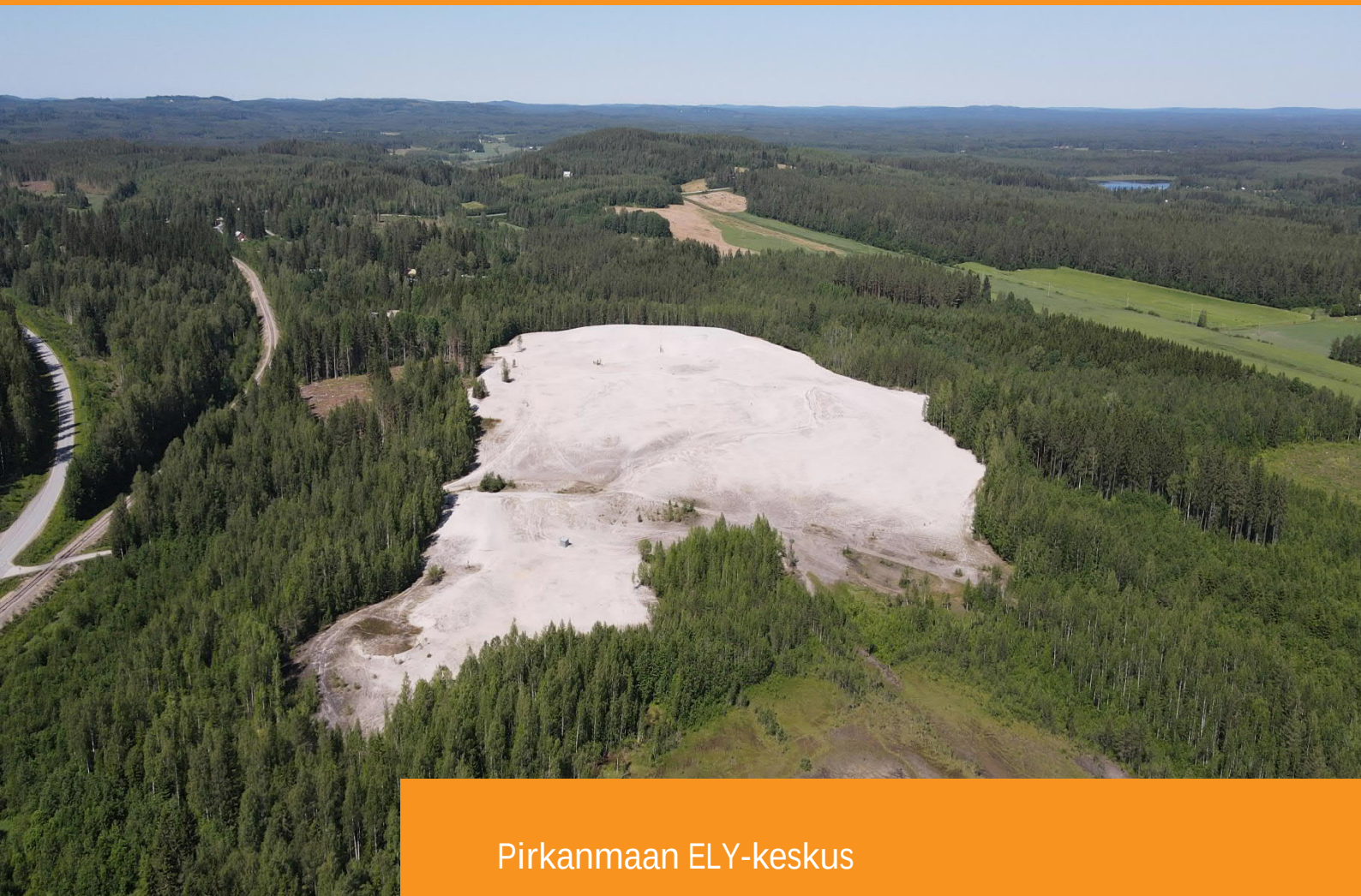




Pirkanmaan ELY-keskus

KAJAK-PILOTOINTI
RAAKA-AINEPOTENTIAALIN SELVITTÄMINEN
MÄTÄSVAARA, LIEKSA

11.12.2024

PIRKANMAAN ELY-KESKUS

Sanna Pyysing

sanna.pyysing@ely-keskus.fi

ENVINEER OY

Ari Kolehmainen

Pauliina Salonen

Emmi Nevalainen

Alexi Väänänen

Toni Alakangas

etunimi.sukunimi@envineer.fi

www.envineer.fi

Y-tunnus: 2850396-1

Projektinumero: 12308-004

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	5
2	Tutkimuskohde.....	7
2.1	Tutkimuskohteen valinta	7
2.2	Sijainti ja omistussuhteet.....	7
2.3	Historia.....	8
2.4	Nykyinen käyttö.....	10
2.5	Ympäristöolosuhteet	10
2.5.1	Maa- ja kallioperä	10
2.5.2	Pohja- ja orsivesi	11
2.5.3	Pintavedet	11
2.5.4	Suojelualueet.....	11
2.5.5	Asutus.....	11
3	Tutkimusten toteutus.....	11
3.1	Aiemmat tutkimukset	11
3.2	Tutkimukset 2024	13
3.2.1	Tutkimuspisteet	13
3.2.2	Näytteenotto	14
3.2.3	Näytteiden käsittely.....	15
3.2.4	Analytiikka	16
4	Tulokset ja niiden tarkastelu.....	17
4.1	Mineralogia	17
4.2	Alkuaineet	17
4.2.1	Vuoden 2024 tulokset	17
4.2.2	Vuosien 2021 ja 2024 tulosten vertailu	20
4.2.3	Jalometallit	21
4.3	Tiheys	22
4.4	Raekoko.....	23
4.5	Haponmuodostus	25
5	Laadunvalvonta.....	26
5.1	Laadunvalvonnan toteutus	26
5.2	Referenssinäytteiden tulokset	26

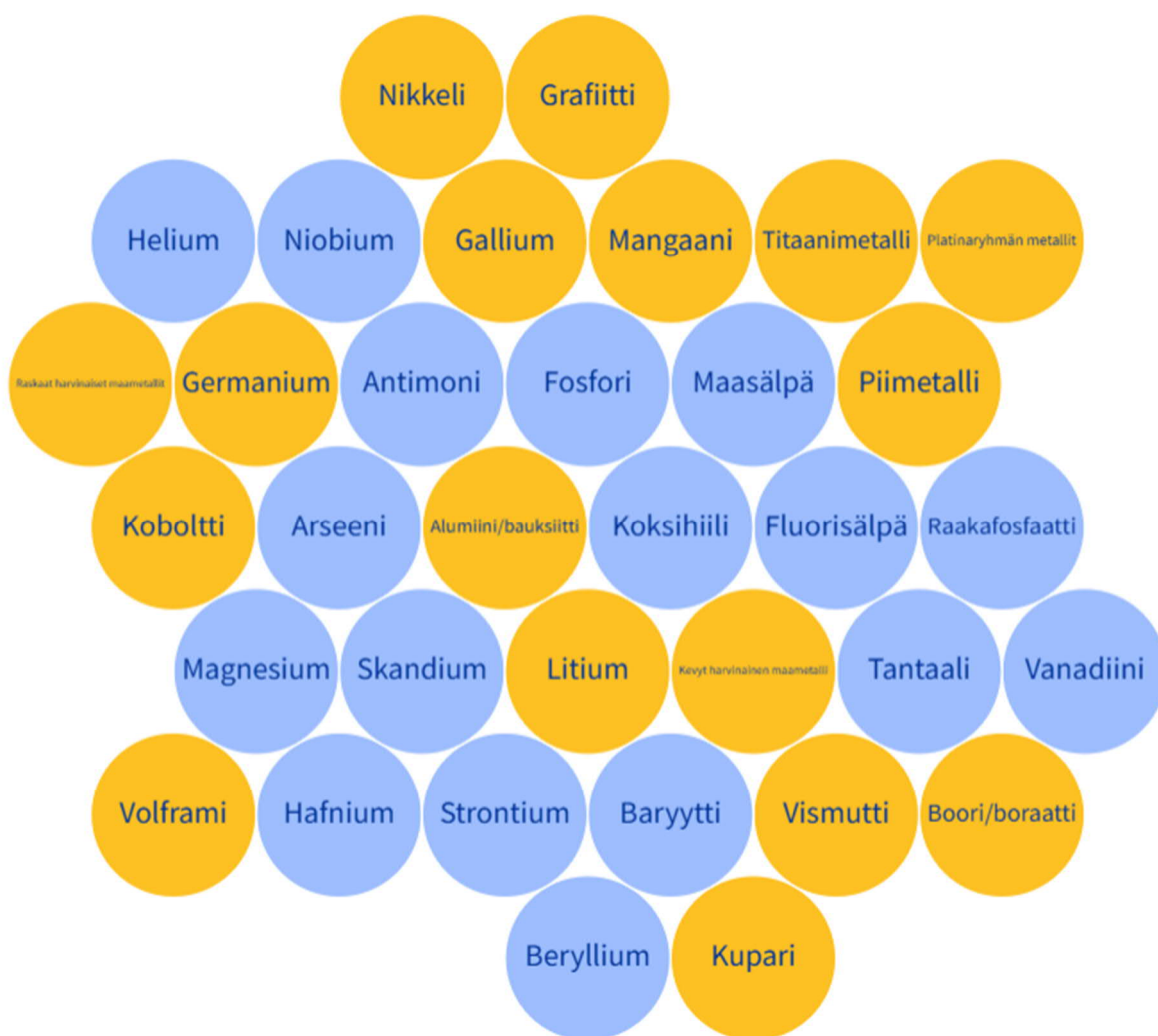
5.3	Nollanäytteiden tulokset	27
5.4	Laboratoriorinnakkaisten tulokset	28
6	Mallinnus ja blokkimalli	30
6.1	Tietokanta	30
6.2	Blokkimalli	30
6.3	Mallinnustulokset	31
7	Varantoarvio	35
7.1	Yleistä.....	35
7.2	Mätäsvaaran rikastushiekan varantoarvio	36
8	Johtopäätökset.....	36
8.1	Yleistä.....	36
8.2	Käytännön toteutuksen havaintoja	36
8.2.1	Kenttätyöt ja näytteiden käsittelyt	36
8.2.2	Analytiikka ja laadunvarmistus.....	37
8.3	Raaka-ainepotentiaali- ja ympäristötutkimusten yhdistäminen	39
8.4	Johtopäätökset raaka-ainepotentiaalista	39
9	Yhteenveto.....	40
	Lähteet.....	42

LIITTEET

Liite 1	Tutkimuspistekartta
Liite 2	Yhteenveto otetuista näytteistä ja niiden analyysituloksista
Liite 3	Suunnitelma kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalin arviointityöstä KAJAK-prosessissa, Geologian tutkimuskeskus, 27.11.2023
Liite 4	KAJAK-pilotointi; Raaka-ainepotentiaalin selvittäminen – Mätäsvaaran tutkimussuunnitelma, Envineer Oy, 3.5.2024
Liite 5	Kenttämuistiot
Liite 6	KAJAK-projektiin liittyvien rikastushiekanäytteiden mineraloginen karakterisointi: Mätäsvaaran näytteet, Geologian tutkimuskeskus, 25.11.2024 (EMA-2024-81)

1 JOHDANTO

Toukokuussa 2024 voimaan astunut Euroopan unionin kriittisten raaka-aineiden asetuksen (Critical Raw Materials Act, CRMA) tavoitteena on varmistaa kriittisten raaka-aineiden turvallinen ja kestävä toimitus Euroopan teollisuudelle ja vähentää merkittävästi EU:n riippuvuutta yksittäisen maan toimittajista. Asetuksen taustalla vaikuttaa EU:n Vihreän kehityksen ohjelma, jolla ohjataan EU:ta kohti ilmastoneutraaliutta. Osana säädösmenettelyä Euroopan unioni on listannut kriittiset raaka-aineet, joilla on suuri taloudellinen merkitys Euroopalle ja joiden toimitushäiriön riski on suuri. Asetuksessa kriittisiä raaka-aineita nimetty yhteensä 34, joista 17 on lisäksi strategisia. Strategisia raaka-aineita tarvitaan mm. vihreään siirtymään, digitalisaatioon sekä puolustusteollisuuden teknologioihin (Kuva 1).



Kuva 1. EU:n määrittelemät kriittiset ja strategiset kriittiset raaka-aineet. Strategiset kriittiset raaka-aineet on merkitty kuvaan keltaisella.

Tärkeä osa säädöstä on kriittisiin raaka-aineisiin liittyvän kiertotalouden edistäminen. Esiin nousee erityisesti tarve edistää raaka-aineiden kierrätystä ja vahvan sekundäärisiin raaka-aineisiin perustuvan markkinan mahdollistamista. Osana kierrätyksen edistämistä säädöksellä pyritään rohkaisemaan kriittisten raaka-aineiden talteenottoa kaivosjätteistä. Toistaiseksi Suomessa ei ole

kattavaa tutkimustietoa vanhojen kaivannaisjätealueiden uudelleenhyödyntämispotentialista. CRMA velvoittaa jäsenmailta kansallista selvitystyötä sekä raportointia vanhojen kaivannaisjätteiden (rikastushiekka ja sivukivet) hyödyntämispotentialista.

Ympäristöministeriön rahoittamassa ja Pirkanmaan ELY-keskuksen koordinoimassa KAJAK-hankkeessa toteutetussa pilotoinnissa selvitettiin, voitaisiinko käytöstä poistettujen ja suljettujen kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalia tutkia ja raportoida samassa yhteydessä, kun kohteissa tehdään ympäristö- ja terveystarkastuksia. Pilotoinnissa tarkasteltiin mm. tutkimusten mitoittamista ja kohdentamista sekä käytettävien näytteenotto- ja analyysimenetelmien soveltuvuutta molempiin tutkimustarkoituksiin. Pilotointi toteutettiin Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) laatiman suunnitelman *Suunnitelma kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalin arviointityöstä KAJAK-prosessissa* (Liite 3) mukaisesti, tarkentaen suunnitelmaa työn aikana tarvittavilta osin. Pilotointiin sisältyi kenttätöitä vanhoilla rikastushiekka-alueilla Lieksan Mätäsvaarassa sekä Kemijärven Kärvasvaarassa. Mätäsvaaran tutkimuksista vastasi Envineer Oy ja Kärvasvaaran tutkimuksista Ramboll Finland Oy. Geologian tutkimuskeskus toimi hankkeessa tutkimustulosten laadunvalmistajana sekä vastasi raaka-ainemallinnuksesta sekä varantoarvioinnista.

Tässä raportissa esitetään Lieksan Mätäsvaaran kaivannaisjätealueella tehdyt tutkimukset, kaivannaisjätteiden raaka-ainepotentiaalia koskevien analyysien tulokset laadunvarmistuksineen sekä GTK:n laatimat raaka-ainepotentiaalia koskeva mallinnus ja varantoarvio. Lisäksi tarkastellaan käytettyjen tutkimusmenetelmien ja analyysien soveltuvuutta niin raaka-ainepotentiaalin ja kuin ympäristöriskien arviointiin.

Raportin kappaleet 1—4, 8.1—8.3 ja 9 on tuotettu Envineer Oy:n (Emmi Nevalainen, Pauliina Salonen ja Ari Kolehmainen) toimesta. Kappaleet 5—8 sekä 8.4 ovat kirjoittaneet Janne Hokka ja Tuomas Leskelä (Geologian tutkimuskeskus). Työn tilannut Pirkanmaan ELY-keskus (Sanna Pyysing) on osallistunut raportin kappaleen 9 kirjoittamiseen.

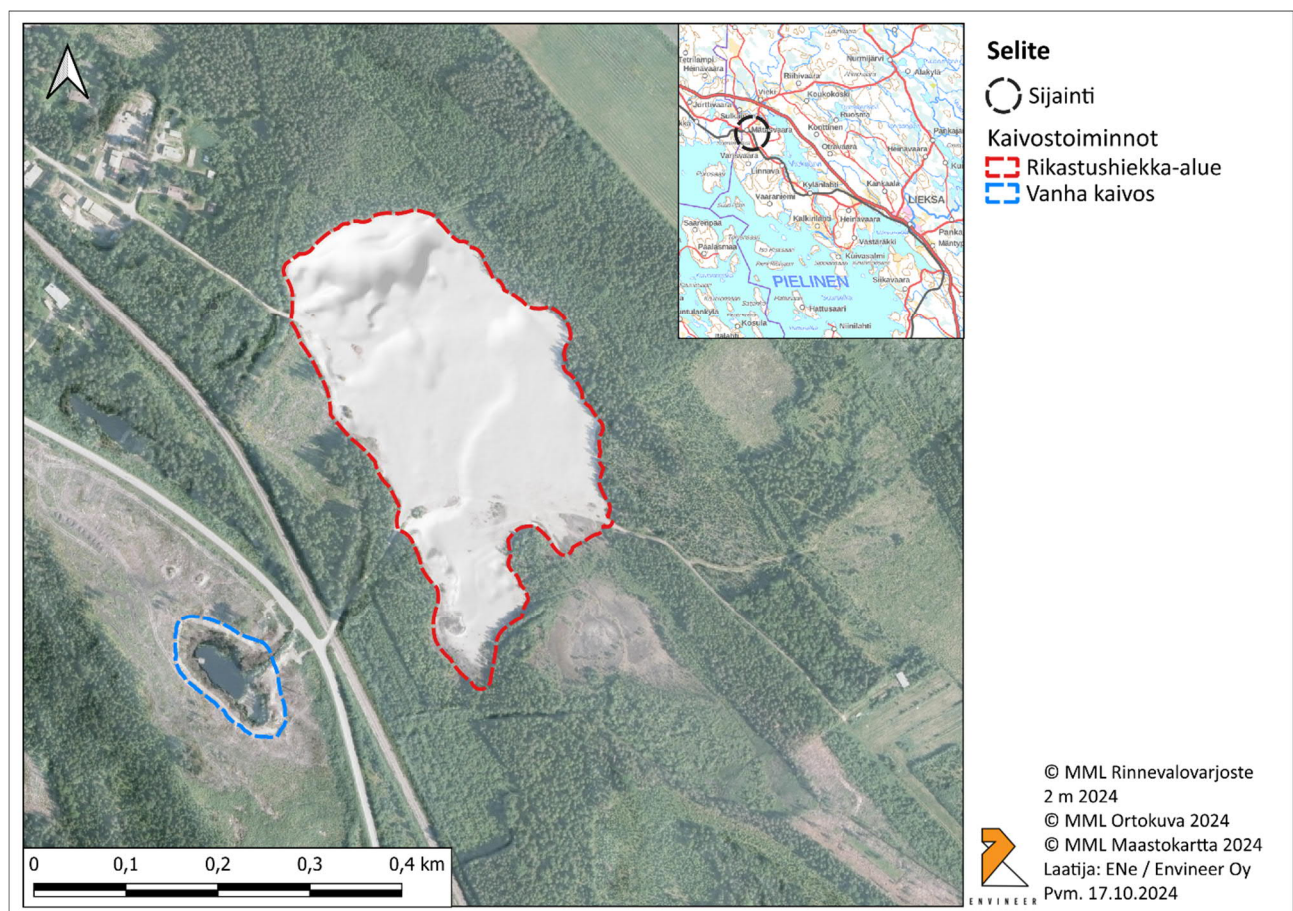
2 TUTKIMUSKOHDE

2.1 Tutkimuskohteen valinta

Mätäsvaaran vanhan kaivoksen rikastushiekka-alue valittiin pilotointikohteeksi helpon saavutettavuuden sekä julkisen maanomistuksen vuoksi. Mätäsvaaran rikastushiekka-alue sijaitsee hyvien kulkuyhteyksien lähellä eikä alueella sijaitse kasvillisuutta tai vesialueita, jotka aiheuttaisivat haasteita tutkimusten toteuttamiselle. Lisäksi kohteessa on tehty jo KAJAK-seurantavaiheen tutkimuksia vuosina 2021 ja 2022, jolloin alueelta oli saatavilla runsaasti perustietoa. Nyt tehdyssä raaka-ainepotentiaaliselvityksessä kaivannaisjätealuetta tutkittiin kattavammin, ja peilaamalla tuloksia aiemmin tehtyihin ympäristötutkimuksiin, pystyttiin arvioimaan missä määrin tutkimusten yhdistäminen on mahdollista tai järkevää.

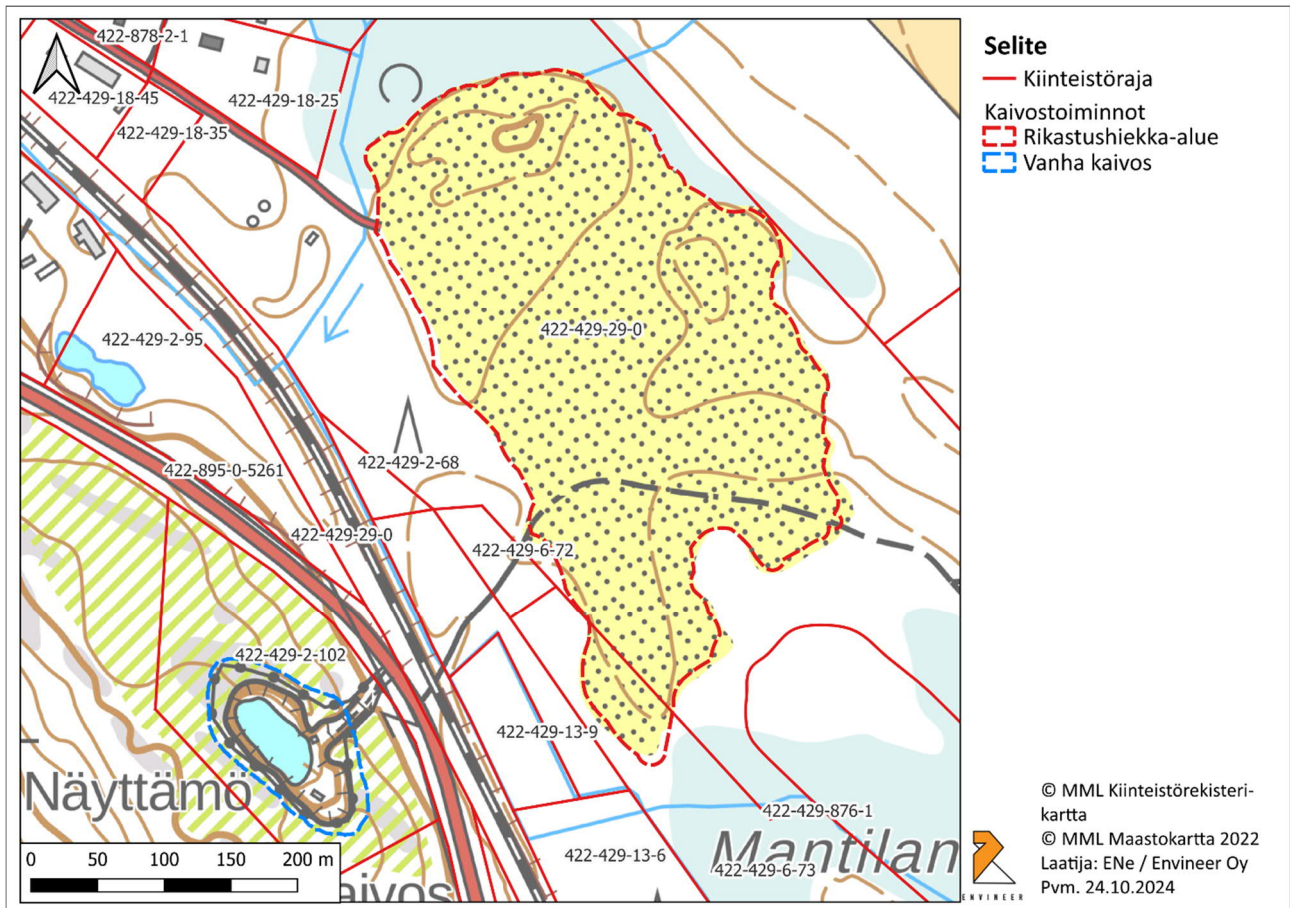
2.2 Sijainti ja omistussuhteet

Mätäsvaaran entinen molybdeenikaivos sijaitsee Lieksan Mätäsvaarassa, noin 22 km Lieksan keskustasta luoteeseen (Kuva 2). Entisellä kaivosalueella ei ole sivukiven jätealuetta.



Kuva 2. Mätäsvaaran entisen kaivosalueen sijainti.

Entisen kaivoksen rikastushiekka-alue sijoittuu Lieksan kaupungin omistuksessa olevalle kiinteistölle 422-429-29-0 (Kuva 3).



Kuva 3. Mätäsvaaran kaivoksen rikastushiekka-alueen sijainti ja kiinteistöt.

2.3 Historia

Mätäsvaara on Suomen ainoa molybdeenikaivos. Molybdeeniesiintymän ensimmäiset viitteet ovat vuodelta 1902. Vuosien 1903 ja 1910–11 aikana alueella tehtiin useassa vaiheessa malminetsintää. Wärtsilä Oy sai alueen haltuunsa vuonna 1916, ja esiintymää koelouhittiin vuosina 1920–22 sekä 1932–33. Vuoksenniska Ab osti kaivosoikeudet itselleen vuonna 1935 ja aloitti kaivoksen rakentamisen 1938. Kaivos oli toiminnassa vuosina 1940–1947. Alla olevassa kuvassa on esitetty Mätäsvaaran rikastushiekka-alue historiallisessa ilmakuvassa vuodelta 1940 (Kuva 4).



Kuva 4. Ilmakuva alueelta vuodelta 1940. (Lähde: Paikkatietoikkuna, Historialliset ilmakuvat). Rikastushiekka-alueen nykyinen laajuus esitetty likimääräisenä keltaisella katkoviivalla.

Linssimäiset molybdeenihohde-esiintymät sijaitsivat graniittigneissin ruhjevöhykkeissä, joissa se esiintyi juonina, kasaumina sekä raon täytteinä ja osassa kiveä hienojakoisena pirotteena. Harmemineraalit koostuivat kvartsista, kalimaasälvästä, flogopiitista ja muskoviitista. Malmiesiintymässä molybdeenihohdetta oli keskimäärin 0,14 %. Malmia louhittiin pääasiassa avolouhoksista ja osittain maanalaisesta louhoksesta.

