vyöhykkeestä, kun taas

19.4.2024

eteläisemmässä blokissa mineralisaatio näyttäisi jakautuvan kolmeen eri vyöhykkeeseen, jotka on nimetty länsi-, keski- ja itävyöhykkeeksi.

Mallinnuksen perusteella Kortejärven karbonaattiin kokonaismassa kallion pinnasta 0 m (mpy) tasolle on 82.4 miljoonaa tonnia (Mt). Käytettäessä 2.00 % cut-off arvoa, sisältävät mineralisoituneet domainit yhteensä 40.54 Mt @ 3.08 % P₂O₅. Tämä varanto sisältää 1.25 Mt P₂O₅.



Kuva 11. Kortejärven mineralisoituneet vyöhykkeet kolmiulotteisesti visualisoituina. Vihreä = länsivyöhyke, keltainen = keskivyöhyke, oranssi = itävyöhyke ja punainen = pohjoisvyöhyke. Sinisellä ruudukolla 0 m taso. *Shapes and extents of the mineralized domains visualized in three dimensions. Green = West domain, Yellow = center domain, Orange = east domain and Red = north domain. Blue plane marks 0m level plane.* Lepistö (2015), kuva 4.

19.4.2024

3 KORTEJÄRVEN APATIITTIESIINTYMÄ

Kairausten ja geofysiikan mallinnuksen perusteella Kortejärven karbonatiitti on noin 2 km pitkä ja 30–120 m leveä. Karbonatiitti jakautuu kahteen lohkoon, joista pohjoinen on 550 m pitkä ja 30–50 m leveä, eteläinen puolestaan 1550 m pitkä ja 90–120 m leveä. Kappaleiden väliin jää noin 150 m leveä aukko. Yhdessä ne muodostavat etelä-pohjoissuuntaisen, jyrkästi itään kaatuvan yksikön.

3.1 Petrografia ja geokemia

Kortejärven karbonatiitin yleisimmät kivilajit ovat dolomiitti- ja kalsiittikarbonatiitit ja niiden yhdistelmät sekä glimmeriitti. Lisäksi harvinaisempia kivilajeja ovat oliviini-magnetiitti-karbonaattikivi ja syeniitti. Karbonatiitin sisällä on runsaasti sivukivistä peräisin olevaa mafista vulkaniittia sulkeumina. Taulukossa 2 on esitetty eri kivilajien prosenttiosuudet karbonaattivöhykkeen kairasydänlävistyksissä koko muodostumalle ja myös pohjoiselle ja eteläiselle lohkolle erikseen. Taulukko osaltaan osoittaa pohjoisen lohkon olevan koostumukseltaan yhtenäisempi eteläiseen lohkoon verrattuna.