Kokonaislouhinta Mätäsvaaran kaivoksella oli noin 1,19 Mt ja rikastetun malmin määrä noin 1,15 Mt. Prosessissa syntyneen rikastushiekan määrä oli 1 Mt. (Tornivaara ym. 2018)

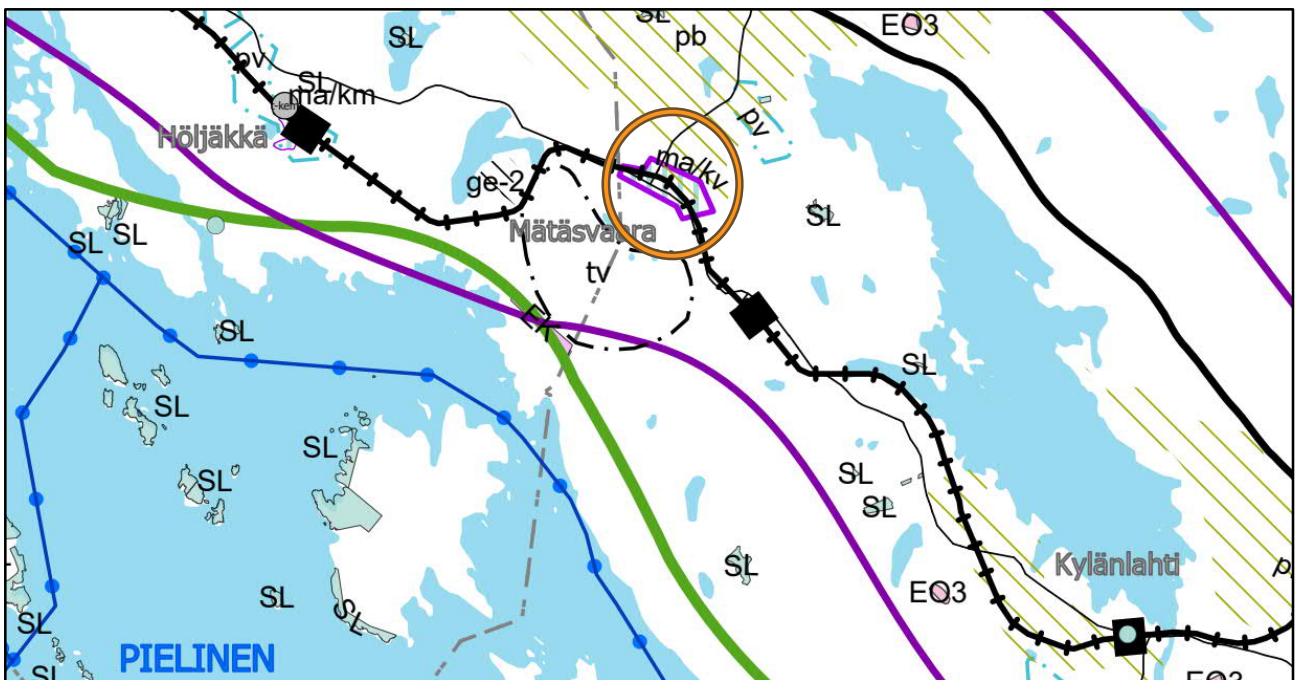
Malmin rikastusprosessissa erottunut rikastushiekka kuljetettiin rikastushiekka-alueelle. Alueen rikastushiekka vastaa rakeisuudeltaan keskikarkeaa hiekkaa. Läjitetty rikastushiekka koostuu lähinnä kvartsista ja pienistä määristä kielteitä, kalimaasälpää sekä sulfidimineraaleja (Geologian tutkimuskeskus 2015).

Rikastushiekka-aluetta ei ole peitetty. Toiminnan jälkeen rikastushiekka-alueelta on tietävästi kuljetettu rikastushiekkaa useisiin eri paikkoihin. Lisäksi rikastushiekka-alueella on toiminut haulikkorata, parkkipaikka ja motocrossrata. Alueella on myös ollut 1990-luvulle saakka valvoton kyläkaatopaikka.

2.4 Nykyinen käyttö

Entinen rikastushiekka-alue toimii nykyisin kesätapahtumien parkkipaikkana ja on lähialueen asukkaiden virkistyskäytössä. Vanhaan avolouhokseen on rakennettu kaivosnäyttämö, joka on edelleen toiminnassa. Rikastushiekka-alueen luoteispuolella on vakituista asutusta, lähimmillään noin 130 metrin etäisyydellä. Lähialueelle on jäänyt kaivostoiminnan aikaisia rakennuksia, joista on jäljellä lähinnä betonisia raunioita. Rikastushiekka-aluetta ympäröivät alueet ovat pääosin metsä- ja maatalouskäytössä olevia alueita.

Pohjois-Karjalan maakuntakaava 2040 on tullut voimaan 7.9.2020 ja Mätäsvaaran kaivosalue on merkitty valtakunnallisesti merkittäväksi rakennetuksi kulttuuriympäristöksi (ma/kv, Kuva 5).



Kuva 5. Ote Pohjois-Karjalan maakuntakaavasta. Mätäsvaaran kaivoksen likimääräinen sijainti on osoitettu oranssilla ympyrällä.

Mätäsvaaran alueen maankäyttöä ei ole ohjattu yleis- tai asemakaavalla.

2.5 Ympäristöolosuhteet

2.5.1 Maa- ja kallioperä

Karttatarkastelun perusteella (GTK Maankamara, 2024) Mätäsvaaran rikastushiekka-alueen perusmaalaji on täytemaata ja se sijaitsee kahden turvealueen sekä moreenipeitteisten harjanteiden välissä. Alueella tehtyjen tutkimusten perusteella rikastushiekka-alueen täyttömaakerrosten alapuolinen maaperä on turvetta.

2.5.2 Pohja- ja orsivesi

Entinen kaivosalue ei sijaitse ympäristöhallinnon luokittelemalla pohjavesialueella tai sellaisen läheisyydessä. Lähin luokiteltu pohjavesialue (0742202 Vieki, 1.lk) sijaitsee alueelta noin 1,3 km etäisyydellä koilliseen.

Aiemmin tehtyjen tutkimusten perusteella pohjavedenpinta alueella sijaitsee noin tasolla + 111,65...113,60 mmpy. Pilotointihankkeeseen liittyvien, toukokuun 2024 alussa toteutettujen, tutkimusten yhteydessä pohjavedenpinta sijaitsi paikoin lähes maanpinnan tasolla.

Rikastushiekka-alueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei ole tiedossa olevia talousvesikaivoja.

2.5.3 Pintavedet

Mätäsvaaran alue kuuluu Viekijärven valuma-alueeseen (04.482). Viekijärvi on Vuoksen vesistöön kuuluva järvi. Mätäsvaaran alueella on kaivostoiminnan jäljiltä kolme avolouhosallasta, joiden vedenpinta karttatarkastelun perusteella (www.paikkatietoikkuna.fi) sijaitsee noin tasolla + 113,7 mmpy. Louhosaltaista ei ole avonaisia purku-uomia.

Rikastushiekan läjitysalue sijaitsee kahden moreenipeitteisen mäen välisen painanteen luoteispäässä. Pohjoisesta ja luoteesta laskevat pintavedet on ohjattu rikastushiekka-aluetta reunustavaan, länsi- ja eteläpuolella kulkevaan ojaan, joka laskee Sertinlammen kautta Viekijärveen ja edelleen Pieliseen. Rikastushiekka-alueen kaakkoispuolella sijainnut Mantilanlampi on nykyisellään umpeen kasvanutta suoaluetta.

2.5.4 Suojelualueet

Mätäsvaaran alueella tai sen läheisyydessä ei sijaitse suojelualueita. Aluetta lähin suojelualue (Sertin suojelualue, YSA230845) sijaitsee rikastushiekka-alueelta lähimmillään noin 2 kilometrin etäisyydellä idässä.

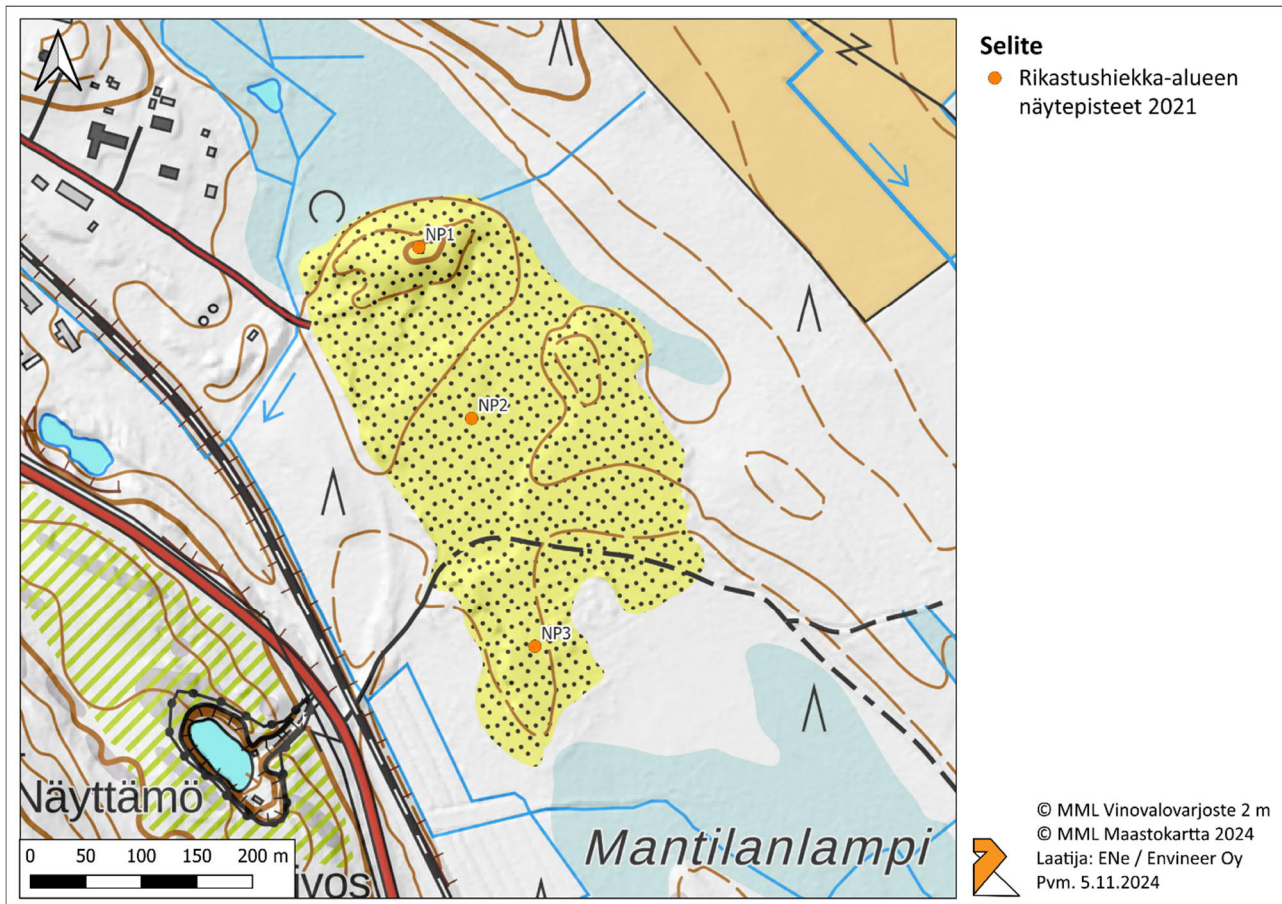
2.5.5 Asutus

Läheisin asutuskeskittymä on Mätäsvaaran kylä. Lähin asuintalo sijaitsee noin 130 metrin etäisyydellä rikastushiekka-alueen luoteispuolella.

3 TUTKIMUSTEN TOTEUTUS

3.1 Aiemmat tutkimukset

Envineer Oy toteutti Mätäsvaaran kaivosalueella vuosien 2021–2022 aikana KAJAK-hankkeeseen sisältyen seurantavaiheen ympäristöselvityksiä, joihin kuuluivat: rikastushiekka-alueen maaperätutkimus (sisältäen kaivannaisjätetutkimukset), pintavesitutkimukset, pohjavesiputkien asennus ja pohjavesitarkkailu, laskeumatutkimukset ja alueen drone-kuvaukset. Tehtyjen selvitysten perusteella todettiin, että Mätäsvaaran kaivoksen rikastushiekka-alueella ei ole tarvetta jälkihoitoimenpiteille (kuten rikastushiekka-alueen peittämiseksi), eikä alueella liikkumista ole tarvetta rajoittaa. Rikastushiekka-alueella sijainneet rikastushiekan/maaperän tutkimuspisteet on esitetty alla olevalla kartalla (Kuva 6).



Kuva 6. Vuoden 2021 tutkimuksissa rikastushiekka-alueen tutkimuspisteiden sijainnit.

Rikastushiekka-alueen tutkimukset tehtiin syksyllä 2021. Tuolloin rikastushiekka-alueelta tehtiin alkuainemääryityksiä laboratoriossa (ALS) sekä rikastushiekkaa että rikastushiekan alapuolista maaperää edustaneista näytteistä, yhteensä 11 näytteestä. Näistä varsinaisia rikastushiekanäytteitä oli kuusi (6) kappaletta. Näytteistä analysoidut alkuaineet (23 kpl) olivat: Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti, V, Zn ja U. Laboratoriossa näytteet homogenisoitiin ja mineralisoitiin kuningasvedessä ennen analyysia. Alkuainemääryitykset tehtiin induktiivisesti kytketyllä plasma-atomi-emissiospektrometrilla (ICP-AES), lukuun ottamatta uraania, joka määritettiin induktiivisesti kytketyllä plasma-massaspektrometrillä (ICP-MS). Lisäksi näistä näytteistä analysoitiin pH ja hehkutushäviö. Alkuaineiden kokonaispitoisuuksien lisäksi kolmesta rikastushiekanäytteestä tutkittiin laboratoriossa kaatopaikkakelpoisuus sekä haponmuodostuspotentiaali. Kaatopaikkakelpoisuustestaukseen sisältyi muun muassa liukoisuustestaus standardin SFS EN12457-3 mukaisella kaksiosaisella ravistelutestillä. Haponmuodostuspotentiaali määritettiin standardin EN 15875 mukaisella ABA-testauksella.

Edellä mainittujen analyysien ja viitearvovertailun perusteella alueelle läjitetyn rikastushiekan todettiin sisältävän kohonneina pitoisuuksina lähinnä kuparia, sinkkiä ja molybdeeniä. Rikastushiekatäytön alapuolisen turvekerroksen todettiin pidättävän rikastushiekasta liukenevaa molybdeeniä, jonka vuoksi rikastushiekan vaikutuksen alueen maaperän ja pohjaveden tilaan arvioitiin olevan lievä ja paikallinen. Rikastushiekan rikkipitoisuus tutkimuksissa oli alhainen ja hiekalla todettiin olevan merkittävä haponneutralointikapasiteetti, minkä vuoksi rikastushiekassa ei ollut tapahtunut eikä ole odotettavissa rapautumista ja pH-tasojen laskua. Rikastushiekka oli

tutkittujen ominaisuuksien osalta luokiteltavissa vaarattomaksi jätteeksi. Rikastushiekan raaka-ainepotentiaalia ei tuolloin tarkemmin arvioitu.

Kaivoksen toiminnassa syntyneen rikastushiekan määrä on historiatietojen perusteella 1 Mt (kohta 2.3). Tämän tiedon sekä syksyn 2021 tutkimusten tulosten (rikastushiekanäytteissä todettujen pitoisuuksien keskiarvot, n=6) perusteella lasketut rikastushiekan sisältämät ainemäärät on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 1).

Taulukko 1. Rikastushiekan sisältämät ainemäärät syksyn 2021 tutkimusten perusteella.

Aine	Pitoisuus 2021 (keskiarvo, mg/kg)	Ainemäärä rikastushiekassa (kg)
Ag	<0,5	<500
As	0,6	600
Ba	49	49 000
Be	0,05	50
Cd	<0,4	<400
Co	3,5	3 500
Cr	7,7	7 700
Cu	245	245 000
Fe	15 000	15 000 000
Hg	<0,2	<200
Li	18	18 000
Mn	155	155 000
Mo	40	40 000
Ni	4,2	4 200
P	365	365 000
Pb	21	21 000
Sb	<0,5	<500
Sn	<1	<1000
Sr	1,8	1 800
Tl	<0,5	<500
V	12,6	12 600
Zn	226	226 000
U	0,8	800

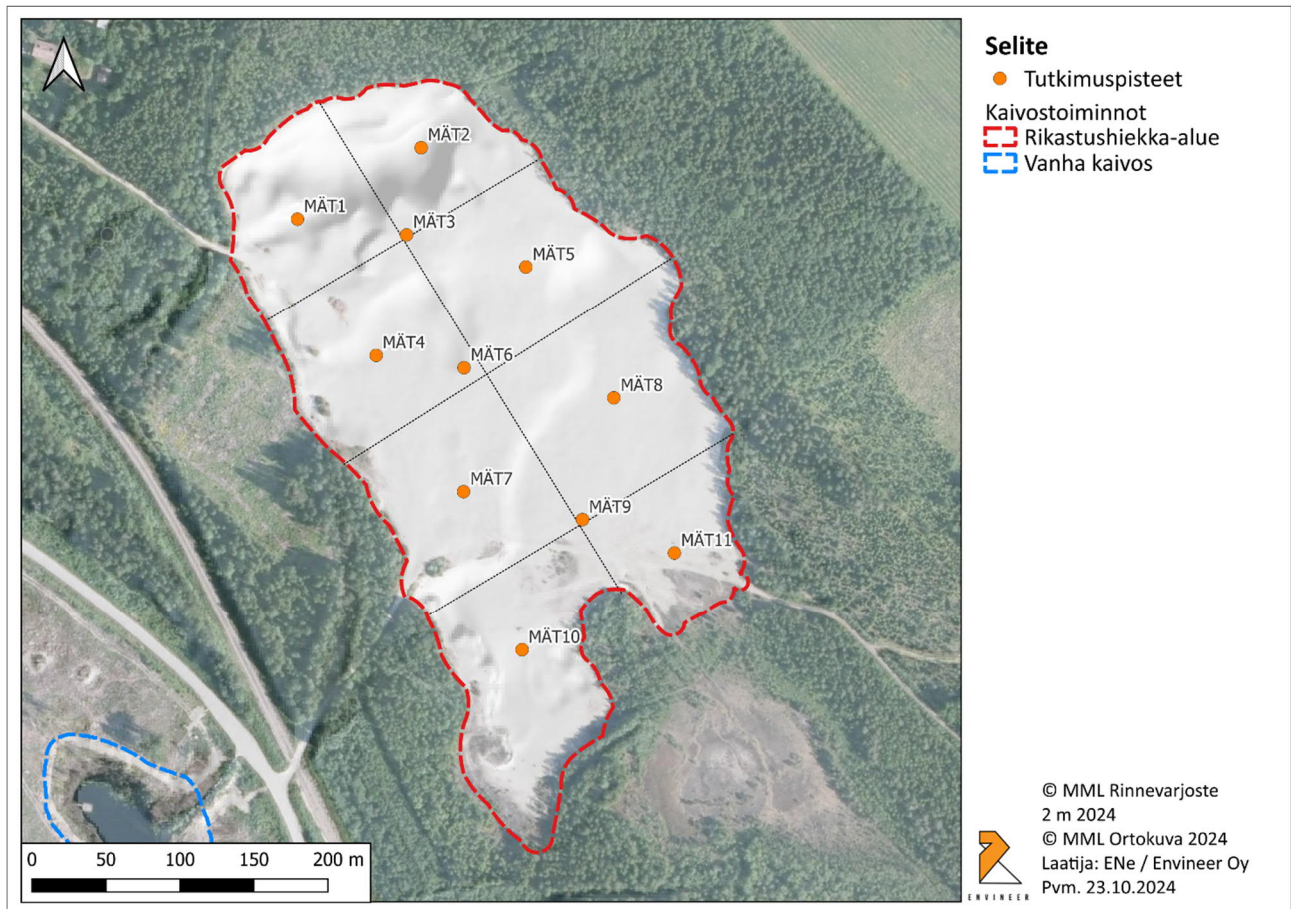
3.2 Tutkimukset 2024

3.2.1 Tutkimuspisteet

KAJAK-pilotointihankkeeseen liittyvät tutkimukset kohdennettiin Mätäsvaaran rikastushiekka-alueelle, jolta otettiin rikastushiekanäytteitä aiempaa laajemmin sekä horisontaalisessa että vertikaalisessa suunnassa. Tutkimuksille laadittiin tarkennettu kohdekohtainen tutkimussuunnitelma, joka on esitetty liitteessä 4.

Tutkimuspisteet sijoitettiin systemaattisella menettelyllä, jota varten rikastushiekka-alue jaettiin 100 m x 100 m tutkimusruutuihin. Jokaisen tutkimusruudun keskelle sijoitettiin tutkimuspiste, minkä lisäksi tutkimuspisteverkostoa täydennettiin keskilinjalle rajaviivojen leikkauspisteisiin sijoitetuilla tutkimuspisteillä. Tällä tavoin tutkimuspisteiden kokonaismääräksi tuli 11 kpl, jotka

nimettiin tunnuksilla MÄT1...MÄT11. Tutkimuspisteiden sijainnit on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 7) ja liitteessä 1.



Kuva 7. Vuoden 2024 tutkimuspisteiden sijainnit.

Maastotyöt toteutettiin kolmena työpäivänä: näytteenotto tehtiin 6.-7.5.2024 ja näytteenottopisteiden sijainnit tarkemmitattiin 17.5.2024.

3.2.2 Näytteenotto

Kussakin tutkimuspisteessä näytteenotto tehtiin raskaan vaunuporakoneen maaputkikalustolla (urakoitsijana SGM Consulting Oy). Näytteet otettiin 1 metrin kerrospaksuutta edustavina häiriintyneinä kokoomanäytteinä. Näytteenotto oli tarkoitus jokaisessa näytepisteessä ulottaa rikastushiekan alapuoliseen perusmaahan saakka. Näytteenottoajankohtana pohjavedenpinta rikastushiekka-alueella oli hyvin korkealla, jonka vuoksi suuri osa rikastushiekkatäytöstä oli veden kyllästävässä tilassa. Vetinen rikastushiekka ei pysynyt näytteenottoon käytetyssä putkiottimessa.

Rikastushiekkatäytön vetisyydestä johtuen ainoastaan pisteissä MÄT1 ja MÄT2 näytteenotto saatiin ulotettua koko rikastushiekkatäytön läpi pohjamaahan saakka. Pisteissä MÄT3...MÄT11 näytteenotto saatiin toteutettua ainoastaan 1–2 metrin syvyyteen saakka.

Alkuperäisiä (ORIG eli *Original*) näytteitä otettiin yhteensä 34 kpl. Alkuperäisten (ORIG) näytteiden lisäksi otettiin rinnakkaisnäytteenottona tiheys- ja laadunvalvontanäytteitä. Rinnakkaisnäytteenotto toteutettiin kairaamalla rinnakkainen tutkimuspiste neljän (4)

tutkimuspisteen (MÄT1, MÄT5, MÄT7 ja MÄT 11) viereen, noin 1–2 metrin etäisyydelle alkuperäisestä tutkimuspisteestä.

Tiheysnäytteeseen (D eli *Density*) kerättiin 1 metrin kerrospaksuutta edustava näyte, kuten alkuperäisiin näytteisiin. Tiheysnäytteitä otettiin yhteensä 20 kpl. Laadunvalvontanäytteitä oli tarkoitus ottaa jokaisesta neljästä rinnakkaisesta tutkimuspisteestä siten, että ne edustaisivat tutkimuspisteiden rikastushiekkatäytön pinta-, keski- ja pohjaosaa. Tutkimuspisteestä MÄT1 kenttäduplikaattinäytteet (FD eli *Field Duplicate*) saatiin otettua tutkimussuunnitelman mukaisesti, mutta muista rinnakkaisista tutkimuspisteistä MÄT5, MÄT7 ja MÄT11 saatiin kustakin ainoastaan yksi (pintakerrosta edustava) FD-näyte. Yhteensä kenttäduplikaattinäytteitä otettiin 6 kpl.

Jokaisen alkuperäisen (ORIG) kairatutkimuspisteen viereen tehtiin noin 0,5 metrin syvyinen lapiokoekuoppa. Lapiokoekuoppien tarkoituksena oli havainnoida aistinvaraisesti rikastushiekkatäytön pintaosan hapettuneisuutta sekä hapettuneen kerroksen paksuutta. Koekuopista tehdyissä tarkasteluissa rikastushiekkakerroksen pintaosassa ei havaittu minkäänlaista erillistä kerrostumaa, minkä perusteella olisi voitu rajata tai osoittaa hapettunut tai uuttunut kerros. Koekuopat valokuvattiin ja peitettiin dokumentoinnin jälkeen. Koska koekuopissa ei havaittu muusta rikastushiekkatäytöstä olennaisesti poikkeavaa kerrostumaa, ei näytteitä koekuopista otettu.

3.2.3 Näytteiden käsittely

Kentällä

Kohteessa näytteiden käsittelyyn perustettiin nk. kenttätukikohta. Näytteet kerättiin muovisiin ämpäreihin, joihin merkittiin tutkimuspiste, syvyysväli ja näytteen tyyppiä tarkentavat tiedot (D, FD). Otetut näytteet punnittiin kenttätukikohdassa kenttävaa'alla.

Näytteistä tehtiin aistinvaraiset havainnot (ulkonäkö, haju, väri, kosteus, hapettuneisuus sekä raekoko), jotka kirjattiin ylös kenttämuistiinpanoihin ja GTK:n laatimalle havaintolomakkeelle.

Toimistolla

Näytteistä täytetty havaintolomake lähetettiin GTK:lle, joka määrittäi havaintojen perusteella analysoitavien näytteiden joukkoon sijoitettavat kontrolli- ja duplikaattinäytteet. Laboratorioon lähetettävät näytteet nimettiin GTK:lta saaduilla sokeilla näytetunnuksilla.

Jokaisesta ORIG- ja FD-näytteestä muodostettiin kaksi osanäytettä: raekokoanalyysin osanäyte (1,0 kg) ja geokemiallinen osanäyte (0,5 kg). Ennen osanäytteiden muodostamista alkuperäinen näyte sekoitettiin huolellisesti näytemateriaalin mahdollisen lajittumisen ehkäisemiseksi. Osanäytteet punnittiin vaa'alla ja pussitettiin näytepusseihin, joihin lisättiin sokean näytetunnuksen sisältämä lappu minigrip-pussissa. ORIG-näytteitä oli yhteensä 34 kpl, joista muodostettiin yhteensä 68 osanäytettä. FD-näytteitä oli yhteensä 12 kpl, joista muodostettiin 24 osanäytettä.

Referenssinäytteinä (STD eli Standard) käytettiin kaupallisia standardinäytteitä, jotka nimettiin ja käsiteltiin vastaavalla tavalla kuin varsinaiset näytteet. Referenssinäytteiden kokonaismäärä oli 5 kpl.

Nollanäytteinä (BLANK) käytettiin rakennustarvikeliikkeestä hankittua kvartsihiekkää, jota laitettiin näytepussiin 0,5 kg. Myös nollanäytteille määritettiin sokeat näytetunnukset, jotka lisättiin minigrip-pusseissa näytepusseihin. Nollanäytteiden kokonaismäärä oli 3 kpl.

Duplikaattinäytteistä (DUP) tehtiin kaksi erillistä 0,4 kg osanäytettä, jotka oli nimetty omilla sokeilla näytetunnuksillaan. Näytepusseihin sijoitettiin minigrip-pussissa oleva lappu, johon sokea näytetunnus oli merkitty.

Näytteiden käsittely on kuvattu tarkemmin liitteessä 4.

3.2.4 Analytiikka

Raaka-ainepotentiaalin selvittämiseen liittyvät laboratorioanalyysit toteutettiin Eurofins Ahma Oy:n akkreditoidussa laboratoriossa.

Laboratorioanalyysit toteutettiin kahdessa vaiheessa taulukoissa (Taulukko 2 ja Taulukko 3) esitetyn mukaisesti. Analyysit tehtiin kahdessa vaiheessa, siten, että toiseen analyysivaiheeseen oli mahdollista valita ensimmäisen analyysikierroksen tulosten perusteella kiinnostavimmat näytteet.

Taulukko 2. Vaiheen 1 analyysit.

Analyysi	Näytteiden lukumäärä	Huomioitavaa
Esikäsittely (jauhatusta <10 µm) + alkuaineet (60 alkuainetta*), <i>nelihappouutto</i> +ICP-OES/MS	36 kpl	Alkuperäisten tutkimuspisteiden näytteet (sis. DUP)
	6 kpl	Kenttäriinnakkaisnäytteet (FD)
	5 kpl	Referenssinäytteet (STD)
	3 kpl	Nollanäytteet (BLANK)
Tiheysmäärittäminen	9 kpl	Tiheys (D, rinnakkainen)
Raekoko, SFS-EN ISO 17892-4:2016	38 kpl	

*) Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Cs, Co, Cr, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Ho, In, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr

Taulukko 3. Vaiheen 2 analyysit.

Analyysi	Näytteiden lukumäärä	Huomioitavaa
Jalometallit (Au, Pd, Pt), <i>kuningasvesiliuotus</i> + ICP-MS	10 kpl	Alkuperäisten tutkimuspisteiden näytteet
	5 kpl	Kenttäriinnakkaisnäytteet (FD)
	2 kpl	Nollanäytteet (BLANK)
ABA-testi, SFS-EN 15875 mod.	3 kpl	Tiheys (D, rinnakkainen)

Edellä mainittujen analyysien lisäksi toimitettiin kaksi näytettä (MÄT2 13-14 ja MÄT8 0-1) GTK:lle mineralogista karakterisointia varten. Karakterisointianalyseista on laadittu erillinen tutkimusraportti, joka on esitetty liitteessä 6.

4 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

4.1 Mineralogia

XRD-tulkinnan perusteella rikastushiekkänäytteen (MÄT8 0-1) pääkomponentit ovat kvartsi, plagioklaasimaasälpä ja biotiitti. Sivukomponentteina esiintyy muskoviittia, kloriittia (klinokloori-chamosiitti) ja kalimaasälpää (mikrokliini). (Liite 6) Toinen tutkittu näyte (MÄT1 13-14) edusta rikastushiekkatäytön alapuolista pohjamaata, eikä sen tuloksia siten tarkastella tässä yhteydessä.

FE-SEM-EDS-analyysin perusteella rikastushiekka sisältää paljon kvartsia (47 m-%) ja plagioklaasia (37 m-%). Tämän lisäksi näytteessä todettiin biotiittia ja kalimaasälpää. Hiventasolla esiintyy muskoviittia, kloriittia, flogopiittia, zirkonia, ilmeniittia, apatiittia, klinozoiisiittia, rautaoksidia, titaniittia ja kuparikiisua. XRD-analyysin perusteella rikastushiekka saattaa sisältää pieniä määriä myös analsiimia, mikä sopisi näytteen mineralogiaan, mutta tätä mineraalia ei voitu FE-SEM-EDS-havainnoin vahvistaa, johtuen sen koostumuksellisesta samankaltaisuudesta plagioklaasin kanssa. (Liite 6)

4.2 Alkuaineet

4.2.1 Vuoden 2024 tulokset

KAJAK-pilotoinnin yhteydessä määritettiin alkuainepitoisuudet yhteensä 42 rikastushiekka-alueelta otetusta näytteestä. Näistä yksi näyte (MÄT2 13-14) analyysitulosten perusteella oletettavasti edustaa pohjamaata. Näytteessä MÄT8 0-1 todettiin muista näytteistä poikkeava lyijy- ja antimonipitoisuus, mikä oletettavasti johtuu kyseisellä alueella harjoitetun ampumaratatoiminnan aiheuttamasta kontaminaatiosta rikastushiekkakerroksen pintaosaan. Näiden kahden näytteen analyysitulokset poistettiin rikastushiekan alkuainepitoisuuksien tilastollisten tunnuslukujen laskennasta. Rikastushiekan alkuainepitoisuuksien minimi-, maksimi-, keskiarvo- ja mediaanipitoisuudet on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 4).

Taulukko 4. Mätäsvaaran rikastushiekkaa edustaneista näytteistä (n=40) määritettyjen alkuainepitoisuuksien minimi, maksimi, keskiarvo ja mediaani (mg/kg). Analysoiduista alkuaineista EU:n kriittisiksi määrittelemät raaka-aineet on esitetty sinisellä ja strategisiksi kriittisiksi raaka-aineiksi määritetyt alkuaineet oranssilla.

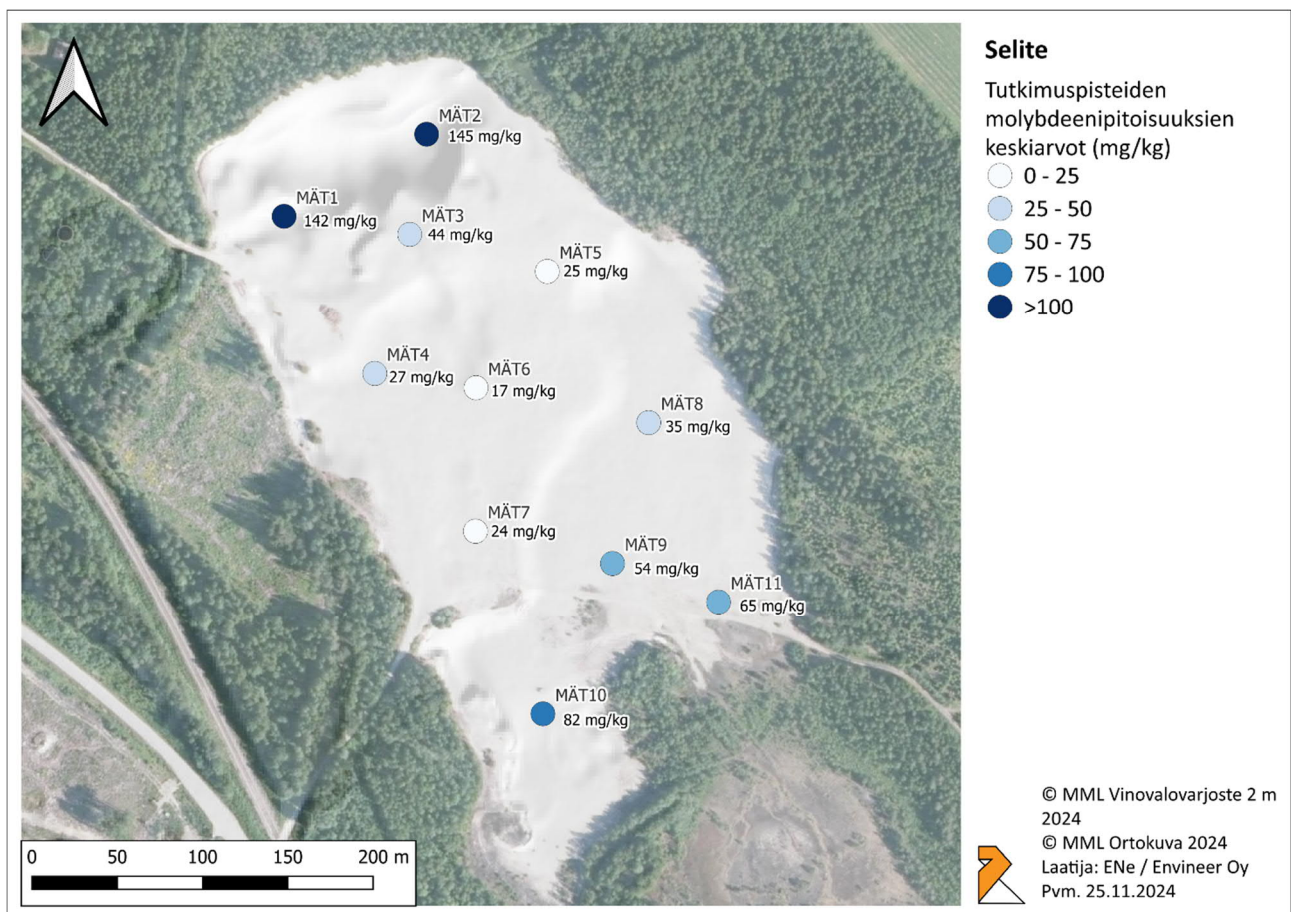
	Bi	Co	Cu	Ga	Ge	Mn	Ni	Li	Ti	W
Minimi	1,8	2,79	127	13	0,82	149	4,2	9,2	805	2,8
Maksimi	5,9	4,53	351	15	1,08	214	10,3	14,8	1330	18,5
Keskiarvo	3,3	3,40	222	13	0,95	173	5,9	11,7	1030	7,9
Mediaani	3,3	3,34	219	13	0,94	171	5,7	11,9	1020	6,3
	Nd	Pr	Tb	Dy	Gd	Sm	Ce	Al	As	Be
Minimi	7,5	1,99	0,19	1,03	1,4	1,48	16	55200	0,16	0,9
Maksimi	12,6	3,44	0,28	1,47	2,1	2,42	30	64700	0,55	1,1
Keskiarvo	9,6	2,55	0,24	1,27	1,7	1,88	22	60085	0,34	1,0
Mediaani	9,5	2,50	0,24	1,29	1,7	1,88	21	59850	0,34	1,0
	Hf	Mg	Nb	P	Sb	Sc	Sr	V	La	Eu
Minimi	2,5	3380	3,8	209	<0,05	3	101	12	8,2	0,41
Maksimi	4,8	6230	6,1	711	0,36	4,7	124	21	15	0,52
Keskiarvo	3,5	4637	4,9	295	0,11	3,8	109	15	11,0	0,47
Mediaani	3,4	4600	4,8	276	0,08	3,7	109	15	10,8	0,48
	Er	Ho	Y	Yb	Tm	Lu	Ag	Ba	Ca	Cd
Minimi	0,50	0,18	4,6	0,47	0,07	0,08	0,30	286	9340	0,18
Maksimi	0,75	0,27	7,3	0,75	0,11	0,12	0,77	429	12500	0,84
Keskiarvo	0,63	0,23	5,9	0,61	0,09	0,10	0,48	355	11272	0,42
Mediaani	0,63	0,23	6,0	0,60	0,09	0,10	0,45	358	11400	0,41
	Cs	Cr	Fe	In	K	Mo	Na	Pb	Rb	Re
Minimi	0,44	5,7	11600	0,02	12100	17	25000	25	41	<0,01
Maksimi	0,99	23	16900	0,06	17600	384	28000	68	64	0,013
Keskiarvo	0,63	10,6	13698	0,04	14620	104	26250	41	51	<0,01
Mediaani	0,62	9,7	13500	0,04	14650	91	26200	38	52	<0,01
	S	Se	Sn	Ta	Te	Th	Tl	U	Zn	Zr
Minimi	124	<0,5	0,87	<2	<0,1	3,46	0,28	0,64	82	81
Maksimi	733	0,8	1,47	<2	0,33	7,73	0,44	1,43	238	161
Keskiarvo	348	<0,5	1,13	<2	0,17	4,8	0,36	0,80	152	115
Mediaani	318	<0,5	1,12	<2	0,17	4,7	0,35	0,77	149	113

Verrattuina maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetun asetuksen (VNa 244/2007, ns. PIMA-asetus) mukaisiin viitearvoihin, ylityksiä todettiin seuraavasti:

- sinkin maksimipitoisuus (238 mg/kg) ylittää kynnysarvon (200 mg/kg)
- lyijyn maksimipitoisuus (68 mg/kg) ylittää kynnysarvon (60 mg/kg)
- kuparin minimipitoisuus (127 mg/kg) ylittää kynnysarvon (100 mg/kg) ja pitoisuuksien maksimi (351 mg/kg), keskiarvo (222 mg/kg) ja mediaani (219 mg/kg) ylittää ylemmän ohjearvon (200 mg/kg)

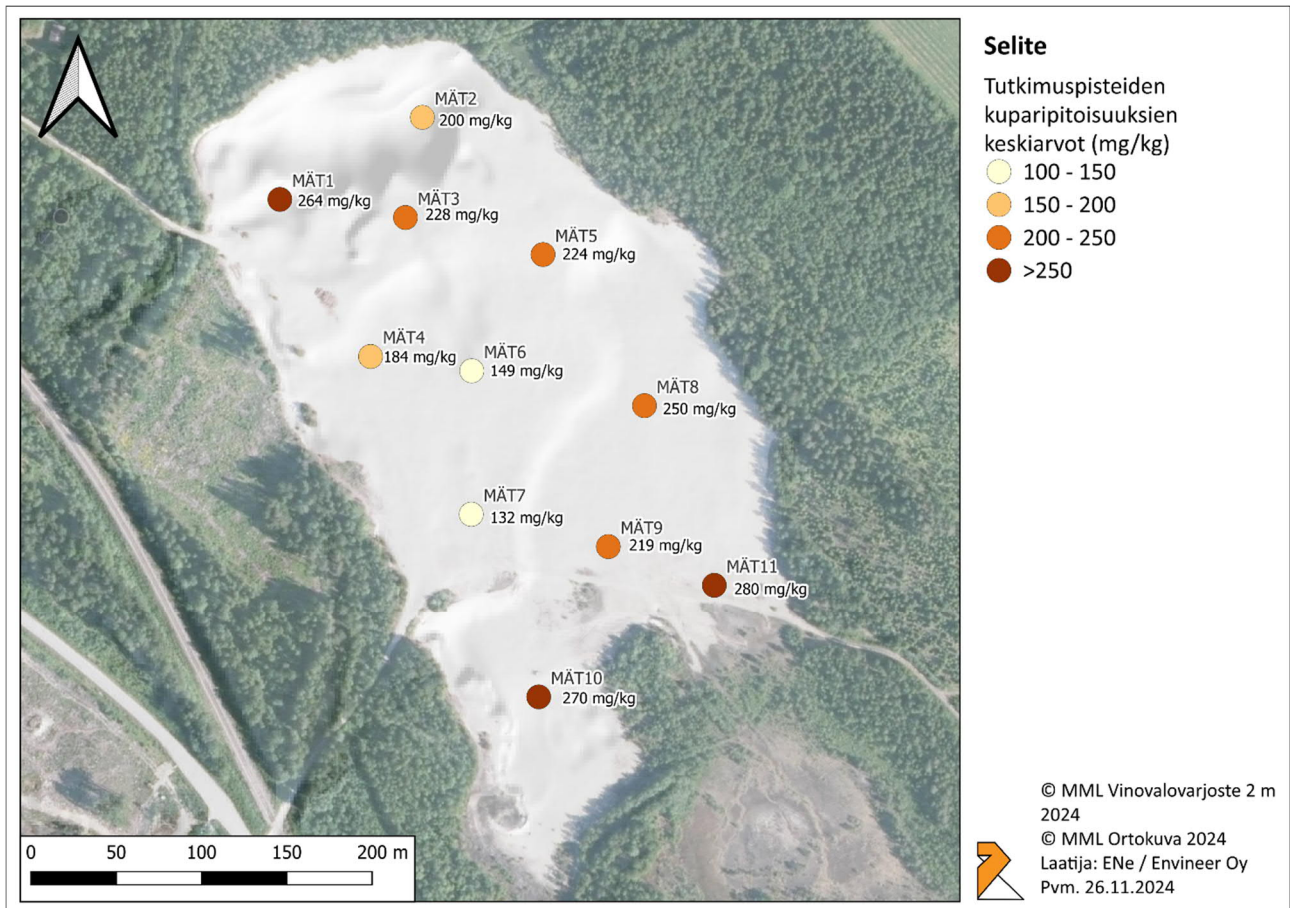
Molybdeenille ei PIMA-asetuksessa ole määritetty viitearvoja. Ennen PIMA-asetusta maaperän pilaantuneisuuden arviointiin sovelletut ns. SAMASE-arvot molybdeenille sen sijaan oli annettu. Molybdeenin minimi- (17 mg/kg), keskiarvo- (104 mg/kg) ja mediaanipitoisuus (91 mg/kg) ylittää ns. SAMASE-ohjearvon, joka soveltamisen osalta voidaan rinnastaa PIMA-asetuksen alempiin ohjearvoihin. Molybdeenin maksimipitoisuus (384 mg/kg) ylitti PIMA-asetuksen ylempää ohjearvotasoa vastaavan SAMASE-rajaa-arvon (200 mg/kg).

Maaperän pilaantuneisuuden arviointiin käytettyjen viitearvojen (PIMA-asetuksen ohjearvot/SAMASE-arvot) suhteen korkeimpia pitoisuuksina esiintyvien kuparin ja molybdeenin pitoisuuksien pistekohtaiset keskiarvot on esitetty alla olevissa kuvissa (Kuva 8, Kuva 9). Molybdeenin pitoisuudet olivat suuremmat rikastushiekka-alueen pohjoisosan tutkimuspisteissä MÄT1 ja MÄT2, joissa molybdeenipitoisuuden keskiarvo on 144 mg/kg. Muiden tutkimuspisteiden (MÄT3-MÄT11) molybdeenipitoisuuksien keskiarvo oli 39 mg/kg. Rikastushiekka-alueen eteläosassa molybdeenipitoisuudet ovat hieman korkeammat kuin alueen keskiosissa.



Kuva 8. Molybdeenipitoisuuksien keskiarvot tutkimuspisteittäin Mätäsvaaran rikastushiekka-alueella.

Kuparin osalta tutkimuspisteissä MÄT6 ja MÄT7 kuparin keskimääräinen pitoisuus ylitti VNa:n 214/2007 mukaisen kynnysarvon, tutkimuspisteessä MÄT4 kuparipitoisuus ylitti alemman ohjearvon ja loppuissa tutkimuspisteissä ylittyi ylempi ohjearvo (Kuva 9). Korkeimmat kuparipitoisuudet todettiin alueen eteläosien tutkimuspisteissä MÄT10 ja MÄT11 sekä luoteisimmassa pisteessä MÄT1.



Kuva 9. Kuparipitoisuuksien keskiarvot tutkimuspisteittäin Mätäsvaaran rikastushiekka-alueella.

4.2.2 Vuosien 2021 ja 2024 tulosten vertailu

Vuoden 2021 rikastushiekkatutkimuksissa (kappale 3) alkuainepitoisuudet määritettiin kuudesta näytteestä, käyttämällä näytteiden mineralisoinnissa PIMA-tutkimuksissa yleisesti käytettyä kuningasvesiuuttoa. Vuoden 2024 tutkimuksessa alkuaineet määritettiin 40 rikastushiekkänäytteestä käyttämällä näytteiden mineralisointiin nelihappouuttoa. Myös näytteiden esikäsittelyssä on ollut eroa: vuoden 2021 näytteet on laboratoriossa seulottu ennen mineralisointia, kun taas vuoden 2024 näytteet on esikäsitelty jauhamalla. Rikastushiekkänäytteiden analyysitulosten keskiarvot ja mediaanit molemmilta vuosilta on koottu alla olevaan taulukkoon (Taulukko 5). Taulukossa on lisäksi kunkin alkuaineen osalta esitetty vuoden 2024 keskiarvo- ja mediaanipitoisuuden prosentuaalinen ero vuoden 2021 vastaaviin.

Taulukko 5. Mätäsvaaran rikastushiekan alkuaineanalyysien 2021 ja 2024 tulosten keskiarvot ja mediaanit (mg/kg). Taulukossa on mukana ne alkuaineet, jotka on määritetty vuonna 2021 analysoiduista näytteistä.

	Co	Cr	Cu	V	Ni	Zn	Cd	Pb	Sb	As	Mo
Ka 2021 (n=6)	3,5	7,7	245	12,6	4,2	226	<0,4	21	<0,5	0,6	40
Ka 2024 (n=40)	3,8	13	221	17	7,0	151	0,41	41	0,33	0,5	101
2024 vs 2021 (%)	9	65	-10	36	66	-33		105		-24	151
Med 2021 (n=6)	3,4	7,7	177	13	4,2	193	<0,4	9,0	<0,5	0,6	33
Med 2024 (n=40)	3,4	10	219	15	5,8	149	0,41	38	0,09	0,3	86
2024 vs 2021 (%)	-1	26	24	13	37	-23		327		-40	162
	Ag	Ba	Be	Fe	Li	Mn	P	Sn	Sr	Tl	U
Ka 2021 (n=6)	<0,5	49	0,05	14967	18	155	365	<1	1,8	0,6	0,8
Ka 2024 (n=40)	0,5	355	1,0	13698	12	173	295	1,1	109	0,4	1
2024 vs 2021 (%)		623	1900	-8	-36	12	-19		5956	-40	0
Med 2021 (n=6)	<0,5	47	0,05	14650	18	152	351	<1	1,8	0,6	0,6
Med 2024 (n=40)	0,5	358	1,0	13500	12	173	276	1,1	109	0,4	1
2024 vs 2021 (%)		665	2122	-8	-35	14	-21		5989	-42	23

Pääsääntöisesti alkuaineiden saannot olivat vuonna 2024 tehdyissä analyyseissä suurempia verrattuna vuonna 2021 toteutettuihin analyyseihin. Suurimmat erot olivat strontiumilla ja berylliumilla, joiden keskiarvo- ja mediaanipitoisuudet vuoden 2024 analyyseissä olivat noin kaksi kertaluokkaa suurempia verrattuina vuoden 2021 analyysituloksiin. Myös lyijyn, molybdeenin ja bariumin osalta vuoden 2024 näytteiden keskiarvo- ja mediaanipitoisuudet olivat selvästi suuremmat kuin vuoden 2021 näytteissä todetut. Muiden määritettyjen alkuaineiden osalta erot olivat muutamia kymmeniä prosentteja molempiin suuntiin, erojen ollessa samaa suuruusluokkaa, kuin analyysien mittausepävarmuudet.

4.2.3 Jalometallit

Raaka-ainepotentiaaliselvityksen yhteydessä Mätäsvaaran rikastushiekasta tutkittiin jalometallien (kulta, palladium ja platina) pitoisuudet erikseen yhteensä 10 näytteestä. Jalometallipitoisuudet olivat alhaisia, pääosin alle analyysien määrittämisrajan, kaikissa tutkituissa näytteissä. Rikastushiekan jalometallipitoisuuksien minimi-, maksimi-, keskiarvo- ja mediaanipitoisuudet on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 6).

Taulukko 6. Mätäsvaaran rikastushiekkänäytteissä (n=10) todettujen jalometallipitoisuuksien minimi, maksimi, keskiarvot ja mediaanit (mg/kg).

	Au	Pd	Pt
Keskiarvo	<0,03	<0,5	<0,02
Mediaani	<0,03	<0,5	<0,02
Minimi	<0,03	<0,5	<0,02
Maksimi	0,09	<0,5	<0,02

4.3 Tiheys

Mätäsvaaran rikastushiekkänäytteistä selvitettiin pilotointihankkeen yhteydessä rikastushiekan fysikaalisia laatuominaisuuksia. Tiheys tutkittiin neljästä eri tutkimuspisteestä (MÄT1, MÄT5, MÄT7 ja MÄT11), joista tutkimuspisteestä MÄT1 tiheys selvitettiin näytekeroittain noin 6 metrin syvyyteen asti. Muista tutkimuspisteistä tiheysmäärittäminen tehtiin 0–1 metrin kerroksesta otetusta näytteestä. Tiheysmäärittämisen tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 7) sekä liitteessä 2.

Taulukko 7. Tiheysmäärittämisen tulokset.

Tutkimuspiste	Kenttäpaino (g)	Kuivapaino (g)	Tiheys (g/m ³)	Kosteus (%)
MÄT1, 0–1 m	970	928	0,93	4,3
MÄT1, 1–2 m	986	874	0,87	11
MÄT1, 2–3 m	890	828	0,83	7,0
MÄT1, 3–4 m	970	885	0,89	8,7
MÄT1, 4–5 m	960	919	0,92	4,3
MÄT1, 5–6 m	980	932	0,93	4,9
MÄT5, 0–1 m	1060	944	0,94	11
MÄT7, 0–1 m	1120	929	0,93	17
MÄT11, 0–1 m	1650	1271	1,3	23

Tutkittujen näytteiden tiheydet (kuivapaino) olivat välillä 0,83...1,3 g/m³. Poikkeavin näyte tiheydeltään oli tutkimuspisteestä MÄT11 otettu näyte, jonka tiheys kuivana oli 1,3 g/m³. Muiden näytteiden tiheydet vaihtelivat välillä 0,83...0,94 g/m³.