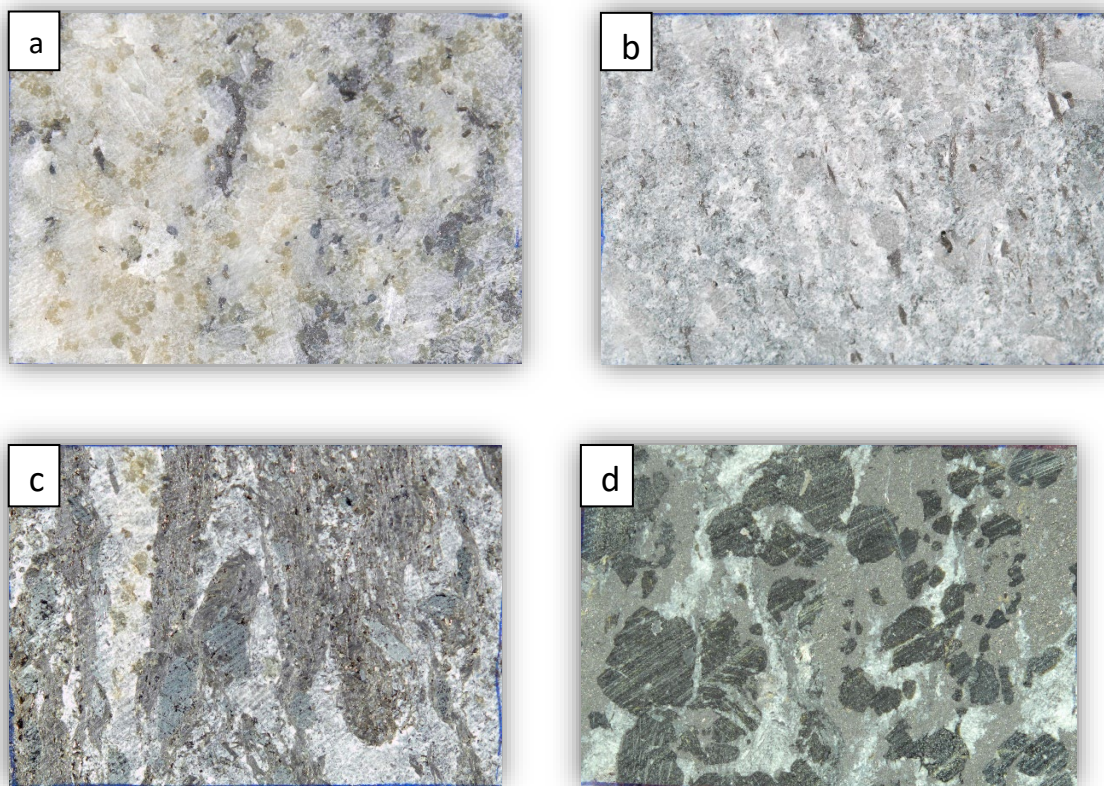
Taulukko2. Karbonaattivöhykkeen eri kivilajien %-osuudet kairasydänlävistyksissä.

| | Karbonatiitti | Glimmeriitti | Mafinen vulkaniitti | Syeniitti | Oliiviini-magnetiitti-karbonaattikivi | Granitoidi+diabaasi |
|-----------------|---------------|--------------|---------------------|------------|---------------------------------------|---------------------|
| Pohjoinen lohko | 87.6 | 3.4 | 8.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| Eteläinen lohko | 64.6 | 8.6 | 21.5 | 2.8 | 1.8 | 0.8 |
| Yhteensä | 68.8 | 7.6 | 19.0 | 2.4 | 1.5 | 0.7 |

Varsinaisissa karbonatiiteissa esiintyy sekä dolomiitti- että kalsiittikarbonaattiteja, ja niiden erilaisia sekoituksia. Yleensä *karbonatiitit* ovat vaaleita pieni-keskirakeisia kiviä ja niissä esiintyy karbonaattien lisäksi päämineraaleina apatiittia, flogopiittia, oliviinia/serpentiiniä ja magnetiittia. Aksessorisina mineraaleina esiintyy zirkonia, amfibolia (aktinoliitti), pyrokseenia (egiriini) ja magneettikiisua. Mineraalien keskinäiset suhteet vaihtelevat melko paljon. Asultaan raitaiset *glimmeriitit* koostuvat valtaosin flogopiitista. Muita päämineraaleja niissä on karbonaatteja, apatiittia ja ominaisuuksiltaan vaihtelevaa amfibolia (tremoliitti, aktinoliitti, arfvedsoniitti). Suluissa mainitut amfibolin ja pyrokseenin määritykset perustuvat pelkästään ohuthietarkasteluun, eikä niistä ole tehty mikroanalyysejä.

Harvinaisempiin kivityyppihin kuuluu *oliiviini-magnetiitti-karbonaattikivi*, mikä nimensä mukaisesti koostuu karbonaateista, magnetiitista ja oliviinista, joka on paikoin täysin serpentiiniytynyt. Omamuotoista oliviinia/serpentiiniä sekä magnetiittia esiintyy myös muualla karbonatiiteissa. Ainoa Kortejärvellä tavattava silikaattinen peralkalinen kivi on karkearakeinen *syeniitti*, jota lävistettiin rei'issä R12, R13 ja R15. Kivi koostuu kalimaasälvästä, missä on plagioklaasia pertiittisinä suotaumina. Lisäksi syeniitissä esiintyy sekä alkalista pyrokseenia (egiriini) että amfibolia (arfvedsoniitti).