Mätäsvaaran rikastushiekan kosteusprosentti kasvoi rikastushiekka-alueen pohjoiseteläsuunnassa tutkimuspisteeltä MÄT1 tutkimuspisteelle MÄT11. Tutkimuspisteestä MÄT1 määritettyjen kosteusprosenttien keskiarvo on 6,7, joka oli tutkimuspisteiden kosteusprosentista matalin. Tutkimuspisteen MÄT1 pintakerroksesta määritetty kosteusprosentti oli 4,3. Tutkimuspisteen MÄT7 näytteen kosteusprosentti oli 11, tutkimuspisteen MÄT7 kosteusprosentti oli 17 ja korkein kosteusprosentti 23 oli tutkimuspisteestä MÄT11 otetussa näytteessä.

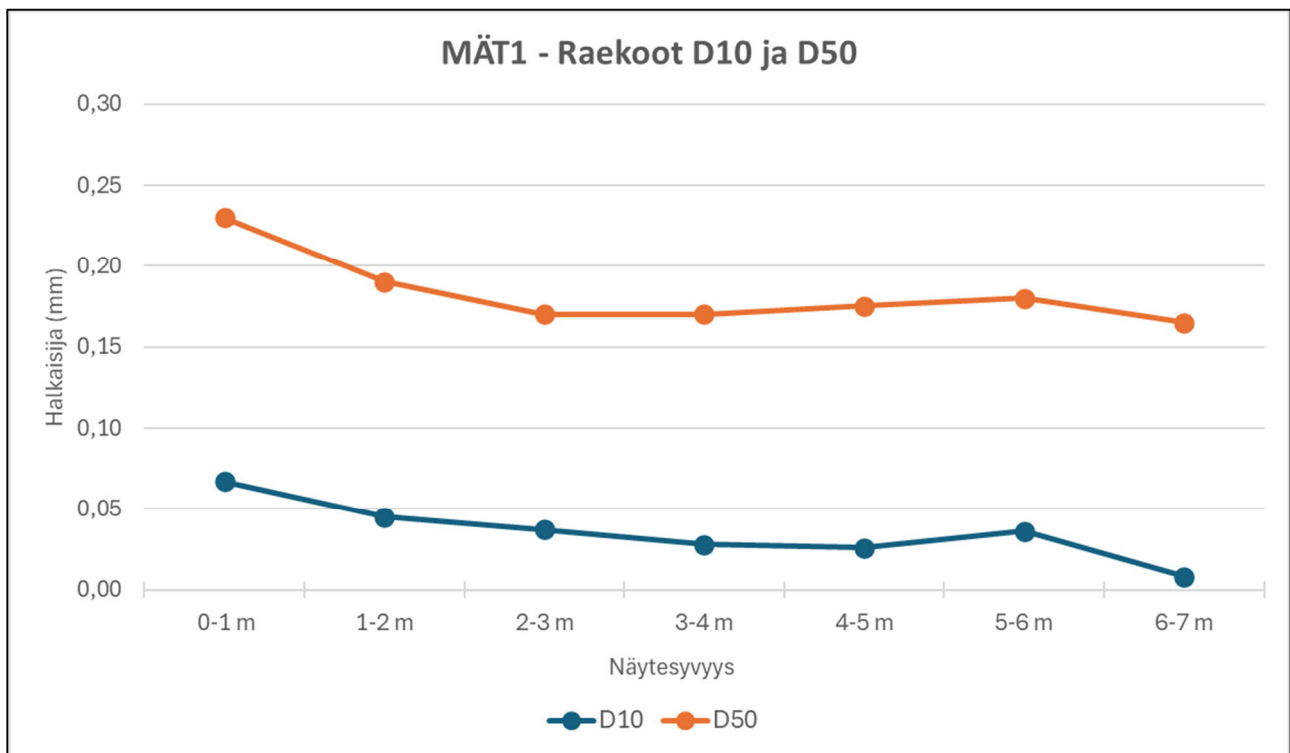
Tutkimuspisteessä MÄT1 rikastushiekka on tutkittujen näytteiden mukaan kerrostunutta sekä tiheyden että kosteuden perusteella. Tutkimuspisteessä vuorottelevat vähemmän tiheät ja tiheämmät kerrokset sekä vähemmän kosteat ja kosteammat rikastushiekkakerrokset. Muista tutkimuspisteistä tiheysmäärittäminen tehtiin ainoastaan noin 0–1 metrin kerroksesta otetusta näytteestä, minkä vuoksi niiden osalta kerrostuneisuutta ei voida arvioida.

4.4 Raekoko

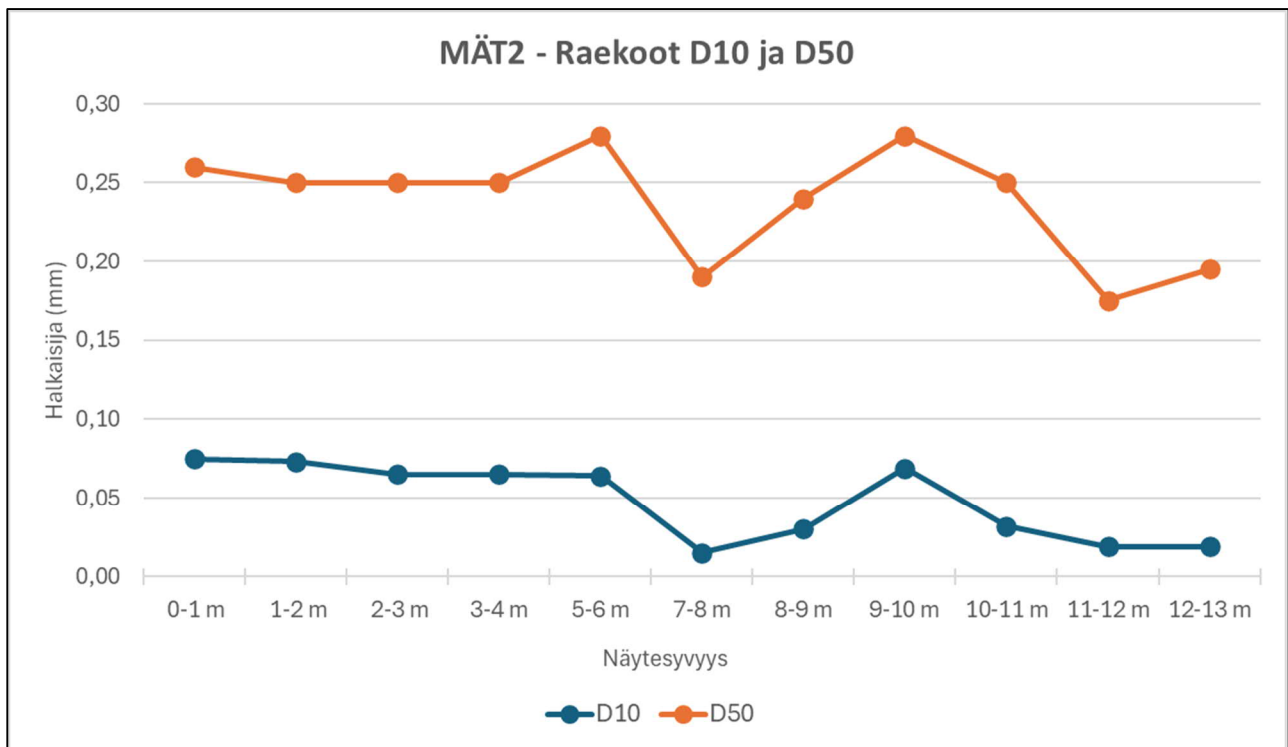
Mätäsvaaran rikastushiekan rakeisuuksia tutkittiin yhteensä kahdeksasta tutkimuspisteestä. Tutkimuspisteistä MÄT1, MÄT2 ja MÄT3 otetuista näytteistä rakeisuustutkimus tehtiin eri syvyyksiltä otetuista näytteistä ja niiden tulokset (D10 ja D50 raekoot) on esitetty erillisissä kuvissa (Kuva 10, Kuva 11 ja Kuva 12).

Tutkimuspisteistä MÄT4, MÄT5, MÄT6, MÄT7 ja MÄT10 tehtiin rakeisuusmääritykset kustakin yhdestä näytteestä. Näiden tutkimuspisteiden rakeisuusanalyysitulokset on esitetty koontina alla olevassa kuvassa (Kuva 13).

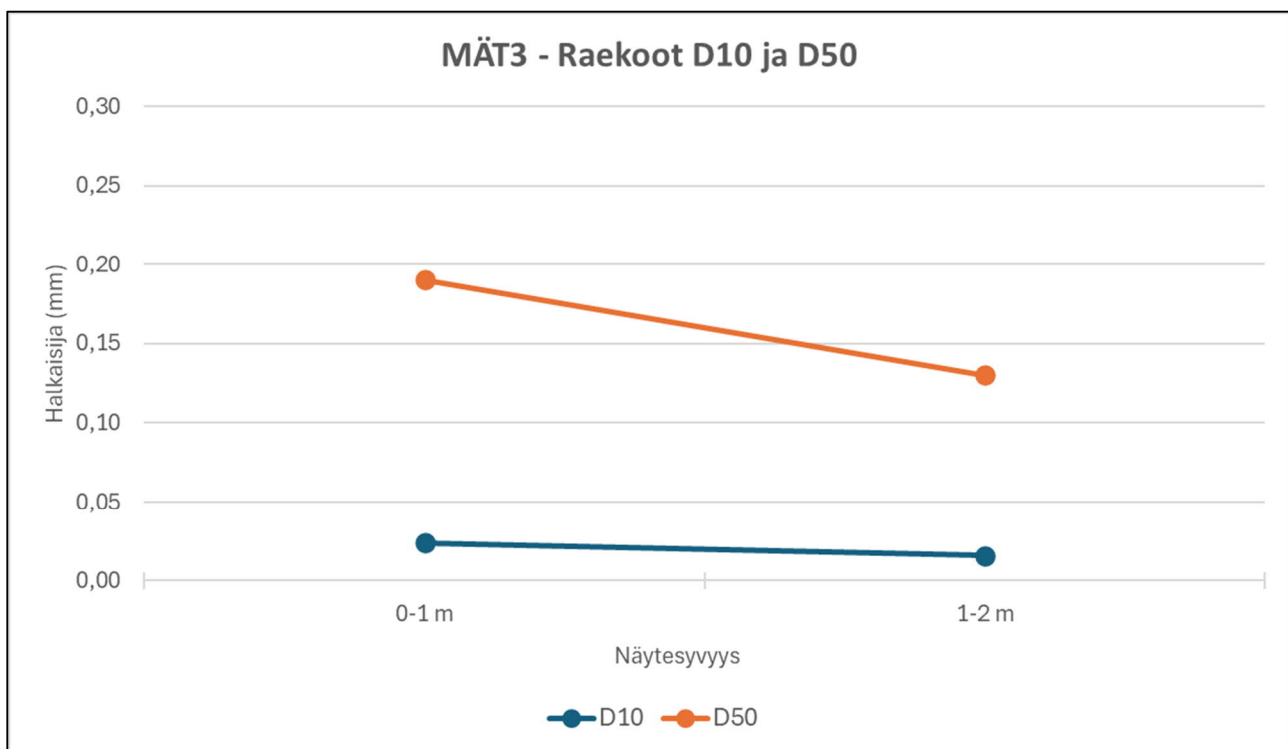
D50-luvulla tarkoitetaan keskimääräistä raekokoa (50 prosentin läpäisyä vastaava raekoko). D10-luku puolestaan on niin sanottu tehokas raekoko (10 prosentin läpäisyä vastaava raekoko). Alle olevissa raekokojen kuvaajissa D10-luvut on saatu laboratorion määrittelemänä ja D50-luvut on arvioitu likimääräisinä laboratorion toimittamista rakeisuuskäyristä.



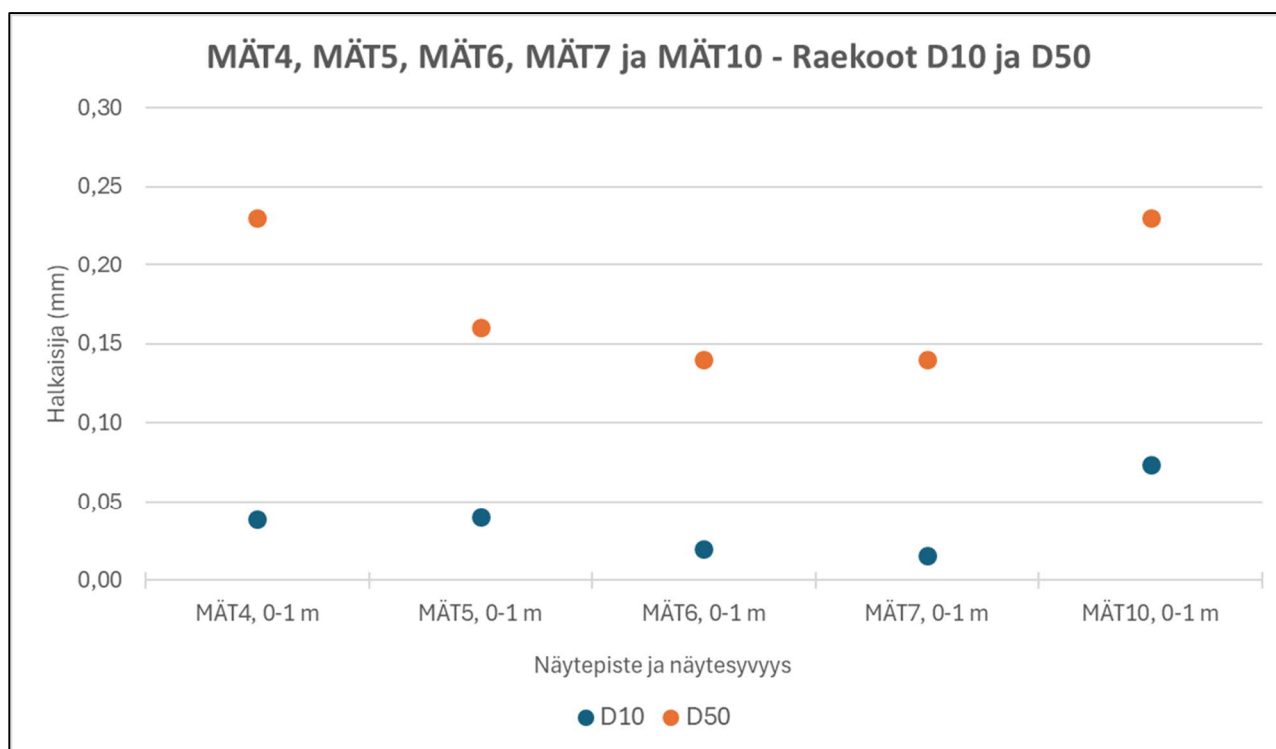
Kuva 10. Tutkimuspisteen MÄT1 rakeisuustutkimuksen raekoot D10 ja D50.



Kuva 11. Tutkimuspisteen MÄT2 rakeisuustutkimuksen raekoot D10 ja D50.



Kuva 12. Tutkimuspisteen MÄT3 rakeisuustutkimuksen raekoot D10 ja D50.



Kuva 13. Tutkimuspisteiden MÄT4, MÄT5, MÄT6, MÄT7 ja MÄT10 raekoot D10 ja D50.

Rakeisuustutkimusten perusteella rikastushiekan D10-raekoot ovat välillä 0,008...0,075 ja D50-raekoot ovat välillä 0,13...0,28. D50-luvun perusteella rikastushiekka vastaa maalajiltaan hienoa hiekkaa.

Suurimmillaan raekoot ovat tutkimuspisteen MÄT1 pintakerroksessa, tutkimuspisteessä MÄT2 useassa eri kerroksessa ja tutkimuspisteessä MÄT10. Pienimpiä raekokoja on puolestaan tutkimuspisteiden MÄT1 ja MÄT2 syvemmissä kerroksissa sekä tutkimuspisteissä MÄT 6 ja MÄT7.

Mätäsvaaran rikastushiekka-alueen pohjoispäässä rikastushiekkakerros on paksuin ja sen alueella olleiden tutkimuspisteiden MÄT1 ja MÄT2 välillä rikastushiekassa on jonkin verran laadullista eroa. Tutkimuspisteessä MÄT2 rikastushiekan raekoko on suurempi myös syvemmissä kerroksissa kuin tutkimuspisteessä MÄT1, jossa rikastushiekka on hienorakeisempaa 1–2 metrin syvyydeltä alkaen verrattuna tutkimuspisteeseen MÄT2. Rikastushiekka muuttuu hienorakeisemmaksi myös tutkimuspisteessä MÄT2 10–11 metrin syvyydestä alkaen.

4.5 Haponmuodostus

Haponmuodostusominaisuudet testattiin ABA-testeillä osana KAJAK-pilotointitutkimuksia kolmesta rikastushiekanäytteestä. Yhteenveto tuloksista on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 8).

Taulukko 8. Haponmuodostuspotentiaalin testaustulokset.

Näyte	Kok. S [%]	Kok. C [%]	NP [kg CaCO ₃ /t]	AP [kg CaCO ₃ /t]	NP/AP
MÄT1, 5–6 m	0,08	<0,05	2,6	2,5	1,04
MÄT2, 9–10 m	0,06	0,06	3,2	1,9	1,68
MÄT10, 0–1 m	0,05	<0,05	2,8	1,6	1,75

Näytteissä todetut kokonaisrikkipitoisuudet alittivat kaivannaisjäteasetuksen (VNa 190/2013) mukaisesti inertiksi luokiteltavan kiviaineksen sulfidirikin enimmäispitoisuuden (0,1 %). Vaikka neutralointipotentiaali ylittää hapontuottopotentiaalin testatuissa näytteissä ainoastaan niukasti (NP/AP-suhde 1,04...1,75), alhaisen rikkipitoisuuden vuoksi hapon muodostuminen rikastushiekasta on epätodennäköistä.

5 LAADUNVALVONTA

5.1 Laadunvalvonnan toteutus

Laadunvalvonnan (Quality Assurance and Quality Control) tarkoitus on ennalta ehkäistä näytteenottoon liittyvät laadulliset ongelmat sekä seurata, havainnoida ja raportoida laatu puutteet näytteiden analysointivaiheessa yhdessä laboratorion kanssa.

Projektissa Geologian tutkimuskeskus (GTK) tuotti ennen näytteenoton aloitusta toimintaohjeistuksen, joka sisälsi maastossa tapahtuvan näytteenoton eri vaiheet ja havainnointipohjan sekä näytteiden esikäsittelyohjeistuksen ennen näytteiden lähettämistä laboratorioon. Toimintaohjeistus käytiin yksityiskohtaisesti läpi ennen työmaan aloitusta ja hyväksyttiin yhdessä Envineer Oy:n kanssa. Toimintaohjeistuksen tarkoitus oli minimoida näytteenottoon liittyvät laadulliset virhetekijät ja varmistaa yhtenäinen toimintatapa maastossa työskentelevien henkilöiden kesken.

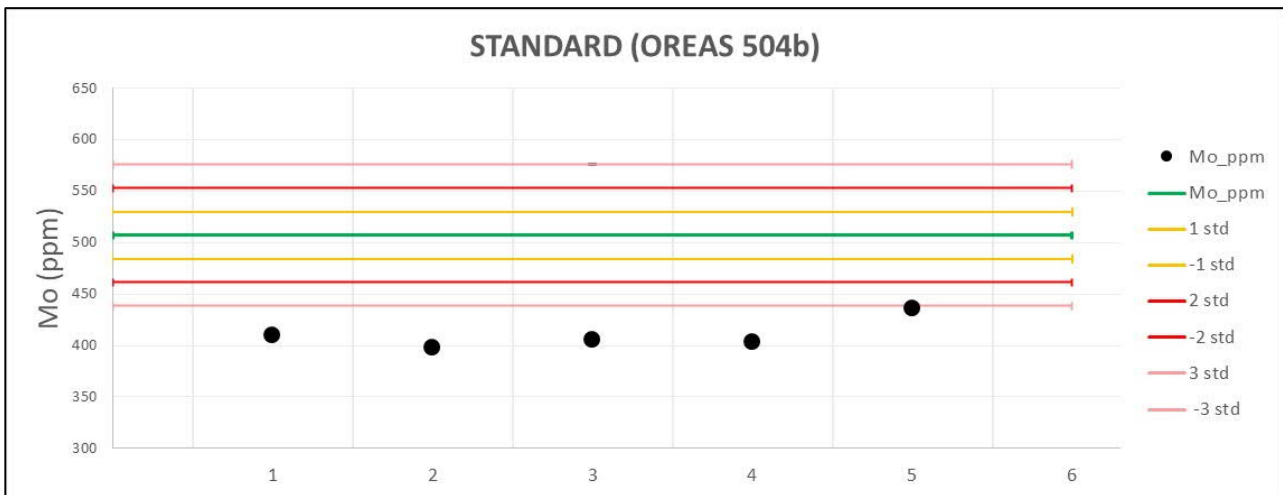
Analyysituloksien laadunvarmentamiseksi projektissa käytettiin kaupallista referenssinäytettä (OREAS 504b), joka tilattiin OREAS-nimisestä standardivalmistajalta Australiasta. OREAS 504b on komposiittinäyte, joka koostuu porfyriikupari-tyyppisestä malmista sekä sivukivestä, johon lisätty Cu-Mo rikastetta. Vertailumateriaali OREAS 504b on analysoitu 34 eri akreditoidussa laboratoriossa ympäri maailmaa, ja lopullinen analyysitulokset sertifioituille vertailumateriaaleille lasketaan tilastollisesti yksittäisten laboratorioden toimittamien tulosten perusteella kierroksessa tehtävän vertailutestin aikana. Referenssinäytteet toimitettiin erillisinä 50 gramman vakuumpakatuissa pakkauksissa, jota lisättiin projektinäytteiden sekaan sokealla tunnuksella. Lisäksi laboratorion esikäsittelyyn (murskaus ja jauhatus) liittyvää mahdollista kontaminaatiota tarkasteltiin hiekkänäytteillä, jotka toimivat niin sanottuina nollänäytteinä.

5.2 Referenssinäytteiden tulokset

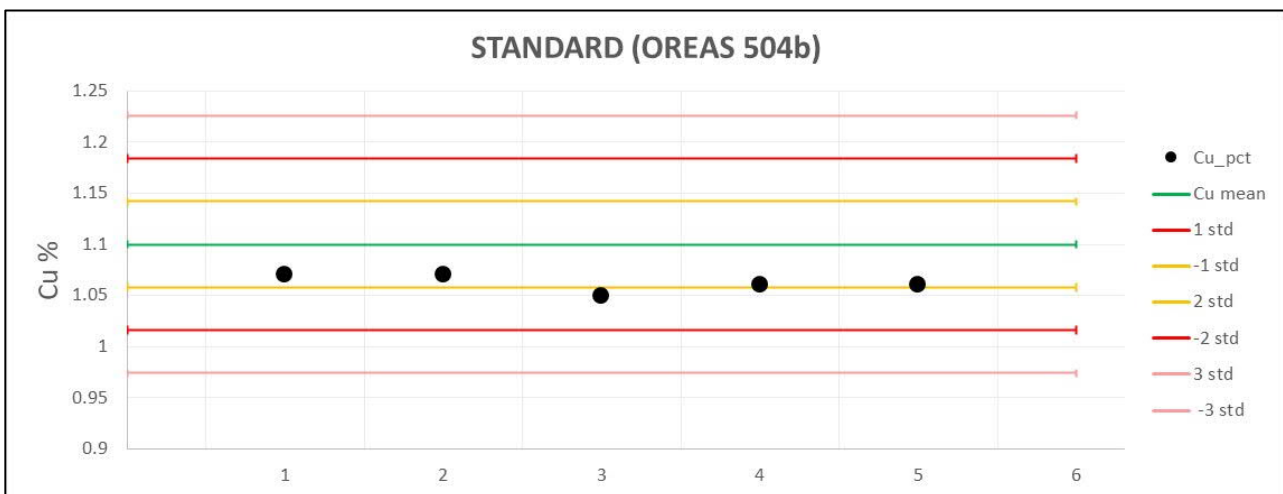
OREAS 504b standardin tuloksia tarkasteltiin tilastollisesti vertailemalla valmistajan ilmoittamaa alkuaineen pitoisuutta suhteessa projektissa lisättyihin referenssinäytteiden tuloksiin. Tämä antaa ulkoisen laadunvalvontatuloksen, jolla voidaan seurata analyysituloksien tarkkuutta. Analyysituloksien laadullisessa tarkastelussa kiinnitettiin huomiota, miten referenssinäytteiden analyysitulokset molybdeenin ja kuparin osalta sijoittuvat keskihajonta (x_1 , x_2 ja x_3) viivojen suhteen. Suuret poikkeamat analysoitujen standardinäytteiden ja valmistajan ilmoittamien alkuainepitoisuuksien välillä voi tarkoittaa projektinäytteiden laatu poikkeamaa, ja näin ollen poikkeavan suuret tai pienet pitoisuudet tulee raportoida ja tarkastella kokonaisvaltaisesti.

Tarvittaessa poikkeamista ollaan yhteydessä laboratorioon ja pyydetään uusinta-analyysiä tietystä osasta näyte-erää.

Tuloksia kuparin osalta voidaan pitää normaalina hajontana, ja kaikkien näytteiden osalta tulokset olivat keskihajonnan (x3) sisällä valmistajan ilmoittamaan pitoisuuteen nähden (Kuva 14). Sitä vastoin molybdeenitulokset ovat kaikkien näytteiden osalta alhaisemmat kuin keskihajonta (x3) (Kuva 15). Tulos ei ole hyvä ja lopullisessa tuloksien tarkastelussa on syytä huomioida, että molybdeenipitoisuudet saattavat olla hieman alikorostuneita.



Kuva 14. OREAS 504b referenssinäytteen (standardi) tulokset raudan (Mo wt. %) suhteen.