19.4.2024



Kuva 14. Kortejärven karbonaattivyöhykkeen kivilajeja. a) Dolomittikarbonaatti (apatiitti kellanvihreinä rakeina), R15 172.10 b) kalsiittikarbonaatti, R15 110.20 c) glimmeriitti, R15 174.60 ja d) oliviini-magnetiitti-karbonaattikivi, R15 124.90. Näytteiden koko on noin 25 x 35 mm.

Taulukkoon 3 on koottu eri tyyppikivilajien kemiallisia koostumuksia. Mukana ovat pääalkuaineiden lisäksi myös harvinaiset maametallit (REE) sekä valikoidusti muita hivenalkuaineita. Pääalkuaineiden koostumukset vaihtelevat erittäin paljon johtuen luonnollisesti mineraalikoostumuksen vaihteluista. Huomionarvoisia ovat dolomiittikarbonaatin korkea P_2O_5 -pitoisuus ja vastaavasti kalsiittikarbonaatin hyvin alhainen pitoisuus. Hivenalkuaineista mainittakoon syeniitin Ba-pitoisuus, joka nousee korkeimmillaan lähes 1 %:iin. REE-pitoisuuksista on tarkemmin kappaleessa 3.3.

19.4.2024

Taulukko 3. Kortejärven tyyppikivilajien kemiallisia koostumuksia.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Menetelmä koodi | Yksikkö |
|--------------------------------|---------|---------|------|------|---------|--------------------|---------|
| SiO ₂ | 2.19 | 2.6 | 32.9 | 60.6 | 11.4 | 176X | % |
| Al ₂ O ₃ | 0.3 | 0.22 | 8.3 | 16 | 0.3 | 176X | % |
| Fe ₂ O ₃ | 6.0 | 6.5 | 11.0 | 2.0 | 36.0 | 176X | % |
| MnO | 0.27 | 0.16 | 0.10 | 0.02 | 0.21 | 176X | % |
| MgO | 14.6 | 3.8 | 17.2 | 1.3 | 16.1 | 176X | % |
| CaO | 32.4 | 44.7 | 9.9 | 3.7 | 24.3 | 176X | % |
| Na ₂ O | <0.0674 | <0.0674 | 0.37 | 3.4 | <0.0674 | 176X | % |
| K ₂ O | 0.16 | 0.08 | 6.57 | 8.98 | 0.14 | 176X | % |
| TiO ₂ | 0.07 | 0.23 | 0.49 | 0.02 | 1.16 | 176X | % |
| P ₂ O ₅ | 6.34 | 0.08 | 2.77 | 0.60 | 0.19 | 176X | % |
| C | 9.61 | 10.40 | 1.24 | 0.39 | 5.16 | 811L | % |
| La | 126 | 140 | 73 | 12 | 66.9 | 306M | ppm |
| Ce | 333 | 320 | 182 | 30 | 159 | 306M | ppm |
| Pr | 47.7 | 41.3 | 24 | 3.9 | 20.9 | 306M | ppm |
| Nd | 205 | 169 | 100 | 16.5 | 86.9 | 306M | ppm |
| Sm | 36.9 | 31 | 17.8 | 3.1 | 16.5 | 306M | ppm |
| Eu | 9.7 | 8.58 | 4.94 | 1.6 | 4.81 | 306M | ppm |
| Gd | 27.6 | 25.3 | 13.6 | 2.38 | 13.4 | 306M | ppm |
| Tb | 3.03 | 3.06 | 1.54 | 0.28 | 1.65 | 306M | ppm |
| Dy | 12.7 | 14.3 | 6.74 | 1.26 | 7.85 | 306M | ppm |
| Y | 37 | 54.5 | 20.8 | 3.71 | 27.9 | 306P | ppm |
| Ho | 1.8 | 2.3 | 1.01 | 0.19 | 1.26 | 306M | ppm |
| Er | 3.74 | 5.22 | 2.21 | 0.42 | 2.97 | 306M | ppm |
| Tm | 0.34 | 0.56 | 0.22 | 0.05 | 0.33 | 306M | ppm |
| Yb | 1.59 | 2.97 | 1.13 | 0.24 | 1.74 | 306M | ppm |
| Lu | 0.19 | 0.39 | 0.14 | 0.05 | 0.24 | 306M | ppm |
| Sc | 9.02 | 18.2 | 6.71 | 9.49 | 19 | 306M | ppm |
| U | 0.287 | <0.2 | 0.37 | 0.29 | <0.2 | 306M | ppm |
| Th | 0.62 | <0.5 | 1.23 | 1.15 | <0.5 | 306M | ppm |
| Ba | 31.8 | 88.4 | 703 | 6690 | 142 | 306P | ppm |
| Zr | 7.48 | 24.6 | 6.81 | 47.3 | 78.7 | 306P | ppm |
| Rb | 13.8 | 6.07 | 374 | 207 | 9.23 | 306M | ppm |
| Sr | 2820 | 1650 | 897 | 373 | 1270 | 306P | ppm |
| TREE+Y | 845 | 816 | 448 | 75 | 411 | 306M+P | ppm |

Näytteet

- 1: S5212013R10 41.20-41.40; Dolomiittikarbonaatti
- 2: S5212013R11 89.00-89.20; Kalsiittikarbonaatti
- 3: S5212013R14 112.00-112.20; Glimmeriitti
- 4: S5212013R13 131.00-131.20; Syeniitti
- 5: S5212013R15 125.00-125.20; Oliiviini-magnetiitti-karbonaattikivi

19.4.2024

3.2 Apatiitin esiintyminen ja P₂O₅-pitoisuudet

Kortejärven karbonaatiissa apatiitin esiintyminen on keskittynyt voimakkaasti dolomittikarbonaateihin, kun taas kalsiittikarbonaattit ovat useimmiten apatiittiköyhiä tai lähes siitä tyhjiä. Dolomittikarbonaatiissa apatiitti esiintyy tyypillisesti melko tasaisena, selvästi erottuvana pyöreistä rakeista koostuvana piroitteena (kuva 14a ja 15). Myös glimmeriitissä apatiittia on yleensä kohtalaisesti tai jopa runsaasti. Korkeimmat analysoidut pitoisuudet ovat dolomiittikarbonaatiissa 7.7 % P₂O₅ ja glimmeriitissä 5.0 % P₂O₅.

Karbonaatiin dolomiitti ja kalsiittipitoisuudet sekä myös apatiittipitoisuus vaihtelevat suuresti eteläisen lohkon alueella. Sen sijaan pohjoisen lohkon kemiallinen koostumus ja apatiittipitoisuus ovat varsin yhtenäisiä ja pohjoisen lohkon voi tulkita olevan melko homogeeninen dolomiittikarbonaatiittiyksikkö. P₂O₅-pitoisuuden vaihtelu käy ilmi kuvista 6–10 sekä varantoarvioraportin poikkileikkauksista (Lepistö 2016, liite 1).



Kuva 15. Apatiittirikkaita dolomiittikarbonaattiteja. Vasemmalta oikealle R17 145.60, R15 172.10 ja R17 71.35. Sahaamalla halkaistujen kairasydänten leveys on 40 mm.

3.3 REE-pitoisuudet

Kortejärven REE-pitoisuuksia ei ole analysoitu systemaattisesti. Ainoastaan eri kivilajien tyyppinäytteille on tehty tarkat REE-määritykset menetelmällä 306M (tilausnumero 47710). Lisäksi Kaikista näytteistä on tehty XRF-analyysi, joka antaa lantaanin (La), ceriumin (Ce) ja yttriumin (Y) pitoisuudet. Näistä voidaan tehdä päätelmiä yleisestä REE-pitoisuuden tasosta ja sen vaihteluista.