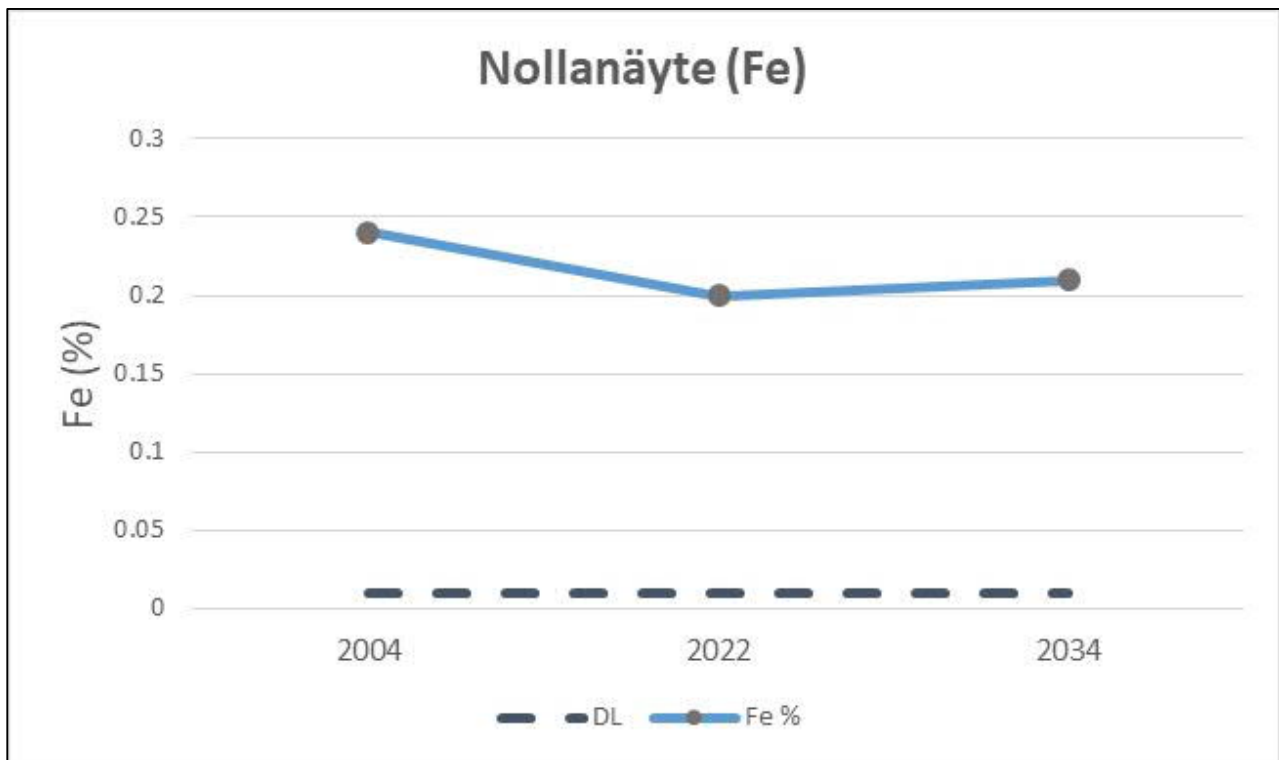


Kuva 15. OREAS 504b referenssinäytteen (standardi) tulokset raudan (Cu wt. %) suhteen.

5.3 Nollanäytteiden tulokset

Nollanäytteenä käytettyä hiekanäytettä verrattiin lähinnä raudan suhteen. Analyysituloksien laadullisessa tarkastelussa kiinnitettiin huomiota ainoastaan tuloksien heilahteluihin sekä anomaalisen korkeisiin pitoisuustasoihin. Hiekan pitoisuutta ei tiedetty ennakolta, minkä vuoksi kontaminaatiolähteen arvioiminen tarkasti ei ole mahdollista. Tuloksissa on nähtävillä heikkoa kontaminaatiota kaikissa näytteissä (Kuva 16). Kohtalaisen tasaisesti jakautuneiden pitoisuuksien on tulkittu johtuvan alun perin hiekassa esiintyvistä vähäisistä rautapitoisuuksista, ei laboratorion

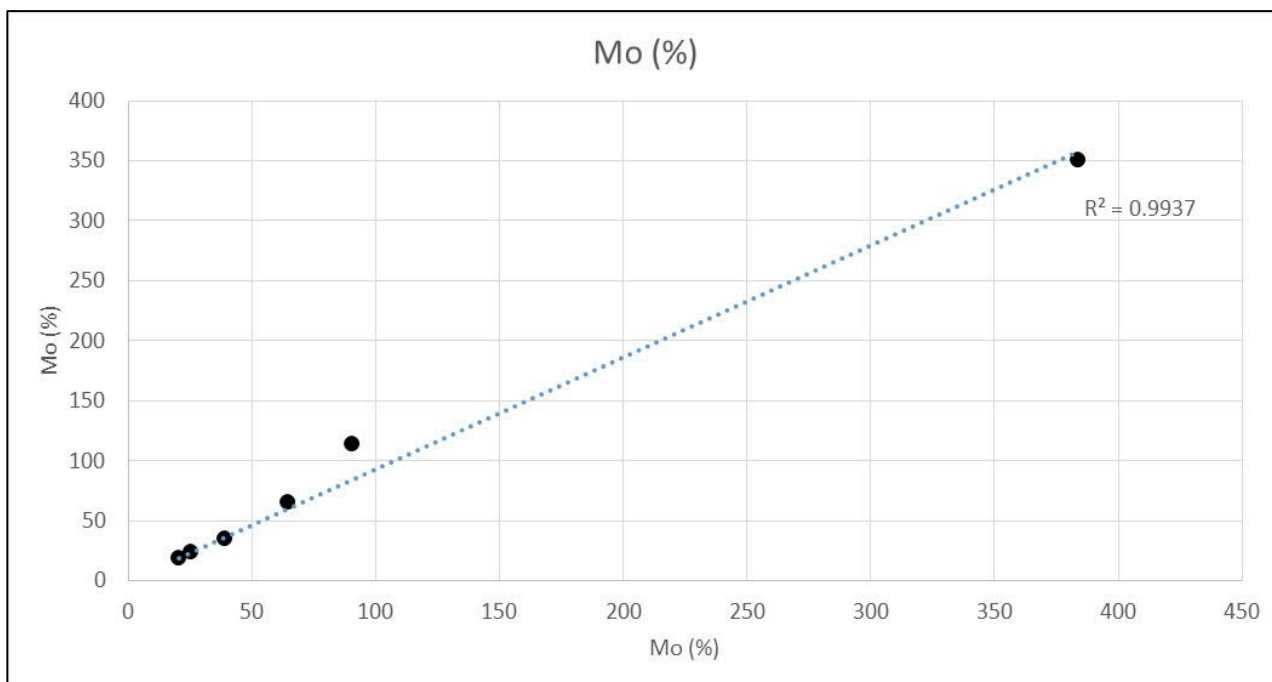
esikäsittelyn kontaminaatiosta. Tätä havaintoa ei kuitenkaan pystytä varmuudella sanomaan. Pitoisuustasot ovat kauttaaltaan hyvin alhaiset, joten tällä ei ole kokonaisuuden kannalta laadullista merkitystä.



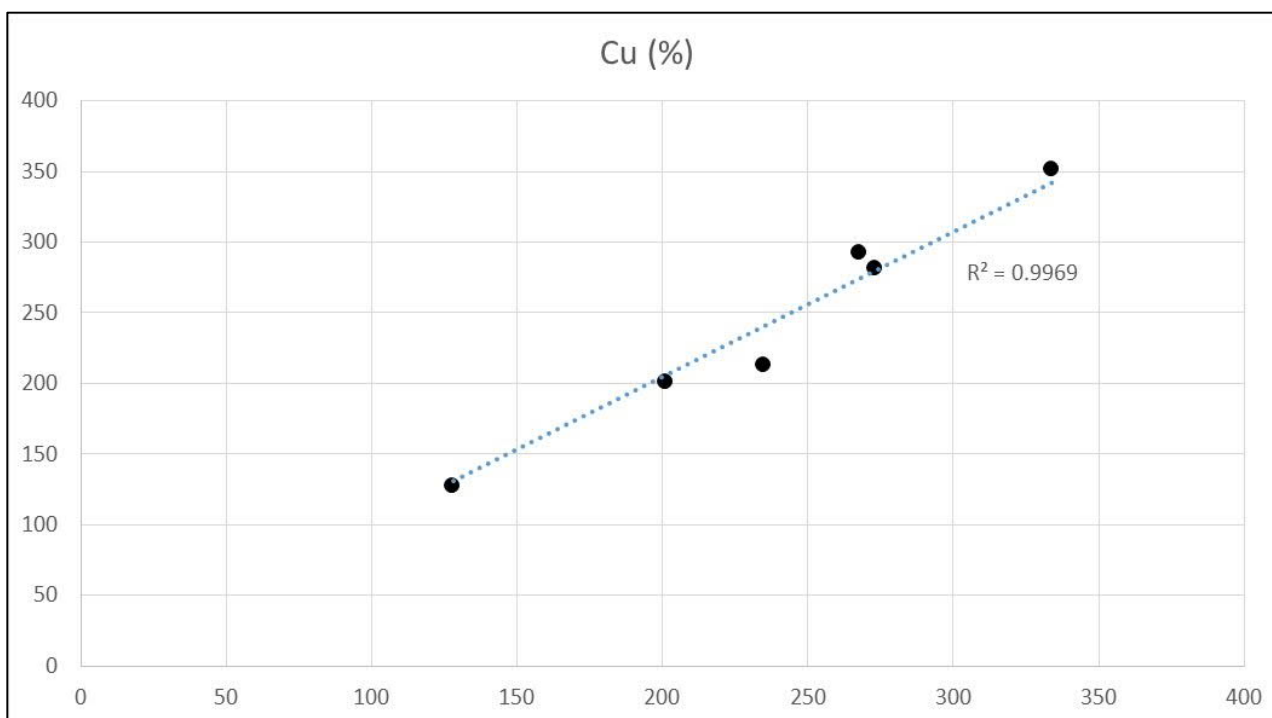
Kuva 16. Nollanäytteen tulokset raudan (Fe wt.%) suhteen.

5.4 Laboratoriorinnakkaisten tulokset

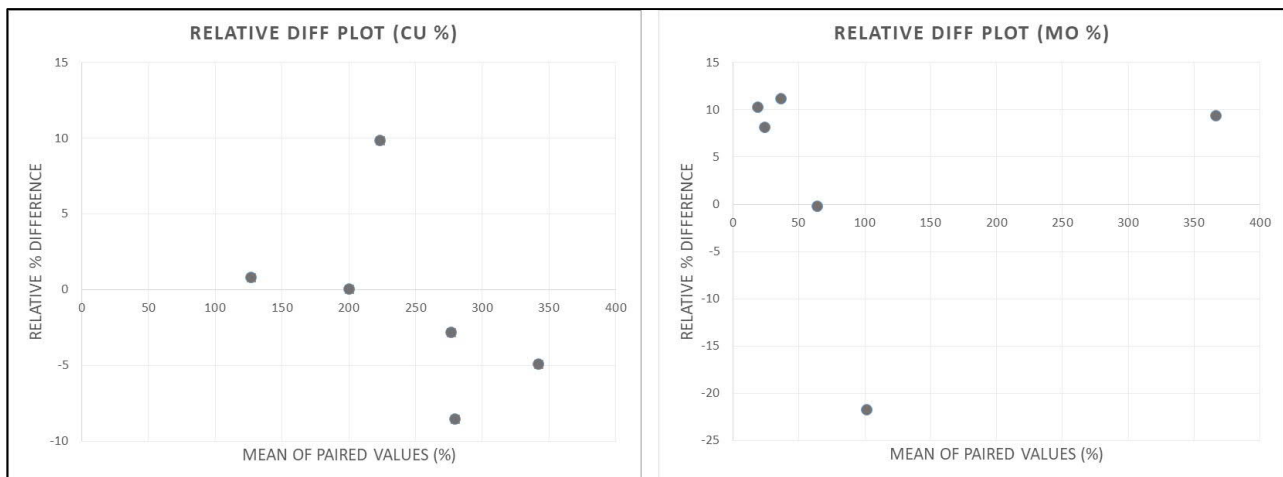
Laboratoriorinnakkaiset ovat ns. duplikaattinäytteitä, jotka mahdollistavat toistettavuuden tarkastelun. Mätäsvaaran näyte-erässä duplikaattipareja oli yhteensä viisi, ja tuloksia tarkasteltiin suhteessa kuparin ja molybdeenin kanssa. XY-diagrammilla näytteiden välinen korrelaatio oli yli 0.99 (R^2), mikä tarkoittaa erinomaista toistettavuutta (Kuva 17, Kuva 18). Tarkasteltaessa suhteellista eroa näyteparien välillä (näyteparien keskiarvon sekä suhteellisen % ero) suhteen voidaan todeta, että pitoisuusjakaumat ovat pääasiassa $\pm 5\text{--}10\%$ luokkaa, mitä voidaan pitää hyvänä toistettavuutena (Kuva 19).



Kuva 17. Duplikaattiparien vertailu molybdeenin (Mo wt. %) suhteen.



Kuva 18. Duplikaattiparien vertailu kuparin (Cu wt. %) suhteen.



Kuva 19. Näyteparien tarkastelu kuparin ja molybdeenin osalta prosentuaalisen eron ja keskiarvopitoisuuden suhteen.

6 MALLINNUS JA BLOKKIMALLI

6.1 Tietokanta

Mallinnustietokanta koostettiin Microsoft Access -tietokannaksi. Mätäsvaaran tietokanta sisältää tiedot 11 kairareistä ja niiden 34 näytepisteestä. Tiheystulokset löytyvät 9 näytepisteestä. Tietokannassa kaikki alkuainepitoisuudet ovat ppm-yksikössä, ja yksikön muutoksia tehtiin pelkästään lopullisia mallinnustuloksia kootessa. Tietokannan yhtenäisyys tarkistettiin huolellisella datan läpikäynnillä, sekä collar- ja survey-tietojen visuaalisella tarkastelulla 3D-ympäristössä, jotta voitiin varmistua, että kaikki koordinaattitiedot olivat oikein.

6.2 Blokkimalli

Mätäsvaaran mallinnettavan alueen rajat määritettiin ilmakuvien ja Tornivaara et al. (2018) raportin perusteella. Alueen pinta otettiin 5x5 resoluution LIDAR aineistosta. Tämän projektin puitteissa kairatut reiät eivät saavuttaneet kaikkialla rikastushiekka-alueen pohjaa, joten pohjan määrittämiseen käytettiin syksyllä 2021 kairattuja kolmea tutkimusreikää, jotka olivat saavuttaneet altaan pohjan, ja taso luotiin siihen tietoon pohjautuen. Blokkimallinnuksen pohjatietoja on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 9).

Taulukko 9. Blokkimallinnuksen pohjatietoja.

Topografia	Mallinnettavien alueiden pinnat on määritetty 5 x 5 m solukokoisen LIDAR aineiston perusteella
Näytepisteiden sijainnit	Kairareikien sijainnit tallennettiin tarkkuus-GPS:llä
Tietokanta	Microsoft Access -tietokantaan koottiin näytteenoton perusteella kairareikien collar- ja survey-tiedot, sekä näytteistä assay, density ja d50-tiedot
Blokkimalli	Arviointi suoritettiin blokkimalliin, jossa blokkien koko on 35 x 35 x 2 m, ja alablokkien koko 17,5 x 17,5 x 1 m.
Estimointi	- Estimointimenetelmänä käytettiin Inverse Distance Weighted (IDW) -menetelmää. - Cut-off rajoja ei asetettu
Tiheys	Tiheys laskettiin jokaiselle blokille samalla IDW-menetelmällä kuin mitä käytettiin alkuainepitoisuuksien määrittämiseen

Mallinnettaviksi alkuaineiksi valittiin sellaisia alkuaineita, joilla on taustapitoisuuksia korkeammat pitoisuudet analyysidatassa painottuen mahdollisesti taloudellisiin alkuaineisiin ja PIMA-asetuksen mukaisiin haitta-aineisiin. Mallinnettaviksi alkuaineiksi valittiin kupari, sinkki, lyijy, molybdeeni, alumiini ja rikki. Muiden alkuaineiden pitoisuudet olivat analyysidatassa niin alhaiset, ettei niiden mallintamiselle nähty tarvetta taloudellisen potentiaalin tai ympäristövaikutusten selvittämiseksi.

Lista blokkimalliin luoduista attribuuteista on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 10).

Taulukko 10. Lista blokkimalliin luoduista attribuuteista, joita käytetään alkuainepitoisuuksien ja tiheyksien estimointiin, sekä blokkimallin validointiin.

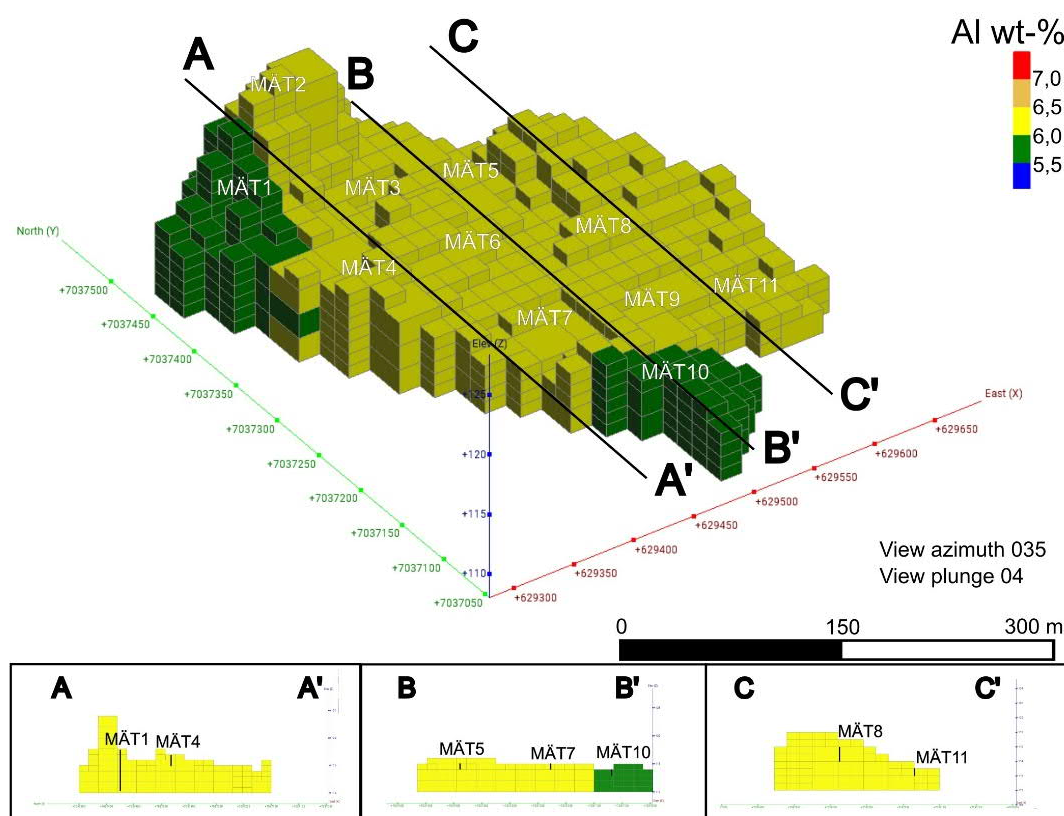
Attribuutti	Datatyyppe	Desimaalit	Kuvaus
ands	Real	2	Blokin anisotrooppinen etäisyys lähimpään näytepisteeseen
aveands	Real	2	Blokin keskimääräinen anisotrooppinen etäisyys blokkia informoiviin näytepisteisiin
avetrds	Real	2	Blokin keskimääräinen todellinen etäisyys blokkia informoiviin näytepisteisiin
ards	Real	2	Blokin todellinen etäisyys lähimpään näytepisteeseen
Pb_ppm	Real	2	Lyijypitoisuus IDW-menetelmällä laskettuna
Cu_ppm	Real	2	Kuparipitoisuus IDW-menetelmällä laskettuna
Zn_ppm	Real	2	Sinkkipitoisuus IDW-menetelmällä laskettuna
Al_ppm	Real	2	Alumiinipitoisuus IDW-menetelmällä laskettuna
Mo_ppm	Real	2	Molybdeenipitoisuus IDW-menetelmällä laskettuna
S_ppm	Real	2	Rikkipitoisuus IDW-menetelmällä laskettuna
Density	Real	2	Tiheys IDW-menetelmällä laskettuna
d50	Real	2	D50 raekoko IDW-menetelmällä laskettuna
numdh	Integer		Kairareikien määrä, jota käytettiin informoimaan blokkia
numsam	Integer		Näytepisteiden määrä, jota käytettiin informoimaan blokkia

6.3 Mallinnustulokset

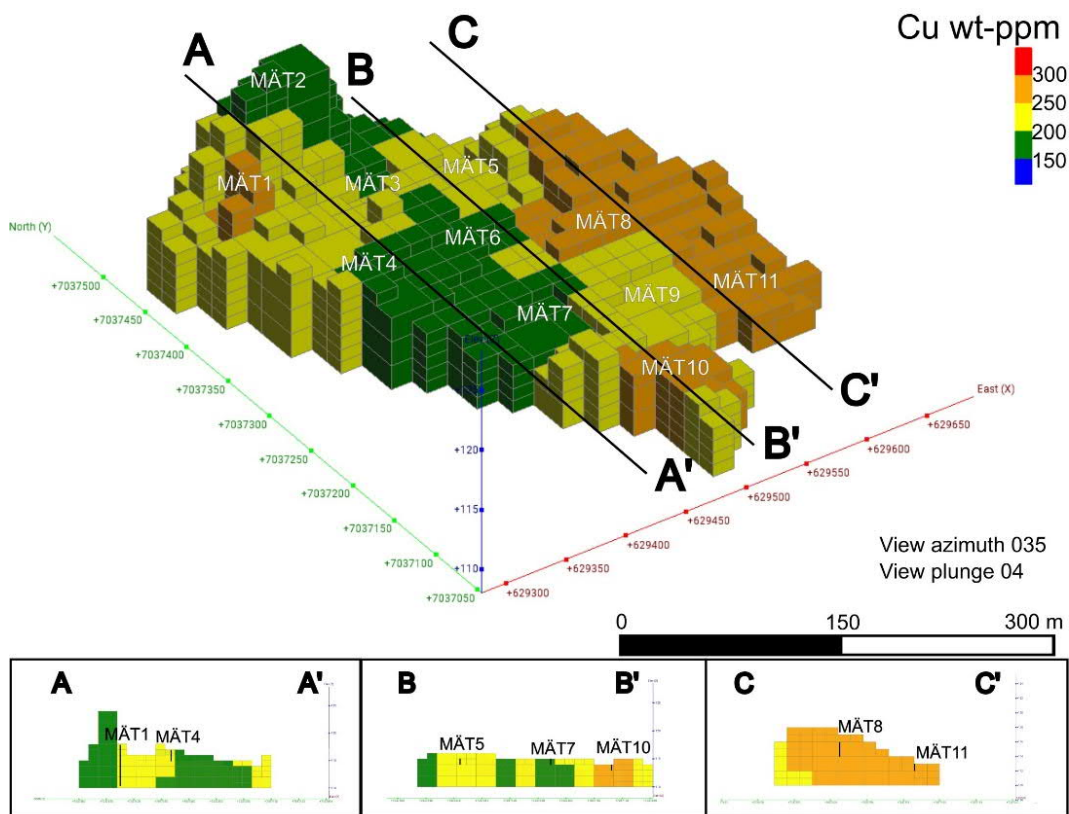
Valittu blokkikoko mallille oli 35 x 35 x 2 m ja alablokkien koko 17,5 x 17,5 x 1 m. Yhden blokin estimointiin vaadittiin näytetiedot vähintään kolmelta näytteeltä ja enintään 15 näytteeltä. Maksimi etsintäetäisyys blokilta näytteelle oli 300 metriä. Cut-off arvoja ei käytetty yhdenkään alkuaineen

osalta mallinnustuloksissa; malmiluokan pitoisuuksia ei ylipäättään näytetuloksissa ollut. Tonnimäärät rikastushiekalle laskettiin laskemalle jokaiselle blokille tiheysarvo IDW-menetelmällä, kertomalla tiheysarvo blokin tilavuudella, ja summaamalla nämä arvot koko blokkimallista yhteen.

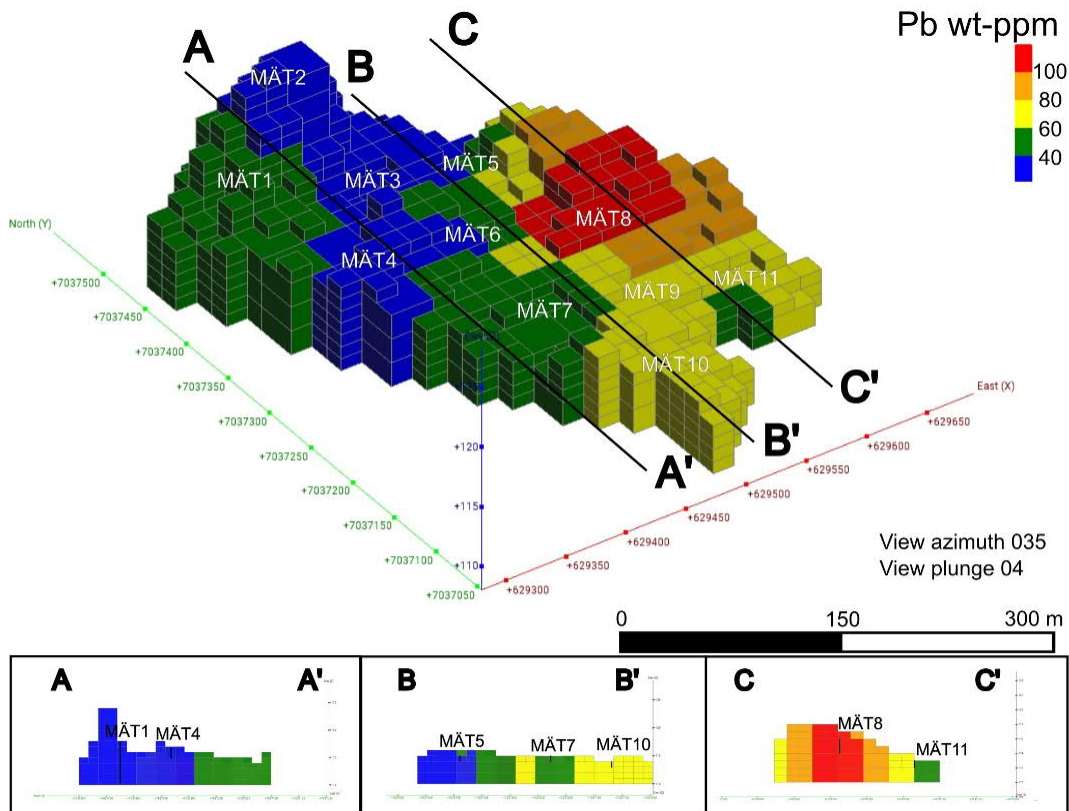
Mallin perusteella alumiinipitoisuus on alueella hyvin tasainen (Kuva 20). Kuparin määrä hieman vaihtelee, mutta se on suurimmillaan itä- ja eteläosassa, ja pienimmillään keski- ja pohjoisosassa (Kuva 21). Lyijypitoisuus on korkeimmillaan itäosassa, mutta on huomattava, että näytepisteiden määrän vuoksi yhden korkean lyijyn analyysituloksen vaikutus koko malliin on huomattava (Kuva 22). Molybdeenipitoisuus on korkein alueen pohjoispäädyssä (Kuva 23). Rikkipitoisuus on korkein alueen pohjois- ja eteläpäädyissä, ja pienimmillään keskiosassa (Kuva 24). Sinkkipitoisuus on alueen kaakkoisosassa suurin, ja pienin pohjoispäädyssä (Kuva 25).