Kivilajeista korkeimmat REE-pitoisuudet ovat karbonaateissa, joissa 11 näytteen keskimääräinen totaali-REE-pitoisuus on 704 ppm (max 942 ppm, min 551 ppm). Näistä keskimääräinen kevyiden (LREE) pitoisuus on 656 ppm ja raskaiden (HREE) 47 ppm. Keveiden osuus kaikista REE-alkuaineista on

19.4.2024

93 %, joten muodostuma on – karbonaateille tyypilliseen tapaan – rikastunut voimakkaasti LREE suhteen.

Reiästä R4 menetelmällä 720M määritetyissä karbonaateissa REE-pitoisuuden taso oli jonkin verran korkeampi; Keskimääräinen totaali-REE oli 33 karbonatiittinäytteelle 891 ppm (max 1184 ppm, min 489 ppm). Korkeampi pitoisuustaso näyttäisi johtuvan analyysimenetelmästä. Menetelmää 306M voidaan tässä tapauksessa pitää REE määrittelyssä luotettavampana.

Apatiittirikasteet analysoitiin XRF-menetelmällä ja parhaasta rikasteesta (39.1 % P_2O_5) saatiin ceriumin ja lantaanin vastaaviksi pitoisuuksiksi 1810 ppm ja 720 ppm. Syötteessä vastaavat pitoisuudet olivat 330 ppm ja 170 ppm. Apatiittirikasteen REE-pitoisuus on ainakin näiden kahden keveän REE-alkuaineen suhteen viisinkertainen kokokiven pitoisuuteen verrattuna.

4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kairausten ja geofysiikan mallinnuksen perusteella Kortejärven karbonatiitti on noin 2 km pitkä ja 30–120 m leveä. Karbonatiitti jakautuu kahteen lohkoon, joista pohjoinen on 550 m pitkä ja 30–50 m leveä, eteläinen puolestaan 1550 m pitkä ja 90–120 m leveä. Kappaleiden väliin jää noin 150 m leveä aukko. Yhdessä ne muodostavat etelä-pohjoissuuntaisen, jyrkästi itään kaatuvan yksikön.

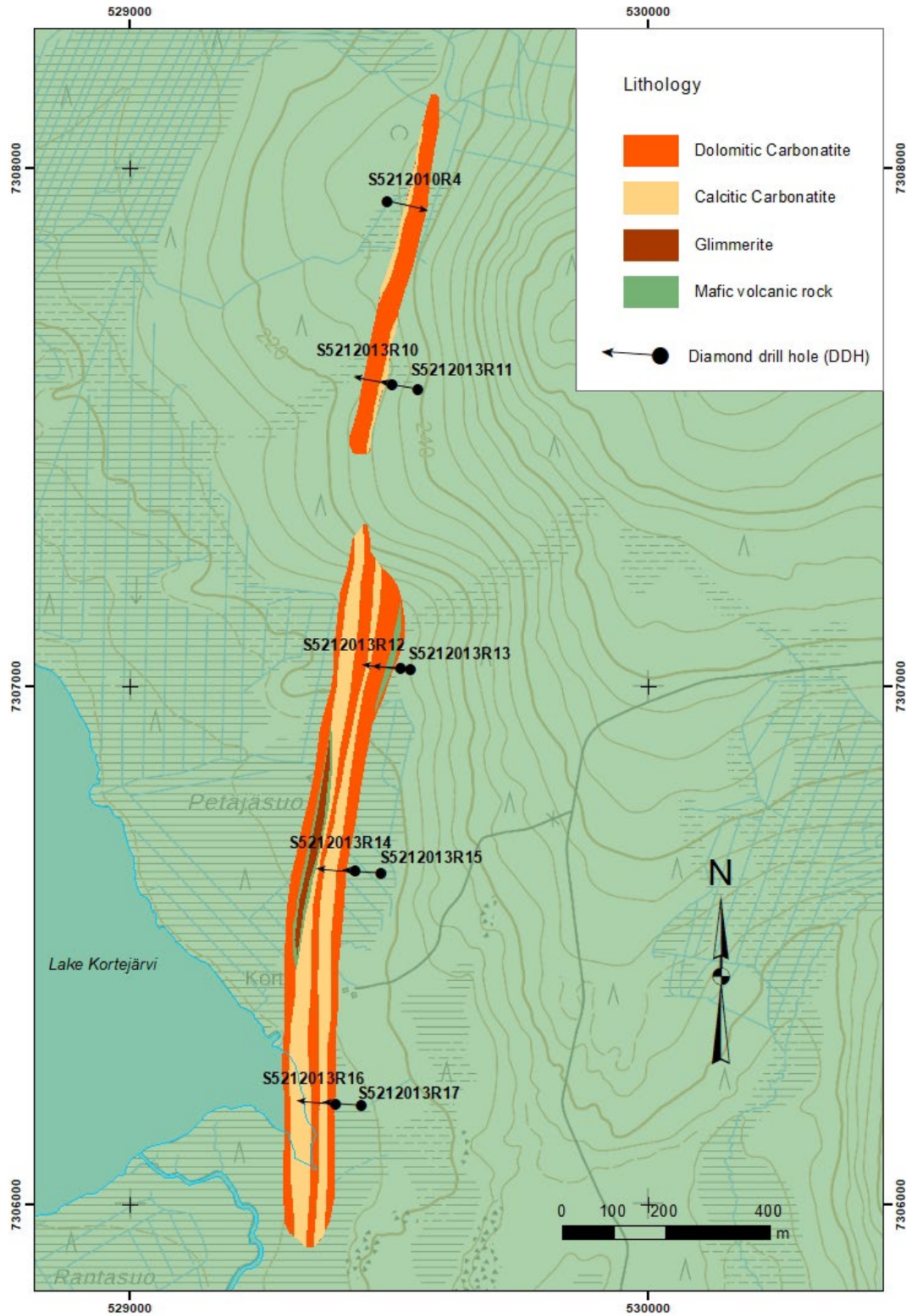
Kortejärven fosforivarannoksi on saatu 2 % cut-off arvolla 40.54 Mt @ 3.08 % P_2O_5 . Varantoarvio ei ole CRIRSCO-standardien mukainen. Varantoarviosta on erillinen raportti (Lepistö 2016) ja UNFC-arvio (liite 2). Fosforiesiintymänä Kortejärvi on melko pieni ja pitoisuudeltaan vaihteleva. Kuitenkin apatiittipitoisuudet nousevat parhaimmillaan 12–15 %:iin.

Kortejärven karbonatiitti muodostaa kompaktin ja selkeästi rajattavan geologisen yksikön. Voimakkaasti magneettinen kappale voidaan suurella varmuudella mallintaa ja rajata magneettisilla mittauksilla. Kairauksen tulokset sopivat hyvin tarkasti geofysiikan pohjalta tehtyihin malleihin.

Intruusion poikki on kairattu profiili viidestä kohtaa. Kairaustiheys on harva, mutta kattaa tasaisesti muodostuman alueen. Karbonatiittivyöhykkeet on systemaattisesti analysoitu fosforin suhteen, mutta REEn suhteen systemaattinen analytiikka puuttuu. Kuitenkin olemassa olevan analytiikan perusteella voidaan melko luotettavasti arvioida karbonatiitin keskimääräisen totaali-REE-pitoisuuden olevan noin 700 ppm, mistä yli 90 % on keveitä REE-alkuaineita. Siten Kortejärvi ei ole potentiaalinen REE varanto.

Mallinnuksen pohjalta on Kortejärveltä laadittu kallioperäkartta (kuva 16). Kartalla esitetyt karbonatiittiyksiköt ja niiden jaottelu dolomiitti- ja kalsiittikarbonaateihin perustuvat mallinnettuihin mineralisoituneisiin vyöhykkeisiin. Erillinen glimmeriittiyksikkö ja sulkeumana karbonaateissa esiintyvä mafisen vulkaniitin yksikkö on hahmoteltu kairauksen pohjalta.