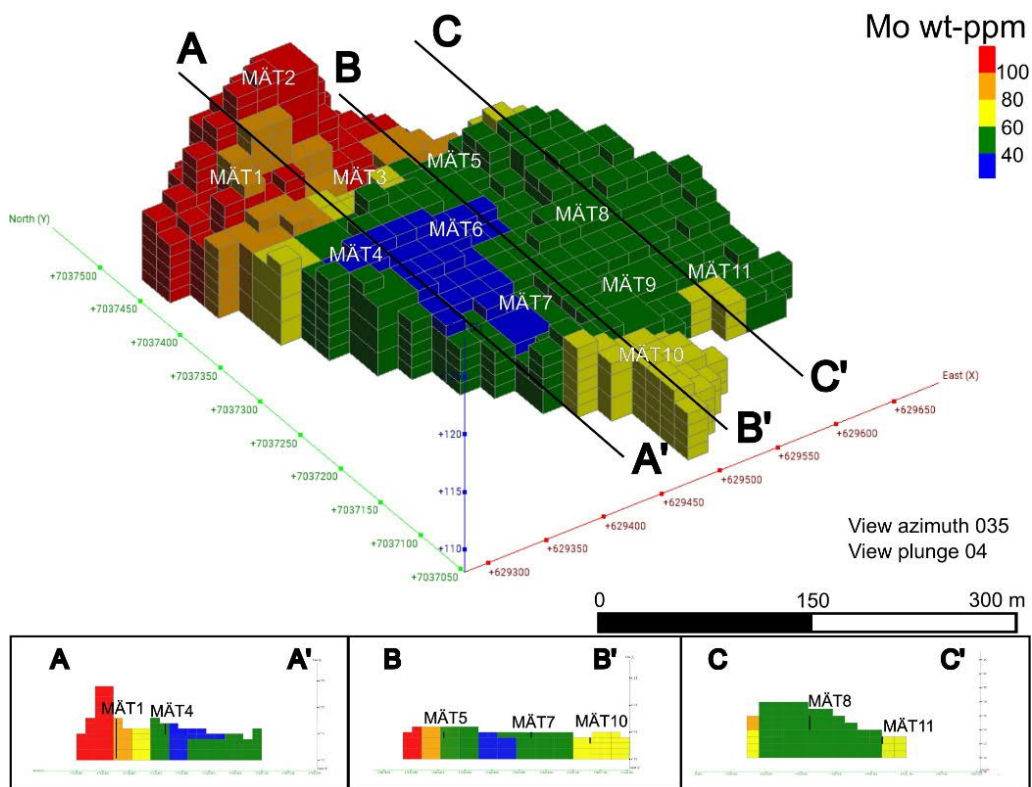
Kuva 20. Mätäsvaaran alumiiniblokkimallin yleiskuva, sekä kolme poikkileikkausta. Malli on 10-kertaisella vertikaalisella korostuksella havainnollisuuden lisäämiseksi.



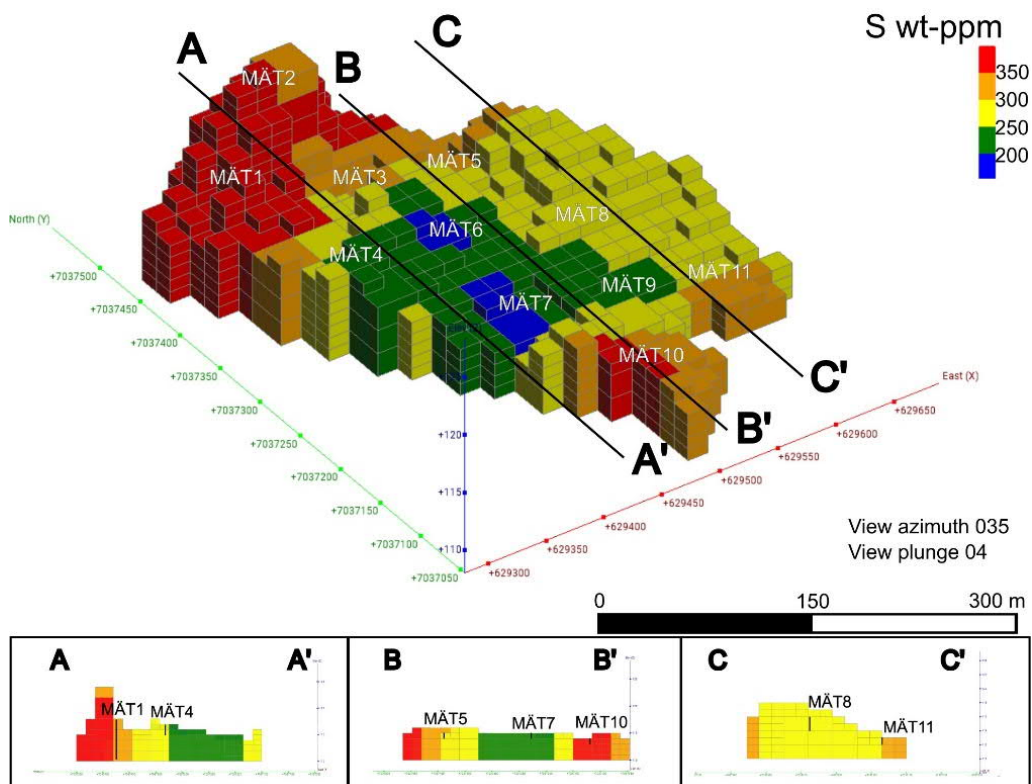
Kuva 21. Mätäsvaaran kupariblokkimallin yleiskuva, sekä kolme poikkileikkausta. Malli on 10-kertaisella vertikaalisella korostuksella havainnollisuuden lisäämiseksi.



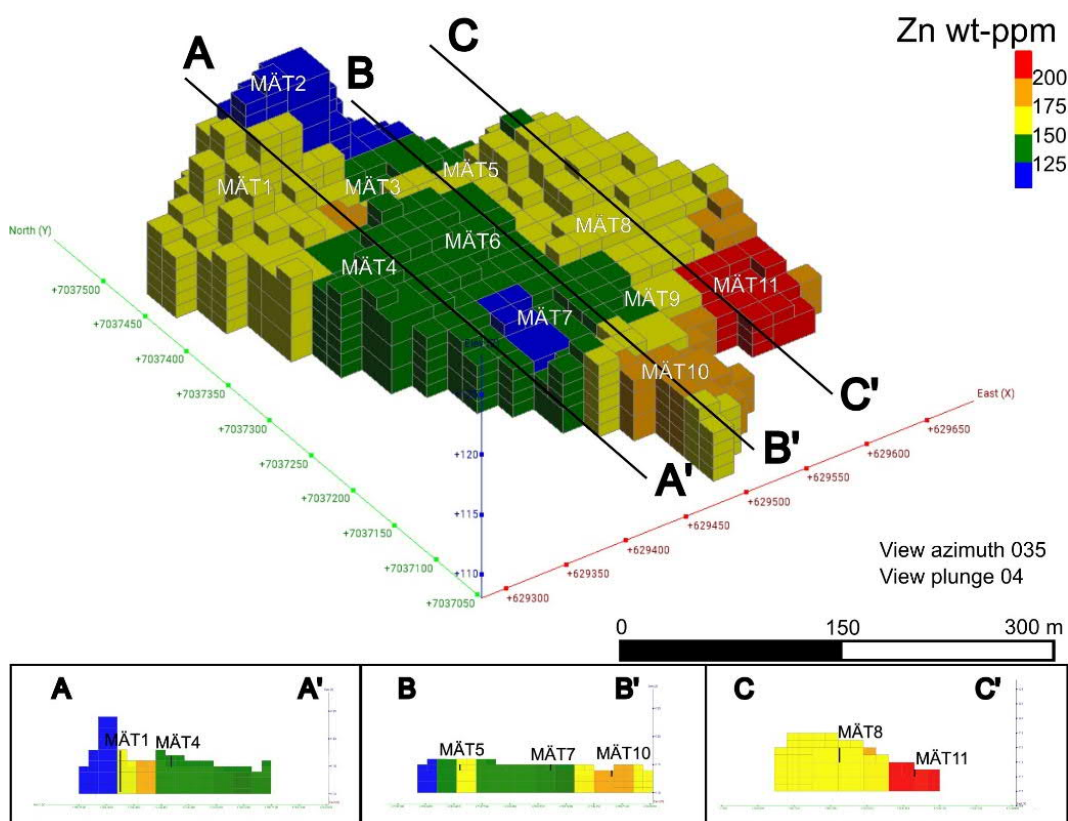
Kuva 22. Mätäsvaaran lyijyblokkimallin yleiskuva, sekä kolme poikkileikkausta. Malli on 10-kertaisella vertikaalisella korostuksella havainnollisuuden lisäämiseksi.



Kuva 23. Mätäsvaaran molybdeeniblokkimallin yleiskuva, sekä kolme poikkileikkausta. Malli on 10-kertaisella vertikaalisella korostuksella havainnollisuuden lisäämiseksi.



Kuva 24. Mätäsvaaran rikkiblokkimallin yleiskuva, sekä kolme poikkileikkausta. Malli on 10-kertaisella vertikaalisella korostuksella havainnollisuuden lisäämiseksi.



Kuva 25. Mätäsvaaran sinkkiblokkimallin yleiskuva, sekä kolme poikkileikkausta. Malli on 10-kertaisella vertikaalisella korostuksella havainnollisuuden lisäämiseksi.

7 VARANTOARVIO

7.1 Yleistä

Rikastushiekkojen (kaivannaisjätteet) taloudellinen potentiaali voi olla merkittävä verrattuna primäärisiin kaivosprojekteihin, erityisesti matalampien operointikustannusten ansiosta. Vaikka primäärisissä kaivoksissa näiden alkuaineiden pitoisuudet voivat olla hieman korkeampia, jätteiden käsittelyssä matalammatkin pitoisuudet voivat olla kannattavia alhaisempien louhinta- ja käsittelykustannusten ansiosta. Lisäksi mahdollisuus talteenottaa useita alkuaineita samanaikaisesti voi parantaa hankkeen tuottoa, kompensoiden yksittäisten alkuaineiden alhaisempia pitoisuuksia. Kannattavuus riippuu alkuaineiden pitoisuustasojen ohella useista muistakin tekijöistä, kuten markkinakysynnästä ja jätealueiden koosta.

Nikkelin talteenotto edellyttää yleensä pitoisuuksia 0,2–2 % alueella, kun taas koboltti voi olla kannattavaa 0,05–0,2 % tasolla. Harvinaisten maametallien (TREO) kohdalla kannattavuus voi toteutua jo 0,1–1 % pitoisuuksilla. Molybdeenille vastaava raja on 0,01–0,1 %, ja titaanidioksidille 3–5 % voi olla riittävä rikastushiekoissa. On kuitenkin tärkeää huomioida, että rikastushiekkojen taloudellinen kannattavuus ei riipu pelkästään alkuaineiden pitoisuuksista, vaan myös niiden pitoisuusjatkuvuudesta. Hyvä pitoisuusjatkuvuus on välttämätön, jotta voidaan varmistaa tasainen ja luotettava saanti pitkällä aikavälillä. Toinen keskeinen tekijä on rikastettavuus: jätteen tulee olla

sellaisessa muodossa, että se on mahdollista rikastaa tehokkaasti ja taloudellisesti. Tämä tarkoittaa, että materiaalin tulee olla prosessointikelpoista ja sen saanti täytyy olla riittävän korkea, jotta talteenotto on taloudellisesti kannattavaa. Ilman riittävän korkeaa saantiprosenttia, rikastushiekan käsittely ei tuottaisi tarpeeksi arvoa, mikä voisi tehdä hankkeesta taloudellisesti kannattamattoman. Pitoisuuden ja rikastettavuuden lisäksi taloudellisessa kannattavuudessa on jätealueiden koko: materiaalia täytyy olla riittävästi, jotta operaatio voi jatkua useita vuosia ja investointi maksaa itsensä takaisin.

7.2 Mätäsvaaran rikastushiekan varantoarvio

Mätäsvaaran rikastushiekan mallinnustulokset on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 11). Mallinnustulokset osoittavat, ettei Mätäsvaaran rikastushiekka-alueella ole sellaisia pitoisuuksia, että alueella olisi taloudellisesti hyödyntämiskelpoista mineraalipotentialiaa.

Taulukko 11. Mätäsvaaran estimointitulokset: rikastushiekan kokonaismäärä sekä alumiinin, kuparin, molybdeenin, lyijyn, sinkin ja rikin pitoisuus sekä määrä rikastushiekassa

Tonnit	Al	Cu	Mo	Pb	Zn	S
0,491 Mt	6,12 %	223 ppm	71 ppm	58 ppm	152 ppm	299 ppm
	30 049 t	109 t	35 t	28 t	75 t	147 t

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

8.1 Yleistä

Mätäsvaaran rikastushiekka-alueen raaka-ainepotentiaalin selvittäminen tehtiin tässä pilot-hankkeessa erillisenä, eikä yhdistettyinä ympäristötutkimuksiin, kuten pilot-hankkeeseen sisältyneessä toisessa tutkimuskohteessa (Kärväsvaara). Mätäsvaarassa on tehty ympäristötutkimuksia vuosina 2021 ja 2022.

Mätäsvaaran raaka-ainepotentiaalitutkimuksen kohdekohtaisessa tutkimussuunnitelmassa ja käytännön toteutuksessa sovellettiin GTK:n laatimaa suunnitelmaa (liite 3). Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan yleisten työn toteutukseen liittyvien havaintojen ja johtopäätösten ohella kyseisen suunnitelman mukaisten toimenpiteiden toteutettavuutta käytännössä. Lisäksi tarkastellaan eri menetelmillä toteutettujen alkuaineanalyyysien soveltamista ympäristövaikutusten ja raaka-ainepotentiaalin arvioinnin näkökulmista. Johtopäätöksissä tuodaan esiin ympäristö- ja raaka-ainepotentiaaliin liittyvien tutkimusten yhdistämismahdollisuuksiin liittyviä seikkoja ja mahdollisia toimenpide-ehdotuksia.

8.2 Käytännön toteutuksen havainnot

8.2.1 Kenttätyöt ja näytteiden käsittelyt

Mätäsvaaran raaka-ainepotentiaalitutkimuksien toteutuksessa noudatettiin pääsääntöisesti GTK:n alkuperäistä tutkimussuunnitelmaa (Liite 3), jonka perusteella kohdetutkimuksille laadittiin tarkennettu tutkimussuunnitelma (Liite 4).

Näytteenotto Mätäsvaaran rikastushiekka-alueella toteutettiin tutkimussuunnitelman mukaisesti kairakoneen maaputkikalustolla 1 metrin kerrospaksuutta edustavina näytteinä. Tutkimuksen toteuttamiseen vaikutti pohjaveden pinnankorkeus, joka oli näytteenoton yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella noin 2 metriä korkeammalla, kuin aiemmin toteutettujen ympäristötutkimusten aikaan (lokakuu 2021). Suurimmalla osalla rikastushiekka-alueesta pohjavedenpinta oli noin 1–2 metrin syvyydellä maanpinnasta, vedellä kyllästyneen kerroksen rikastushiekan ollessa niin vetistä, ettei se pysynyt näytteenottimessa. Tämän vuoksi näytteenottosyvyys jäi useimmissa tutkimuspisteissä suunniteltua pienemmäksi ja kerättyjen näytteiden määrä ei vastannut tutkimussuunnitelmaa. Kenttätöiden yhteydessä harkittiin myös muiden kairanäytteenottimien käyttöä, mutta yhdessä kairaurakoitsijan kanssa tehdyn tarkastelun perusteella kyseisessä olosuhteessa millään muullakaan näytteenottimella ei olisi todennäköisesti päästy parempaan tulokseen.

Tutkimusten toteuttaminen kairausten sijasta ainakin osittain koekuopittamalla olisi voinut parantaa tutkimusten edustavuutta, tosin korkealla ollut pohjaveden pinta olisi merkittävästi haitannut myös koekuoppatutkimusta. Näytteenottoajankohdan valinnalla, ajoittamalla kenttätyöt mahdollisuuksien mukaan loppukesälle tai alkusyksylle, voidaan tässä suhteessa merkittävästi vaikuttaa tutkimusten onnistumiseen. Yleisesti koekuopista kaivannaisjätteen havainnointi (ulkonäkö, kerrostuneisuus yms.) on kairanäytteenottoon verrattuna edustavampaa.

Edellä mainittujen asioiden lisäksi kenttätöiden toteutuksessa kerättiin kokemusta ja tehtiin havaintoja suunnitelman mukaisesta kenttätyön teknisestä toteutuksesta, kuten havaintolomakkeiden täyttämisestä, näytteiden aistinvaraisesta havainnoinnista, riittävän näyttemäärän varmistamisesta sekä näytteiden nimeämiskäytännöstä. Joitakin työn toteutuksen teknisiin yksityiskohtiin liittyviä huomioita tehtiin ja tuotiin työryhmän tietoon, mutta kaiken kaikkiaan selvitykselle laaditun suunnitelman mukainen menettely todettiin toteutuskelpoiseksi.

8.2.2 Analytiikka ja laadunvarmistus

Ympäristötutkimuksissa alkuaineanalytiikka yleensä keskittyy ns. PIMA-metalleihin (alkuaineet, joille on ns. PIMA-asetuksessa annettu viitearvot) sekä joihinkin muihin kaivannaisjätteistä aiheutuvan kuormituksen tai ympäristövaikutuksen suhteen olennaisiin alkuaineisiin (kuten rikki, rauta ja alumiini). Analysoitujen kokonaispitoisuuksien viitearvovertailulla yleisesti pyritään tunnistamaan ympäristövaikutusten arvioinnin kannalta keskeisiä alkuaineita. Viitearvovertailun tai aiheutuvien ympäristövaikutusten kannalta analytiikalta ei yleensä ole tarpeen edellyttää erityisen suurta tarkkuutta tai näytteen uuttamiselta alkuaineen mahdollisimman suurta saantoa. Myöskään näytteiden edustavuus suhteessa koko kaivannaisjättemäärään voi olla raaka-ainepotentiaaliselvityksiin verrattuna vähäisempi, sillä ympäristötutkimuksia täydennetään yleensä laajalti muilla ympäristötutkimuksilla (kuten pinta- ja pohjavesi- sekä sedimenttitutkimukset), jotka vähentävät kaivannaisjätteenäytteiden edustavuuteen liittyvää epävarmuutta.

Sen sijaan raaka-ainepotentiaalin selvittämisessä taustalla yleisesti on raaka-aineen taloudellisen hyödyntämisen tarkastelu, jolloin pienetkin kaivannaisjätteen pitoisuus- ja laatuvariaatiot voivat olla merkitseviä. Raaka-ainepotentiaalin arvioinnin tueksi ei voida ympäristötutkimuksista poiketen hyödyntää muun ympäristön osien tutkimustuloksia. Tämä kaikki edellyttää kaivannaisjätteen ainepitoisuuksien ja ominaisuuksien huomattavasti tarkempaa tuntemista, joka edelleen edellyttää

näytteiden kattavampaa edustavuutta sekä tarkempaa analytiikkaa verrattuna ympäristötutkimuksen tarpeeseen.

Yleisesti voidaan todeta, että alkuaineiden kokonaispitoisuusanalyysijä tarvitaan sekä raaka-ainepotentiaalin että ympäristövaikutusten analysoinnissa. Jalometallimääritykset liittyvät yksinomaan raaka-ainepotentiaalin selvittämiseen. ABA-testauksella ja siihen liittyvillä analyyseillä (kuten kokonaisrikki) sekä mineralogisista karakterisoinneista saatavaa aineistoa voidaan hyödyntää sekä ympäristövaikutusten että hyötykäyttömahdollisuuksien arvioinnissa. Fyysisten ominaisuuksien (raekoko ja tiheys) selvittäminen liittyy ensisijaisesti raaka-ainepotentiaalin arviointiin.

Mätäsvaaran ympäristötutkimuksiin ja raaka-ainepotentiaaliselvitykseen käytetyn analytiikan keskinäisen vertailun osalta on huomioitava, että vuonna 2021 rikastushiekasta analysoitu näytemäärä (6 kpl) oli huomattavasti pienempi, kuin vuonna 2024 analysoitu näytemäärä (40 kpl). Osin analyysitulosten ero voi siten selittyä näytemäärien ja niiden edustavuuden eroavaisuudella. Vertailulla voidaan kuitenkin suuntaa antavasti tarkastella analyysimenetelmien soveltuvuutta kumpaankin tarkoitukseen.

Kohdassa 4.4 esitetyn tulosvertailun perusteella ympäristötutkimusten kannalta olennaisimpien alkuaineiden osalta kokonaispitoisuuksien ero vuosien 2021 ja 2024 tulosten välillä oli pääosin samaa suuruusluokkaa, kuin mitä yleisesti on kyseisten analyysien mittausepävarmuudet. Lyijyn ja molybdeenin osalta vuoden 2024 nelihappouutolla toteutetuissa analyyseissä saadut kokonaispitoisuudet olivat keskiarvoina ja mediaanipitoisuuksina selvästi suuremmat, kuin vuoden 2021 tutkimuksissa. Kummankin aineen osalta tulosten viitearvovertailu kuitenkin johtaa samaan tulkintaan, minkä perusteella prosentuaalisesti isolla erolla tulosten välillä ei tässä tapauksessa ole olennaista merkitystä ympäristövaikutusten arvioinnin kannalta. Toisaalta nelihappouutolla saavutettava parempi alkuaineiden saanto osaltaan edesauttaa ympäristöselvityksiin liittyvien muiden tutkimusten (kuten pohja- ja pintavedet) analyysien sekä tulosten tarkastelun kohdentamista olennaisiin aineisiin, joka osaltaan parantaa tutkimusten ja niiden perusteella tehtävien johtopäätösten luotettavuutta.

Tässä pilot-hankkeessa toteutettu laadunvarmistus on selvästi järeämpi kuin mitä ympäristötutkimuksissa yleisesti käytetään. Ympäristötutkimuksissa harvoin käytetään projektikohtaisia referenssi- tai nollanäytteitä tai näytetunnusten sokeointia. Analyysit teetetään yleensä julkisen valvonnan alaisissa sertifioituissa laboratorioissa akkreditoiduilla analyysimenetelmillä, jolloin analyysien osalta luotetaan laboratorion omaan laadunvarmistukseen. Yleisesti voidaan arvioida suurimman virhemahdollisuuden sisältävän laboratorioanalytiikan sijasta kenttätyöskentelyyn – erityisesti siihen, kuinka näytteet otetaan ja mitä ne edustavat. Pilotoinnissa toteutetut rinnakkaisnäytteenotot ja kenttäduplikaatit osaltaan edesauttavat laadukasta kenttätyöskentelyä, mutta vähintään yhtä tärkeää on varmistautua siitä, että kenttätyötä tekevällä henkilöstöllä on selkeä käsitys näytteenoton tarkoituksesta ja tavoitteista.

8.3 Raaka-ainepotentiaali- ja ympäristötutkimusten yhdistäminen

Pilot-tutkimuksen perusteella kaivannaisjätetutkimuksissa voidaan sekä raaka-ainepotentiaalin että ympäristöominaisuuksien osalta pitkälti soveltaa samoja näytteenotto- ja analyysimenetelmiä. Näin ollen tutkimusten yhdistäminen on kannatettavaa, ja sillä on saavutettavissa selvää kustannushyötyä verrattuna erikseen toteutettaviin selvityksiin.

Mätäsvaaran Pilot-tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että raaka-ainepotentiaalin alustava arviointi olisi voitu tehdä nyt käytettyä vähemmällä näytteenotolla ja näytemäärällä. Yhdistettyjen tutkimusten lähtökohtana voisi siten olla niiden mitoitus ensisijaisesti ympäristövaikutusten arvioinnin näkökulmasta, kuitenkin siten, että alkuaineiden kokonaispitoisuusanalytiikka toteutettaisi monihappoliuotuksella. Tällä arvioidaan saatavan ympäristötutkimuksiin riittävä tieto ja raaka-ainepotentiaalin arviointia varten indikaatiivinen tieto, jolla kyseinen kohde voidaan joko sulkea pois taloudellisessa hyödyntämismielessä tai ohjata jatkoselvitykseen.

Kohdassa 8.2.2 esitetyn tarkastelun perusteella nelihappouutolla tehtäviä alkuaineiden kokonaispitoisuusmäärittäksiä voidaan hyödyntää sekä ympäristötutkimuksissa ja raaka-ainepotentiaaliselvityksissä, eikä välttämätöntä tarvetta ole erikseen määrittää myös kuningasvesiuuttolaisia pitoisuuksia. Pilot-hankkeessa nelihappouutolla määritetyistä 60 alkuaineesta noin neljännes on sellaisia, joilla ei ole olennaista merkitystä ympäristövaikutusten tai raaka-ainepotentiaalin kannalta. Toisaalta analyyseistä puuttui esimerkiksi elohopea (joka on yksi ns. PIMA-metalleista) sekä boori (yksi EU:n määrittelemistä kriittisistä raaka-aineista), joiden sisällyttäminen analytiikkaan olisi perusteltua. Yhdistettyihin tutkimuksiin käytettävän analyysipaketin sisältöä suositellaankin näillä perusteilla optimoitavaksi selvitysten tarpeita vastaavaksi. Analysoitavat alkuaineet voisivat tällä perusteella olla ns. PIMA-metallit, CRMA-asetuksen määrittelemät kriittiset/strategiset kriittiset aineet sekä muut olennaiset kaivannaisjätteen ominaisuuksia kuvastavat alkuaineet (ainakin molybdeeni, barium, kalsium, natrium, seleeni, rikki, rauta ja uraani).