19.4.2024



Kuva 16. Kortejärven karbonaatti-intruusion kallioperäkarta.

19.4.2024

KIRJALLISUUS

Al-Ani, T., Konnunaho, J., Sarapää, O. 2010. Microprobe analysis on REE-minerals of Enontekiö (Palkiskuru and Palovaara) and Kuusamo (Honkilehto) hydrothermal mineralizations and Kortejärvi-Laivajoki carbonatite, Northern Finland. GTK arkistoraportit, M42/2010/66. 20 s + 3 liites.

Kärki, A., Laajoki, K., & Luukas, J. 1993. Major Palaeoproterozoic shear zones of the central Fennoscandian Shield. *Precambrian Research* 64(1-4):207-223.

Lepistö, S. 2015. Non-standard phosphate resource estimation for the Kortejärvi Carbonatite deposit. GTK:n arkistoraportit 92/2015. 12 s. + 5 liites.

Lintinen, P. 2014. Preliminary results from new drillings and geochemical studies of the apatite deposits in the Kortejärvi and Petäikkö-Suvantovaara carbonatites, Pudasjärvi – Posio district, Northern Finland. *Geologian tutkimuskeskus, tutkimusraportti* 207, 100-103.

Lintinen, P. 2016. Tutkimustyöselostus Posion kunnassa ja Pudasjärven kaupungissa sijaitsevalla malminetsintäalueella Petäikkö-Suvantovaara 1 (tunnus ML2012:0214-01) vuosina 2011 - 2013 suoritetuista apatiitti- ja REE-tutkimuksista. GTK:n arkistoraportit, 72/2016, 14 s.

Makkonen, V. 1971. Laivajoen anomalian tutkimukset Etelä-Posiolla. Outokumpu Oy:n malminetsinnän raportit. OKU_573.

Makkonen, V. 1973. Kortejärven alueen jatkotutkimukset kesällä 1972. Outokumpu Oy:n malminetsinnän raportit. OKU_566.

Niemistö, M., Lintinen, P. 2015. Kortejärven karbonaattiin vaahdotuskokeet. GTK:n arkistoraportit, MT/2015/9. 7 s + 38 liitesivua.

Nykänen, J. 1993. Pudasjärven Kortejärven ja Posion Laivajoen proterotsooisten karbonaattien geologia, mineralogia ja geokemia. Pro-gradu tutkielma, Oulun yliopisto, geologian laitos. 60 s.

Nykänen, J., Laajoki, K., Karhu, J. 1997. Geology and geochemistry of the early Proterozoic Kortejärvi and Laivajoki carbonatites, central Fennoscandian Shield, Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 69.1-2 : 5-30.

O'Brien, H. (2015). Chapter 4.1 - Introduction to carbonatite deposits of Finland. In W. D. M. L. O'Brien (Ed.), *Mineral deposits of Finland* (pp. 291-303) Elsevier.

Räsänen, J. (comp.) ; Iljina, Markku (comp.) ; Karinen, Tuomo (comp.) ; Lauri, Laura (comp.) ; Salmirinne, Heikki (comp.) ; Vuollo, Jouni (comp.), 2004. Geologic map of the Koillismaa area, Northeastern Finland 1 : 200 000. *Special Maps Vol 59*.

19.4.2024

Sarapää, O., Ahtola, T., Al-Ani, T., Grönholm, S., Karvinen, A., Kärkkäinen, N., Lahti, S., Lintinen, P., Torppa, A., Turunen, P. 2013. Hi-tech-metallitutkimukset Suomessa vuosina 2009–2012. GTK:n arkistoraportit. 161/2013.

Sarapää, O., Lintinen, P., Ahtola, T., Al-Ani, T. 2016. Kriittisten mineraalien tutkimukset Suomessa vuosina 2013–2015. GTK:n arkistoraportit. 53/2016.