8.4 Johtopäätökset raaka-ainepotentiaalista

Raaka-ainepotentiaalin mallinnuksen perusteella Mätäsvaaran rikastushiekka ei sisällä sellaisia raaka-aineiden pitoisuuksia, että alueella olisi kaupallisesti hyödynnettävää mineraalipotentiaalia. Mallinnuksessa tunnistettiin seuraavat epävarmuustekijät:

- rikastushiekka-alueen pohjan mallinnus, etenkin sen reuna-alueilla, vaati huomattavia olettamuksia, koska kaikkia tutkimuspisteistä ei saatu ulotettua pohjamaahan saakka
- varantoarvioissa aluetta ei ole jaettu esimerkiksi pitoisuuksien ja raekoon perusteella domaineihin, joiden avulla ominaisuuksiltaan eroavat alueet voitaisiin mallintaa ominaan osioinaan, omilla pitoisuusjatkuvuuksillaan
- estimointi on tehty IDW-menetelmällä ilman variografiaa, jolloin pitoisuuksien suuntariippuvaisia jatkuvuuksia ei ole huomioitu

Mallinnuksen perusteella laskettu rikastushiekan kokonaismäärä (0,491 Mt) on selvästi pienempi, kuin kaivostoiminnan lähtötiedossa mainittu määrä (1 Mt, kohta 2.3). Mallinnettujen pitoisuuksien

ja tonnimäärien perusteella voidaan edellä mainituista epävarmuuksista huolimatta kuitenkin todeta, ettei rikastushiekka-alueella ole taloudellista mineraalipotentialiaa.

Koska rikastushiekka on tulosten perusteella happaotuottamatonta, voidaan se luokitella pysyväksi jätteeksi. Rikastushiekka koostuu myös suurilta osin kestävästä ja interteistä mineraaleista, kuten kvartsista. Näin ollen Mätäsvaaran rikastushiekan hyötykäyttö esimerkiksi maanrakentamisessa voisi tulla kysymykseen.

9 YHTEENVETO

Vuonna 2024 toteutetussa pilot-tutkimuksessa selvitettiin Lieksan Mätäsvaaran vanhan rikastushiekka-alueen raaka-ainepotentiaalia. Pilot-tutkimuksen tarkoituksena oli testata Geologian tutkimuskeskuksen laatimaa vanhojen kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalin selvittämistä koskevaa suunnitelmaa käytännössä. Suunnitelman taustalla on toukokuussa 2024 voimaan astunut Euroopan unionin kriittisten raaka-aineiden asetus (CRMA), joka velvoittaa jäsenmailta kansallista selvitystyötä sekä raportointia vanhojen kaivannaisjätteiden (rikastushiekka ja sivukivet) hyödyntämispotentiaalista. Pilot-tutkimuksen tarkoituksena oli myös testata ja arvioida mahdollisuuksia toteuttaa ympäristövaikutusten ja raaka-ainepotentiaalin arviointiin liittyvät tutkimukset samalla kertaa. Testaus toteutettiin tekemällä tutkimukset GTK:n laatiman suunnitelman mukaisesti ja saadun kokemuksen perusteella arvioitiin tutkimusten yhdistämisestä saatavia synergiahyötyjä sekä tutkimuksellisia haasteita. Pilot-tutkimus on osa Ympäristöministeriön rahoittamaa ja Pirkanmaan ELY-keskuksen koordinoimaa Kajak-hanketta.

Tutkimuksissa sekä tutkimusten laadunvarmistuksessa noudatettiin edellä mainittua GTK:n laatimaa suunnitelmaa kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalin arviointityöstä KAJAK-prosessissa. Rikastushiekka-alueelta otettiin näytteitä kairaamalla yhteensä 11 näytepisteestä. Kaikkiaan 42 rikastushiekka-alueen näytteestä määritettiin 60 eri alkuaineen pitoisuus nelihappouutolla, mikä analysoitavien alkuaineiden määrän ja liuotusmenetelmän osalta poikkeaa ympäristötutkimusten alkuaineanalyysissä usein käytettävästä analytiikasta (kuningasvesiuutto + ns. PIMA-metallit). Alkuperäisten näytteiden lisäksi laadunvarmistukseksi analysoituihin näytteisiin sisällytettiin rinnakkais-, referenssi- sekä nollanäytteitä. Alkuainepitoisuuksien lisäksi rikastushiekanäytteistä määritettiin jalometallien pitoisuuksia, haponmuodostusominaisuuksia, mineralogiaa sekä fysikaalisia ominaisuuksia (tiheys ja raekoko).

Tutkimusten perusteella rikastushiekka-alueen raaka-ainesisältö mallinnettiin olennaisimpien alkuaineiden osalta GTK:n toimesta. Mallinnuksen perusteella muodostettiin arvio rikastushiekka-alueen raaka-ainesisällöstä ja sen hyödynnettävyydestä. Raaka-ainepotentiaalin mallinnuksen perusteella Mätäsvaaran rikastushiekka ei sisällä sellaisia raaka-aineiden pitoisuuksia, että alueella olisi kaupallisesti hyödynnettävää mineraalipotentialiaa. Mätäsvaaran rikastushiekan hyötykäyttö materiaalina esimerkiksi maanrakentamisessa voisi kuitenkin olla mahdollista.

Pilot-tutkimuksessa arvioitiin myös mahdollisuuksia kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaali- ja ympäristötutkimusten yhdistämiselle. Mätäsvaarassa ympäristötutkimuksia oli tehty jo vuosina 2021–2022, ja nyt tehtyjä tutkimuksia verrattiin mm. analytiikan ja analyysitulosten osalta aiempiin ympäristötutkimuksiin. Selvityksen perusteella tutkimusten yhdistäminen on kannatettavaa, mahdollistaen kustannussäästöjä sekä aikataulusynergiaa. Osin molempiin tutkimuksiin voidaan

myös käyttää samaa analytiikkaa; esimerkiksi tämän pilot-tutkimuksen yhteydessä tehty alkuaineanalytiikka soveltuu molempiin tutkimustarkoituksiin. Kuitenkin muun muassa tutkimusten mitoitusta ja käytettävän analytiikan sisältöä on pilot-tutkimuksessa toteutetusta laajuudesta ja sisällöstä mahdollista optimoida siten, että tutkimukset toteutuvat kustannustehokkaasti mutta kuitenkin riittävällä tavalla vastaavat molempiin tutkimustarkoituksiin.

Tähän saakka KAJAK-hankkeen selvityskohteissa on tehty laajat ympäristötutkimukset eri matriiseista. Osana tutkimuksia on selvitetty myös rikastushiekan koostumusta ottamalla näytteitä alueen koosta riippuen 2—5 tutkimuspisteestä. Pilot-tutkimuksen kokemusten perusteella jatkossa tavoitteena on uusissa vanhojen kaivannaisjätealueiden selvitysvaiheen ympäristötutkimuksissa yhdistää niihin myös raaka-ainepotentiaalin arviointi, koska se on pilotoinnin perusteella sekä taloudellisesti että resurssien hyödyntämisen näkökulmasta tehokasta. Samalla saadaan toteutettua kriittisten raaka-aineiden asetuksen edellyttämää kansallista tavoitetta tutkia vanhojen kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalia.

Pilot-tutkimuksessa saadun kokemuksen perusteella GTK:n laatima suunnitelma (liite 3) tullaan päivittämään tarvittavilta osin. Kuitenkin suunnitelma pidetään jatkossakin yleisellä tasolla, koska vanhat kaivannaisjätealueet ovat tutkimusten näkökulmasta uniikkeja, joten tarkemmat tutkimussuunnitelmat on laadittava kohdekohtaisesti. Tässä pilotissa tehdyt havainnot ja jatkotoimenpide-ehdotukset palvelevat jatkossa kaivannaisjätealueille kohdentuvien tutkimusten suunnittelussa ja toteutuksessa.

LÄHTEET

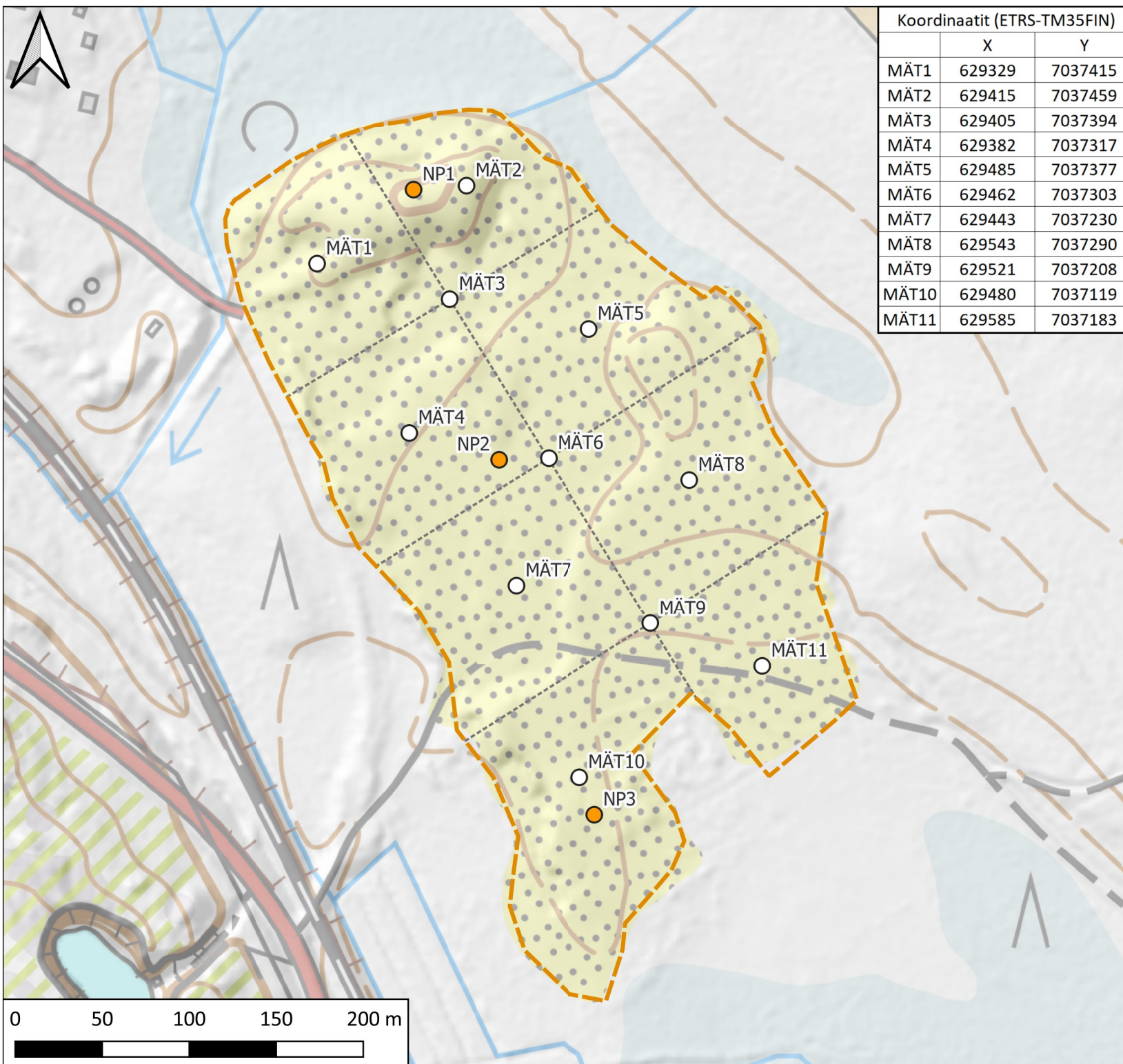
Geologian tutkimuskeskus 2015. Suljettujen ja hylättyjen metallikaivosalueiden nykytila ja arvio jätealueiden ympäristöriskipotentiaalista, GTK, Arkistoraportti 46/2015

Tornivaara, A., Räisänen, M-L., Kovalainen, H., Kauppi, S. 2018. Suljettujen ja hylättyjen kaivosten kaivannaisjätealueiden jatkokartoitus (Kajak II), Suomen ympäristökeskuksen raportteja 12/2018

LIITTEET

Liite 1

Tutkimuspistekartta



Koordinaatit (ETRS-TM35FIN)		
	X	Y
MÄT1	629329	7037415
MÄT2	629415	7037459
MÄT3	629405	7037394
MÄT4	629382	7037317
MÄT5	629485	7037377
MÄT6	629462	7037303
MÄT7	629443	7037230
MÄT8	629543	7037290
MÄT9	629521	7037208
MÄT10	629480	7037119
MÄT11	629585	7037183

- Selite**
- Suunniteltu tutkimuspiste
 - Toteutunut kairapiste
 - ▭ Rikastushiekka-alue



Liite 2

Yhteenveto otetuista näytteistä ja niiden
analyysituloksista

12308 Pirkanmaan ELY-keskus
KAJAK pilotointi - raaka-ainepotentiaalin selvittäminen

Tutkimuspiste								Näyte		Havainnot								
Pistetunnus	Syvyys (m)	Taso (mpy)	Kerros- paksuus	Päivä- määrä	Koordinaatit	Näytetyyppi	Näytetunnus	Lajittuneisuus	Lajite/raekoko	Aistihavainnot				Tutkimuspiste	Kerros			
										Kosteus	Haju	Ulkonäkö	Tyyppi					
Koordinaattijärjestelmä: ETRS_TM35FIN Korkeusjärjestelmä: N2000						ORG = Originaalinäyte FD = Kenttädublikaatti D = tiheys DUB = Dublikaattinäyte STD = Standardinäyte BLANK = Nollanäyte S = seulonta							Kairapiste = 1 Koekuoppa = 2 Jäännöspitoisuus = 3	hapettunut = 1 vaihetumiskerrot = 2 hapettumaton = 3				
					N	E	Z			0...3	0...3	Väri/muu		täyttö = T lunnonmaa = L				
ENV	MAT1	0,0 - 1,0	+119,2 - +118,2	1,0	6.5.2024	7 037 410	629 327	+119,2	ORG_D	20242000	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		0,0 - 1,0	+119,2 - +118,2	1,0	6.5.2024				FD	20242001	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		1,0 - 2,0	+118,2 - +117,2	1,0	6.5.2024				ORG_D	20242002	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		2,0 - 3,0	+117,2 - +116,2	1,0	6.5.2024				ORG_D	20242003	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		3,0 - 4,0	+116,2 - +115,2	1,0	6.5.2024				ORG_D	20242005	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		3,0 - 4,0	+116,2 - +115,2	1,0	6.5.2024				FD	20242006	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		4,0 - 5,0	+115,2 - +114,2	1,0	6.5.2024				ORG_D	20242007	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		5,0 - 6,0	+114,2 - +113,2	1,0	6.5.2024				ORG_D	20242008	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		5,0 - 6,0	+114,2 - +113,2	1,0	6.5.2024				FD	20242009	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		5,0 - 6,0	+114,2 - +113,2	1,0	6.5.2024				DUB	20242010	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		6,0 - 7,0	+113,2 - +112,2	1,0	6.5.2024				ORG	20242011	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		7,0 - 8,0	+112,2 - +111,2	1,0	6.5.2024				ORG	20242012	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa, ruskea	T/L	1	2
ENV	MAT2	0,0 - 1,0	+124,0 - +123,0	1,0	6.5.2024	7 037 458	629 411	+124,0	ORG	20242014	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		1,0 - 2,0	+123,0 - +122,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242015	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		2,0 - 3,0	+122,0 - +121,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242016	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		3,0 - 4,0	+121,0 - +120,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242018	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		4,0 - 5,0	+120,0 - +119,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242019	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		5,0 - 6,0	+119,0 - +118,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242020	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		6,0 - 7,0	+118,0 - +117,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242021	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	0	0	harmaa	T	1	1
		7,0 - 8,0	+117,0 - +116,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242023	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa	T	1	1
		8,0 - 9,0	+116,0 - +115,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242024	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa, ruskea	T	1	1
		9,0 - 10,0	+115,0 - +114,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242025	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa	T	1	1
		10,0 - 11,0	+114,0 - +113,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242026	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa	T	1	1
		11,0 - 12,0	+113,0 - +112,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242027	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa	T	1	1
		12,0 - 13,0	+112,0 - +111,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242029	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa	T	1	1
		13,0 - 14,0	+111,0 - +110,0	1,0	6.5.2024				ORG	20242030	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	2	0	harmaa	T/L	1	2
ENV	MAT3	0,0 - 1,0	+115,7 - +114,7	1,0	6.5.2024	7 037 400	629 402	+115,7	ORG	20242031	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa	T	1	1
		1,0 - 2,0	+114,7 - +113,7	1,0	6.5.2024				ORG	20242032	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa	T	1	1
ENV	MAT4	0,0 - 1,0	+113,7 - +112,7	1,0	6.5.2024	7 037 318	629 381	+116,7	ORG	20242033	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa, ruskea	T	1	1
		1,0 - 2,0	+112,7 - +111,7	1,0	6.5.2024				ORG	20242035	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa	T	1	1
ENV	MAT5	0,0 - 1,0	+115,6 - +114,6	1,0	6.5.2024	7 037 378	629 482	+115,6	ORG_D	20242036	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa, ruskea	T	1	1
		0,0 - 1,0	+115,6 - +114,6	1,0	6.5.2024				FD	20242037	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa, ruskea	T	1	1
ENV	MAT6	0,0 - 1,0	+115,7 - +114,7	1,0	7.5.2024	7 037 310	629 440	+115,7	ORG	20242038	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	2	0	harmaa	T	1	1
ENV	MAT7	0,0 - 1,0	+114,4 - +113,4	1,0	7.5.2024	7 037 226	629 440	+114,4	ORG	20242039	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	2	0	harmaa, ruskea	T	1	1
		0,0 - 1,0	+114,4 - +113,4	1,0	7.5.2024				FD	20242041	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	2	0	harmaa, ruskea	T	1	1
		0,0 - 1,0	+114,4 - +113,4	1,0	7.5.2024				DUP	20242042	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	2	0	harmaa, ruskea	T	1	1
ENV	MAT8	0,0 - 1,0	+116,2 - +115,2	1,0	7.5.2024	7 037 289	629 542	+116,2	ORG	20242043	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa	T	1	1
		1,0 - 2,0	+115,2 - +114,2	1,0	7.5.2024				ORG	20242044	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	1	0	harmaa	T	1	1
ENV	MAT9	0,0 - 1,0	+114,0 - +113,0	1,0	7.5.2024	7 037 207	629 520	+114,0	ORG	20242045	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	2	0	harmaa	T	1	1
ENV	MAT10	0,0 - 1,0	+114,5 - +113,5	1,0	7.5.2024	7 037 119	629 480	+114,5	ORG	20242046	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	2	0	harmaa	T	1	1
ENV	MAT11	0,0 - 1,0	+113,0 - +112,0	1,0	7.5.2024	7 037 185	629 583	+113,0	ORG_D	20242048	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	2	0	harmaa, ruskea	T	1	1
		0,0 - 1,0	+113,0 - +112,0	1,0	7.5.2024				FD	20242049	0.50-0.71 » kohtalaisen hyvin lajittunut	keskisiltti (0.0063-0.02 mm)	2	0	harmaa, ruskea	T	1	1
ENV	BLANK								BLANK	20242004			0	0				
									BLANK	20242022								
									BLANK	20242034								
ENV	STD								STD	20242013								
									STD	20242017								
									STD	20242028								
									STD	20242040								
									STD	20242047								

Viitearvovertailu, VNa 214/2007 ja YM julkaisu 2/2019:

X	tulos ylittää kynnyksarvon
XX	tulos ylittää alemman ohjearvon
XXX	tulos ylittää ylemmän ohjearvon

Huomautukset:

- 1.-12. = kts. VNa 214/2007
13. = Luvuissa ovat mukana kaikki numeeriset tulokset. Jos tulos alittaa määrittysrajan, on laskennassa tuloksena käytetty määrittysrajaa
14. = Aistihavainto kosteudesta, kts. oheinen luokitus
15. = Aistihavainto pilaantuneisuudesta, kts. oheinen luokitus

Kosteus:

- 0 = kuiva
1 = kostea
2 = märkä
3 = pv-tason alla

Aistihavainnot pilaantuneisuudesta:

- 0 = pilaantumaton L = Luonnonmaa
1 = lievä T = Täyttömaa
2 = kohtalainen
3 = voimakas

12308 Pirkanmaan ELY-keskus
KAJAK pilotointi - raaka-ainepotentiaalin selvittäminen

			Kenttämittaukset		Ominaisuudet																	
Pistetunnus	Syvyys (m)	Vertailuarvot ¹	Kenttäpaino ORIG	Kenttäpaino D	Kuivapaino	Tiheys	Kosteus	Kuiva- ainepitoisuus	TOC	Savipitoisuus	Hienoaines	Tehokas raekoko	Tasaisuusluku	Raekoko läpäisy-%								Rikki (S)
			luontainen pitoisuus / alueellinen taustapitoisuus kynnysarvo alempi ohjearvo ylempi ohjearvo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 mm	2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm	0,125 mm
			g	g	g	g/m3	MC %	%	%	%	%	D10	D60/D10	%	%	%	%	%	%	%	mg/kg	
ENV	MAT1	0,0 - 1,0	4 440	970	928	0,93	4,3	96				10				100	98	83	54	25	10	
		0,0 - 1,0	1 680					95				9,2	0,067	4,5		100	98	83	54	31	9,2	286
		1,0 - 2,0	4 370	986	874	0,87	11	93		1,9	14	0,045	5,5		100	98	88	61	31	14	294	
		2,0 - 3,0	4 210	890	828	0,83	7,0	93		2,3	16	0,037	6,2		100	99	90	66	34	16	353	
		3,0 - 4,0	4 410	970	885	0,89	8,7	96		2,2	18	0,028	8,2		100	99	91	65	35	18	401	
		3,0 - 4,0	4 050					94		2,6	20	0,019	12		100	99	91	65	37	20	440	
		4,0 - 5,0	4 690	960	919	0,92	4,3	94		2,3	18	0,026	8,9		100	98	88	65	35	18	513	
		5,0 - 6,0	3 460	980	932	0,93	4,9	94		2,1	16	0,036	6,6		100	99	90	63	33	16	417	
		5,0 - 6,0	1 820					96		2,7	17	0,028	8,6		100	98	90	62	32	17	733	
		5,0 - 6,0						95														731
		6,0 - 7,0	3 160					89		3,7	24	0,01	26		100	99	92	67	40	24	528	
		7,0 - 8,0	4 160					90			17				100	99	97	88	61	32	17	578
ENV	MAT2	0,0 - 1,0	4 450					96				8,0	0,075	4,4		100	99	89	47	18	8,0	295
		1,0 - 2,0	4 270					95				8,3	0,073	4,4		100	99	91	48	19	8,3	255
		2,0 - 3,0	5 100					95				9,7	0,065	4,9		100	100	87	50	20	9,7	234
		3,0 - 4,0	5 310					94				9,7	0,065	4,8		100	99	88	51	20	9,7	250
		4,0 - 5,0	5 490					96				11				100	99	84	49	21	11	316
		5,0 - 6,0	4 680					98				9,9	0,064	6,0		100	98	76	42	19	9,9	423
		6,0 - 7,0	5 630					97				12				100	98	80	45	21	12	467
		7,0 - 8,0	5 060					95		2,5	23	0,015	18		100	98	88	58	35	23	451	
		8,0 - 9,0	4 890					91		2,3	17	0,030	11		100	98	81	51	28	17	490	
		9,0 - 10,0	5 180					97				9,2	0,069	5,8		100	97	74	41	18	9,2	495
		10,0 - 11,0	3 380					96		2,7	14	0,032	10		100	98	81	49	25	14	411	
		11,0 - 12,0	5 550					91		2,9	19	0,019	13		100	99	91	63	35	19	338	
		12,0 - 13,0	5 070					88		2,6	21	0,019	14		100	98	88	59	35	21	413	
		13,0 - 14,0	3 280					78		39	83	0,0010	6,1			100	97	92	87	83	167	
ENV	MAT3	0,0 - 1,0	5 550				89		2,3	19	0,024	10		100	98	89	60	33	19	244		
		1,0 - 2,0	5 330				88		2,4	28	0,016	12		100	99	93	75	48	28	261		
ENV	MAT4	0,0 - 1,0	4 860				93		2,5	14	0,039	7,6		100	98	86	54	27	14	164		
		1,0 - 2,0	5 920				88				11			100	99	92	61	28	11	232		
ENV	MAT5	0,0 - 1,0	4 800	1 060	944	0,94	11	84		2,3	15	0,040	5,1		100	100	97	75	35	15	284	
		0,0 - 1,0	2 600					89				13			100	100	96	71	31	13	211	
ENV	MAT6	0,0 - 1,0	6 350				88			2,5	25	0,020	9,6		100	100	97	74	45	25	180	
ENV	MAT7	0,0 - 1,0	4 250	1 120	929	0,93	17	85		2,8	25	0,016	12			100	96	74	45	25	157	
		0,0 - 1,0	1 810					84				13			100	100	94	66	30	13	134	
		0,0 - 1,0						83													124	
ENV	MAT8	0,0 - 1,0	4 660				92				15				100	100	97	73	34	15	318	
		1,0 - 2,0	4 870					86				15			100	100	96	70	32	15	254	
ENV	MAT9	0,0 - 1,0	6 580				82				13			100	99	93	70	34	13	213		
ENV	MAT10	0,0 - 1,0	5 340				93		0,050		7,6	0,074	3,9		100	98	88	55	22	7,6	386	
ENV	MAT11	0,0 - 1,0	4 170	1 650	1 271	1,3	23	83			17			100	100	99	95	75	37	17	320	
		0,0 - 1,0	2 200					83			18				100	100	95	75	40	18	372	
ENV	BLANK							100													<50	
								100													<50	
								100													53	
ENV	STD							-													15 300	
								-													15 600	
								-													15 500	
								-													15 400	
								-													15 600	
tulosten lukumäärä [n]			9	9	9	9	9	1	20	40	28	28	2	38	40	40	40	40	40	40	49	
laskennallinen keskiarvo: ¹³			946	0,95	10	0,050	4,3	17	0,038	8,9	100	100	99	89	61	32	17	1 871				
laskennallinen mediaani: ¹³			928	0,93	8,7	0,050	2,5	15	0,031	7,9	100	100	99	90	62	32	15	320				
laskennallinen minimi: ¹³			828	0,83	4,3	0,050	1,9	7,6	0,0010	3,9	100	99	97	74	41	18	7,6	50				
laskennallinen maksimi: ¹³			1 271	1,3	23	0,050	39	83	0,075	26	100	100	100	97	92	87	83	15 600				
keskihajonta: ¹³			120	0,12	6,0	0,0	8,0	12	0,022	4,8	0,0	0,097	0,78	5,7	11	12	12	12	4 590			