LIITTEET

Liite 1. Aineistolienne

Liite 2. UNFC varantoluokittelu

19.4.2024

Liite 1

Aineistotalenne

1 CLAIM AREAS

- Malminetsintä lupa-alueen ML2015:0018 rajausta shp-tiedostona

[ML2015_0018_PermitArea.shp](#)

2 DOCUMENTS

- Raportti geofysiikan ja petrofysiikan tutkimuksista (Turunen 2016): [5_2016.pdf](#)
- Raportti karbonaattien vaahdotuskokeista (Niemistö & Lintinen 2015): [mt_2015_9.pdf](#)
- Varantoarvioraportti (Lepistö 2016): [92_2015.pdf](#)

3 DRILLINGS

- Assays -> Excel_files (alkuperäiset analyysitiedostot)

[ML2015_0018_Analysisdata_47618.xls](#)

[ML2015_0018_Analysisdata_47624.xls](#)

[ML2015_0018_Analysisdata_47636.xls](#)

[ML2015_0018_Analysisdata_47638.xls](#)

[ML2015_0018_Analysisdata_47710.xls](#)

[ML2015_0018_Analysisdata_502911.xls](#)

[ML2015_0018_Analysisdata_506458.xls](#)

- Downhole_soundings_and_core_measurements -> petrophysics (petrofysiikan tulokset)

[K_S521_2012_petrophysics.xlsx](#)

[K_S521_2013_petrophysics.xlsx](#)

- DrillCore_photos (kairasydänvalokuvat)

- Kairausten metadatatiedosto (Tukes Template 7):

[ML2015_0018-01_Template7_Dh_ch_sampling_data_18042024.xlsx](#)

4 GROUND GEOPHYSICS

- Magneettisen maastomittauksen tulokset: [13mg354109_1.xyz](#); [13mg354207_1.xyz](#)
- VLF-R mittauksen tulokset: [13vr354109_1.xyz](#)
- Geofysiikan metadatatiedosto: [Kortejärvi_Geofysiikka.xlsx](#)

19.4.2024

Liite 2

UNFC luokittelu

Appendix in: Non-standard phosphate resource estimation for the Kortejärvi Carbonatite deposit

Mapping of Kortejärvi deposit P resources into UNFC-2019

Authors: Tuomas Leskelä

Table 1. UNFC categories for the Kortejärvi occurrence.

| UNFC-2019 mapping of Kortejärvi P deposit March 2024 | | | | | |
|--|--------------------|--|-----------------|---|-----------------------------|
| Original | UNFC-2019 category | Cut Off | Tonnes | Grade | Density |
| Non-classified block model resource | E3.2;F3.1;4 | P₂O₅ 2,0% | 40,54 Mt | 3,08% P₂O₅ | 2,9 g/cm³ |

19.4.2024

Table 2. UNFC categories, definitions and evidence for each UNFC axis.

| Category | Category definition | Evidence |
|----------|---|---|
| E3.2 | <i>Environmental-socio-economic viability cannot yet be determined due to insufficient information.</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Project has not progressed to a stage where environmental impact assessment would be performed • Environmental-socio-economic viability cannot yet be determined |
| F3.1 | <i>Site-specific studies have identified a potential development with sufficient confidence to warrant further testing.</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Project has not progressed to a stage where technical feasibility would be evaluated |
| G4 | <i>Product quantity associated with a Prospective Project, estimated, or postulated primarily on indirect evidence.</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Resource not compliant with CRIRSCO-standards • Only laboratory QA/QC protocols in sampling • Relatively sparse drilling data • Density based on average density of intrusion rock samples, measured in 1m intervals |

Further notes:

- 1) The resource is based on the results of block-modelling of the Kortejärvi occurrence.
- 2) The Kortejärvi occurrence is considered a **Prospective Project** and therefore has no demonstrated potential economic viability.
- 3) Continuities of the mineralization are assumed between profiles with more than 350 meters of spacing, though the intersected mineralization seems to be consistent between profiles. Sparse drilling and lack of proper QA/QC protocols do not allow for a higher geological confidence than G4.

References:

UNECE (2019) United Nations Framework Classification for Resources Update 2019 (UNFC-2019). Available at: https://unece.org/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/publ/UNFC_ES61_Update_2019.pdf