Viitearvovertailu, VNa 214/2007 ja YM julkaisu 2/2019:

X	tulos ylittää kynnysarvon
XX	tulos ylittää alemman ohjearvon
XXX	tulos ylittää ylemmän ohjearvon

Huomautukset:

- 1.-12. = kts. VNa 214/2007
13. = Luvuissa ovat mukana kaikki numeeriset tulokset. Jos tulos alittaa määrittysrajan, on laskennassa tuloksena käytetty määrittysrajaa
14. = Aistihavainto kosteudesta, kts. oheinen luokitus
15. = Aistihavainto pilaantuneisuudesta, kts. oheinen luokitus

Kosteus:

- 0 = kuiva
1 = kostea
2 = märkä
3 = pv-tason alla

Aistihavainnot pilaantuneisuudesta:

- 0 = pilaantumaton
1 = lievä
2 = kohtalainen
3 = voimakas
- L = Luonnonmaa
T = Täyttömaa

12308 Pirkanmaan ELY-keskus
KAJAK pilotointi - raaka-ainepotentiaalin selvittäminen

		Alkuaineet, kokonaispitoisuus 4-happo uutto																														
Pistetunnus	Syvyys (m)	Co	Er	Yb	Tb	Ba	Th	Cr	Cu	Pr	Hf	Cs	Y	Fe	Ti	Re	V	Ce	Se	Bi	K	Ni	Ca	In	La	Zn	Cd	Be	Eu	Lu	P	
		20	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	50	-	-	-	200	1	-	-	-	-
		100	-	-	-	-	-	-	200	150	-	-	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-	100	-	-	-	250	10	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	300	200	-	-	-	-	-	-	-	250	-	-	-	-	150	-	-	-	400	20	-	-	-	-		
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
ENV	MAT1	0,0 - 1,0	3,4	0,65	0,61	0,24	365	5,4	6,4	201	2,2	2,9	0,75	6,2	13 800	0,39	<0,01	16	19	<0,5	4,3	15 400	5,3	11 900	0,035	9,7	154	0,40	1,0	0,43	0,094	361
		0,0 - 1,0	3,7	0,67	0,65	0,26	369	4,2	5,9	201	2,5	3,5	0,75	6,6	13 700	0,38	<0,01	16	21	<0,5	5,5	15 300	4,9	11 900	0,029	10	160	0,43	1,0	0,49	0,11	337
		1,0 - 2,0	3,4	0,65	0,63	0,25	400	4,4	8,3	262	2,5	3,5	0,71	6,2	14 200	0,38	<0,01	16	21	<0,5	3,4	16 300	5,9	11 300	0,044	10	154	0,36	0,98	0,49	0,11	317
		2,0 - 3,0	3,3	0,59	0,57	0,24	373	4,7	5,7	301	2,6	3,4	0,65	5,6	13 400	0,37	<0,01	15	22	0,70	2,9	15 700	4,2	10 900	0,037	11	156	0,40	0,96	0,45	0,096	316
		3,0 - 4,0	3,3	0,69	0,69	0,26	370	5,4	7,0	273	2,8	4,5	0,58	6,5	13 300	0,36	<0,01	14	23	0,70	3,8	15 100	5,0	10 600	0,046	12	184	0,51	0,96	0,49	0,12	303
		3,0 - 4,0	3,5	0,75	0,74	0,26	363	5,1	9,0	281	2,8	4,8	0,58	7,1	13 400	0,36	<0,01	14	25	0,60	3,9	14 700	5,5	10 500	0,054	12	189	0,51	0,97	0,52	0,12	303
		4,0 - 5,0	3,3	0,65	0,62	0,27	367	7,7	10	260	3,4	3,0	0,53	6,3	12 900	0,34	<0,01	14	30	0,80	3,5	14 600	5,7	10 500	0,051	15	173	0,49	0,95	0,49	0,10	282
		5,0 - 6,0	3,3	0,74	0,75	0,28	369	6,0	7,9	292	3,0	4,5	0,61	7,3	13 300	0,35	<0,01	14	26	<0,5	3,3	15 000	5,0	10 900	0,029	13	179	0,52	0,997	0,50	0,12	305
		5,0 - 6,0	3,4	0,69	0,63	0,26	363	5,6	12	334	2,8	4,0	0,53	6,5	13 000	0,34	0,013	13	24	0,70	3,5	14 400	5,2	10 400	0,062	12	232	0,63	0,97	0,49	0,11	323
		5,0 - 6,0	3,2	0,61	0,60	0,27	352	6,7	9,9	351	3,0	4,1	0,48	6,0	12 700	0,32	<0,01	12	25	0,80	3,5	14 100	5,1	10 200	0,045	13	207	0,59	0,96	0,49	0,098	305
ENV	MAT2	6,0 - 7,0	3,2	0,68	0,62	0,28	372	5,5	11	206	3,0	4,2	0,48	6,7	13 100	0,31	<0,01	14	26	0,70	2,9	14 500	5,4	11 000	0,040	12	184	0,54	0,998	0,50	0,11	395
		7,0 - 8,0	4,0	0,63	0,62	0,25	382	4,8	19	209	2,5	4,1	0,99	5,8	14 800	0,38	<0,01	21	20	0,60	2,4	14 900	9,0	10 400	0,042	10	153	0,42	1,1	0,47	0,10	420
		0,0 - 1,0	3,2	0,56	0,55	0,21	292	4,3	7,4	168	2,3	3,6	0,57	5,4	12 800	0,32	<0,01	14	20	<0,5	2,3	12 300	4,9	11 800	0,040	10	94	0,26	1,1	0,45	0,092	269
		1,0 - 2,0	3,8	0,67	0,66	0,25	286	4,8	8,5	147	2,9	3,6	0,63	6,7	13 500	0,34	<0,01	14	26	<0,5	2,8	12 100	5,8	12 500	0,042	13	84	0,25	1,1	0,51	0,11	286
		2,0 - 3,0	3,2	0,62	0,58	0,23	292	4,6	9,1	145	2,5	3,2	0,64	5,9	13 200	0,34	<0,01	15	22	<0,5	2,8	12 500	5,2	12 200	0,038	11	82	0,21	1,1	0,46	0,097	274
		3,0 - 4,0	3,4	0,58	0,57	0,21	318	4,1	17	175	2,1	2,7	0,61	5,3	13 800	0,34	<0,01	15	17	<0,5	2,8	13 500	6,6	12 100	0,044	8,8	106	0,30	1,0	0,43	0,091	275
		4,0 - 5,0	3,2	0,63	0,60	0,24	334	4,8	8,4	187	2,6	2,9	0,62	6,2	12 600	0,34	<0,01	14	23	<0,5	2,8	13 300	5,0	12 100	0,039	12	121	0,36	1,0	0,49	0,094	254
		5,0 - 6,0	2,9	0,59	0,56	0,24	362	5,8	8,0	223	3,1	3,1	0,61	5,7	11 700	0,31	<0,01	12	27	<0,5	2,7	14 300	5,4	11 600	0,052	14	148	0,52	0,93	0,46	0,092	246
		6,0 - 7,0	3,0	0,56	0,54	0,22	352	5,1	11	231	2,5	3,0	0,60	5,3	12 300	0,32	<0,01	12	20	<0,5	3,8	14 000	6,0	11 800	0,045	10	145	0,42	0,99	0,43	0,089	275
		7,0 - 8,0	3,5	0,57	0,60	0,20	364	3,9	12	221	2,0	3,6	0,63	4,9	13 800	0,35	<0,01	15	16	0,60	3,4	14 800	7,0	11 700	0,049	8,2	133	0,43	0,94	0,42	0,094	245
ENV	MAT3	8,0 - 9,0	3,5	0,59	0,58	0,22	384	4,5	12	238	2,4	2,5	0,68	5,4	14 000	0,35	<0,01	15	20	<0,5	5,0	15 300	6,2	11 800	0,041	10	150	0,46	0,98	0,44	0,099	244
		9,0 - 10,0	3,0	0,56	0,57	0,20	357	4,2	12	251	2,3	2,7	0,58	5,3	11 600	0,31	<0,01	12	19	0,60	4,4	13 800	6,8	11 700	0,049	9,99	139	0,37	0,96	0,44	0,10	271
		10,0 - 11,0	3,1	0,59	0,63	0,21	344	4,3	11	219	2,2	3,9	0,62	5,5	12 100	0,33	<0,01	13	18	<0,5	3,1	13 900	5,6	11 800	0,036	9,2	140	0,46	1,0	0,44	0,11	277
		11,0 - 12,0	2,9	0,50	0,52	0,19	360	4,1	15	195	2,1	2,7	0,58	4,6	12 700	0,33	<0,01	13	17	<0,5	3,2	14 800	6,8	10 400	0,036	8,6	135	0,41	0,94	0,41	0,090	236
		12,0 - 13,0	3,1	0,59	0,58	0,23	352	4,4	14	194	2,2	3,1	0,57	5,2	13 300	0,32	<0,01	14	19	<0,5	4,3	13 800	6,6	11 000	0,041	9,5	129	0,36	1,0	0,46	0,097	238
		13,0 - 14,0	20,7	2,19	1,98	0,679	698	10,5	99,7	50	9,21	3,3	2,97	20,4	44700	0,61	<0,01	107	85,3	0,6	0,406	24800	49,2	15000	0,058	40,9	81,4	0,107	1,98	1,2	0,293	452
		0,0 - 1,0	4,2	0,63	0,57	0,25	383	5,1	23	216	2,8	2,5	0,73	6,0	15 800	0,39	<0,01	17	24	<0,5	3,1	15 800	6,8	11 500	0,035	12	205	0,56	1,0	0,45	0,096	272
		1,0 - 2,0	4,5	0,68	0,66	0,26	429	5,3	18	241	3,0	3,0	0,75	6,5	16 900	0,44	<0,01	19	25	0,50	3,5	17 600	7,4	11 200	0,022	13	199	0,58	1,0	0,50	0,10	290
		0,0 - 1,0	3,4	0,63	0,57	0,25	407	5,3	8,3	173	3,1	2,8	0,71	6,1	14 300	0,38	<0,01	16	27	0,70	3,3	16 400	6,0	11 100	0,025	14	127	0,40	1,0	0,51	0,091	235
		1,0 - 2,0	2,8	0,57	0,59	0,23	354	4,7	8,5	194	2,7	3,4	0,44	5,1	13 100	0,28	<0,01	13	22	0,50	3,7	14 000	6,0	9 340	0,042	11	121	0,34	1,0	0,46	0,097	209
ENV	MAT5	0,0 - 1,0	3,7	0,69	td																											

12308 Pirkanmaan ELY-keskus
KAJAK pilotointi - raaka-ainepotentiaalin selvittäminen

		Alkuaineet, kokonaispitoisuus 4-happo uutto																														
Pistetunnus	Syvyys (m)	Sr	S	Gd	Al	Ga	Pb	Sn	Ag	Nd	Mn	Ho	As	Mg	Dy	Sb	Sa	Ti	Rb	Te	Tm	Na	Mo	Li	U	W	Sc	Ge	Nb	Ta	Zr	
		-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	5	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	50	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	750	-	-	-	-	-	100	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
ENV	MAT1	0,0 - 1,0	103	272	1,7	59 300	13	31	1,2	0,38	8,4	171	0,24	0,34	4 920	1,3	<0,05	1,7	1 070	58	0,17	0,092	25 800	39	14	0,67	5,3	3,9	0,95	5,1	<2	95
		0,0 - 1,0	104	286	1,8	59 500	14	32	1,2	0,41	9,7	174	0,25	0,35	4 970	1,4	<0,05	1,9	1 100	57	0,24	0,10	25 800	35	14	0,79	4,9	4,3	0,94	5,3	<2	118
		1,0 - 2,0	111	294	1,7	61 200	14	39	1,1	0,41	9,2	181	0,25	0,32	4 990	1,3	<0,05	1,9	1 070	56	0,22	0,097	26 600	30	14	0,76	3,8	3,5	0,96	5,0	<2	113
		2,0 - 3,0	102	353	1,7	58 400	14	43	0,98	0,54	9,96	170	0,22	0,34	4 850	1,2	<0,05	1,9	1 020	50	0,12	0,087	26 500	37	12	0,71	3,7	3,4	0,96	4,8	<2	114
		3,0 - 4,0	103	401	1,9	57 600	13	45	1,1	0,54	10	168	0,25	0,37	4 600	1,4	0,090	2,1	1 020	55	0,18	0,10	25 700	91	12	0,86	6,1	3,4	0,92	4,9	<2	143
		3,0 - 4,0	102	440	1,9	57 000	13	47	1,2	0,54	11	164	0,26	0,39	4 470	1,4	0,14	2,0	978	55	0,18	0,11	25 300	113	12	0,92	5,2	3,9	0,94	4,8	<2	161
		4,0 - 5,0	105	513	2,1	57 500	13	51	1,1	0,56	13	160	0,25	0,49	4 300	1,4	0,090	2,4	961	52	0,21	0,091	25 500	177	11	0,72	14	3,3	0,96	4,5	<2	97
		5,0 - 6,0	107	417	2,0	59 200	13	46	1,2	0,54	11	173	0,27	0,39	4 560	1,5	0,12	2,2	986	57	0,16	0,11	25 900	91	12	0,90	4,5	3,9	0,98	4,7	<2	154
		5,0 - 6,0	107	733	1,9	57 200	13	57	1,4	0,64	11	156	0,25	0,38	4 100	1,4	0,27	2,1	963	52	0,16	0,094	26 200	384	10	0,89	9,8	3,6	0,94	4,4	<2	130
		5,0 - 6,0	101	731	2,0	55 200	13	55	1,4	0,64	11	153	0,24	0,43	3 900	1,4	0,36	2,2	929	48	0,24	0,086	25 600	350	9,7	0,86	9,2	3,1	0,86	4,4	<2	135
		6,0 - 7,0	114	528	2,0	57 600	13	40	1,1	0,47	11	158	0,26	0,44	4 190	1,5	0,12	2,2	1 040	48	0,15	0,091	27 200	174	9,4	0,84	12	3,6	0,93	4,8	<2	148
		7,0 - 8,0	106	578	1,7	59 300	14	43	1,3	0,46	9,6	205	0,24	0,54	5 050	1,3	0,14	1,9	1 330	52	0,14	0,095	25 000	182	13	1,1	5,8	4,5	0,82	5,6	<2	132
ENV	MAT2	0,0 - 1,0	121	295	1,6	59 400	13	30	0,97	0,34	8,8	159	0,21	0,25	4 500	1,1	<0,05	1,7	1 010	43	0,11	0,084	27 300	129	11	0,67	7,6	3,5	0,88	4,7	<2	127
		1,0 - 2,0	124	255	1,9	60 500	13	25	1,0	0,30	11	177	0,24	0,16	4 920	1,4	<0,05	2,0	1 020	53	0,15	0,098	26 800	100	12	0,84	19	3,8	1,0	4,9	<2	120
		2,0 - 3,0	116	234	1,7	58 700	13	28	1,0	0,34	9,2	165	0,22	0,29	4 620	1,2	<0,05	1,8	1 040	48	0,19	0,087	26 700	98	12	0,74	15	3,8	0,91	5,0	<2	102
		3,0 - 4,0	110	250	1,4	59 900	13	34	1,1	0,41	7,7	182	0,21	0,33	4 490	1,1	0,060	1,5	982	45	0,16	0,083	25 800	94	12	0,64	9,98	3,6	0,92	4,8	<2	91
		4,0 - 5,0	115	316	1,7	60 700	13	33	0,97	0,40	9,8	162	0,23	0,27	4 130	1,3	<0,05	1,8	920	51	0,11	0,091	25 900	122	11	0,73	15	3,9	0,88	4,4	<2	95
		5,0 - 6,0	108	423	1,8	59 700	13	40	0,94	0,45	11	149	0,22	0,34	3 690	1,2	0,050	2,1	849	47	0,17	0,084	25 900	159	10	0,72	6,5	3,4	1,1	4,0	<2	105
		6,0 - 7,0	110	467	1,6	60 500	13	39	0,98	0,43	9,4	159	0,21	0,37	3 730	1,2	0,050	1,8	855	44	0,16	0,081	26 200	234	10	0,70	11	3,3	0,99	4,0	<2	96
		7,0 - 8,0	108	451	1,4	61 300	13	36	1,1	0,43	7,5	179	0,19	0,23	4 380	1,1	0,050	1,5	972	46	<0,1	0,084	26 000	153	11	0,65	16	3,5	0,84	4,6	<2	128
		8,0 - 9,0	108	490	1,6	60 900	13	37	1,1	0,64	8,9	185	0,21	0,34	4 390	1,2	0,080	1,7	1 000	54	0,24	0,092	26 100	157	12	0,67	11	3,4	0,92	4,6	<2	83
		9,0 - 10,0	106	495	1,5	59 000	13	42	0,89	0,46	8,7	169	0,21	0,32	3 380	1,1	0,050	1,7	805	47	0,30	0,086	25 400	240	9,6	0,64	7,3	3,1	1,0	3,8	<2	93
		10,0 - 11,0	107	411	1,5	59 200	13	37	1,0	0,41	8,1	162	0,22	0,37	3 780	1,1	<0,05	1,6	846	46	0,22	0,088	25 700	164	10	0,71	17	3,0	0,92	4,1	<2	129
		11,0 - 12,0	103	338	1,4	58 400	13	39	1,1	0,44	7,8	162	0,18	0,31	3 940	1,0	<0,05	1,5	867	46	0,11	0,075	25 100	101	10	0,66	4,0	3,3	0,97	4,2	<2	85
		12,0 - 13,0	113	413	1,5	61 600	13	37	1,0	0,55	8,5	168	0,21	0,42	4 290	1,2	0,070	1,7	907	44	0,22	0,084	26 000	133	10	0,84	7,2	3,6	0,993	4,4	<2	104
		13,0 - 14,0	199	167	4,86	78200	19,9	17,2	1,87	0,136	33,9	729	0,762	3	15700	3,96	0,2	5,93	4450	121	<0,1	0,311	22000	7,13	30,4	4,04	1,18	14,8	1,36	13,2	<2	112
ENV	MAT3	0,0 - 1,0	111	244	1,8	63 600	14	35	1,4	0,44	10	196	0,23	0,33	5 600	1,3	0,060	2,1	1 180	57	0,17	0,09	26 500	45	13	1,0	4,6	4,4	0,90	5,4	<2	81
		1,0 - 2,0	108	261	1,9	64 700	15	41	1,5	0,63	11	214	0,25	0,38	6 230	1,4	0,10	2,1	1 250	64	0,18	0,10	25 800	43	15	1,4	5,2	4,6	1,0	6,1	<2	100
ENV	MAT4	0,0 - 1,0	109	164	1,9	62 600	14	32	1,2	0,75	12	171	0,23	0,31	4 960	1,3	0,060	2,1	1 060	59	0,24	0,09	26 700	23	12	0,83	2,8	4,1	0,92	5,0	<2	92
		1,0 - 2,0	112	232	1,6	59 900	13	45	1,0	0,42	9,9	162	0,22	0,27	4 600	1,1	<0,05	2,0	949	41	0,13	0,09	28 000	32	9,2	0,77	4,0	3,4	1,1	4,5	<2	110
ENV	MAT5	0,0 - 1,0	112	284	1,6	63 700	14	38	1,1	0,47	8,0	182	0,24	0,25	4 770	1,3	<0,05															

12308 Pirkanmaan ELY-keskus
KAJAK pilotointi - raaka-ainepotentiaalin selvittäminen

[illegible]

Viitearvovertailu, VNa 214/2007 ja YM julkaisu 2/2019:

X	tulos ylittää kynnysarvon
XX	tulos ylittää alemman ohjearvon
XXX	tulos ylittää ylemmän ohjearvon

Huomautukset:

1.-12. = kts. VNä 214/2007
13. = Luvuissa ovat mukana kaikki numeeriset tulokset. Jos tulos alittaa määritysrajan, on laskennassa tuloksena käytetty määritysrajaa
14. = Aistihavainto kosteudesta, kts. oheinen luokitus
15. = Aistihavainto pilaantuneisuudesta, kts. oheinen luokitus

Kosteus:

0 = kuiva
1 = kostea
2 = märkä
3 = pv-tason alla

Aistihavainnot pilaantuneisuudesta:

0 = pilaantumaton L = Luonnonmaa
1 = lievä T = Täyttömaa
2 = kohtalainen
3 = voimakas

Liite 3

Suunnitelma kaivannaisjätealueiden raaka-
ainepotentiaalin arviointityöstä KAJAK-prosessissa,
Geologian tutkimuskeskus, 27.11.2023

Suunnitelma kaivannaisjätealueiden raaka- ainepotentiaalin arviointityöstä KAJAK- prosessissa

Janne Hokka, Teemu Karlsson, Tommi Kauppila

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

KUVAILULEHTI

27.11.2023 / GTK/378/03.02/2023

Tekijät Janne Hokka, Teemu Karlsson, Tommi Kauppila		Raportin laji GTK:n raportti	
		Toimeksiantaja Pirkanmaan ELY-keskus	
Raportin nimi Suunnitelma kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalin arviointityöstä KAJAK-prosessissa			
Tiivistelmä Työn tarkoituksena oli laatia suunnitelma siitä, miten käytöstä poistettuja ja suljettuja kaivannaisjätealueita voidaan tutkia ja raportoida raaka-ainepotentiaalin suhteen samassa yhteydessä, kun niitä tutkitaan turvallisen sulkemisen edistämiseksi. Suunniteltavan selvityksen tarkkuustasona on alustava selvitys, jolla jätealueen raaka-ainepotentiaalia voidaan arvioida karkeasti ja siten lisätä alueen kiinnostavuutta kaupallisen hyödyntämisen osalta. Suunniteltavien tutkimusten tarkkuus ei kuitenkaan mahdollista taloudellisen ja teknisen toteutettavuusselvityksen tekemistä, vaan nämä edellyttävät tarkempia jatkotutkimuksia. Suunniteltava selvitys ei myöskään ole hyödykekohtainen, vaan sisältää kaikki potentiaaliset hyödynnettävät ainekset. Työssä esitellään myös alustavan raaka-ainepotentiaaliselvityksen tekemistä tukeva tutkimustaso, joka koostuu lähinnä kevyemmistä kenttätutkimuksista ja analyyseistä. Tätä raporttia ja kehitettyjä lähestymistapoja voidaan hyödyntää tilattaessa tutkimus- ja selvitystyötä kaupallisilta toimijoilta.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Kaivannaisjätteet, raaka-ainepotentiaali, sekundääriset raaka-aineet, rikastushiekat, sivukivet			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus GTK/378/03.02/2023	
Kokonaissivumäärä 22	Kieli Suomi	Hinta	Julkisuus Luottamuksellinen

27.11.2023

Yksikkö Mineraalitalouden ratkaisut, Kiertotalouden ratkaisut	Projektinnumero 50401-10774
Allekirjoitus/nimen selvennys  Hanna Leväniemi Ryhmäpäällikkö	Allekirjoitus/nimen selvennys  Janne Hokka Erikoisasiantuntija

Sisällysluettelo

1	Johdanto	3
1.1	Työn tavoitteet.....	3
1.2	Työn jaottelu	3
1.3	Ympäristötutkimusten ja resurssiarvioiden synergiat	4
1.4	Euroopan Komission Euroopan kriittisiä raaka-aineita koskevan säädösluonnoksen huomioon ottaminen.....	4
2	Rikastushiekat.....	4
2.1	Arkistotietojen läpikäynti.....	4
2.2	Tutkimuskohteena olevan rikastushiekka-alueen kartoitus ja koordinaattipisteiden määrittäminen	5
2.3	Tutkimussuunnitelman laatiminen rikastushiekka-alueille	5
2.4	Näytteenotto, analyysit ja laadunvalvonta	6
2.4.1	Pintänäytteenotto	6
2.4.2	Kairausnäytteenotto	6
2.4.3	Näytteiden analysointi ja laboratoriosopimus.....	7
2.4.4	Laadunvalvonta (external quality control).....	8
2.5	Jätteen karakterisointi ja rikastustestit.....	9
2.6	Rikastushiekka-alueen mallinnus ja varantoarvio sekä luokittelu.....	9
2.7	Tekninen loppuraportti ja jatkotutkimustarve	11
3	Sivukivet.....	11
3.1	Arkistotietojen läpikäynti.....	11
3.2	Tutkimuskohteena olevan sivukivialueen kartoitus ja koordinaattipisteiden määrittäminen	12
3.3	Tutkimussuunnitelman laatiminen sivukivialueille	12
3.4	Näytteenotto, analyysit ja laadunvalvonta	12
3.4.1	Pintänäytteenotto	13
3.4.2	Näytteiden analysointi ja laboratoriosopimus.....	13
3.4.3	Laadunvalvonta (external quality control).....	14
3.5	Sivukivien karakterisointi ja rikastustestit	15
3.6	Sivukivialueen mallinnus ja varantoarvio sekä luokittelu	15
3.7	Tekninen loppuraportti ja jatkotutkimustarve	16
4	Tekninen loppuraportti ja jatkotutkimustarve	16
5	Ulkoinen laadunvalvonta ja auditointi	16
6	Esiselvitystä tukeva kenttätutkimus	17

6.1	Näytteenotto.....	17
6.2	Analyysit.....	17
6.3	Tulosten raportointi ja hyödyntäminen.....	18
7	Yhteenveto	18
8	Viitteet	19

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoitteet

Työn tarkoituksena oli laatia suunnitelma siitä, miten käytöstä poistettuja ja suljettuja kaivannaisjätealueita voidaan tutkia ja raportoida raaka-ainepotentiaalin suhteen samassa yhteydessä, kun niitä tutkitaan turvallisen sulkemisen edistämiseksi. Suunniteltavan selvityksen tarkkuustasona on alustava selvitys, jolla jätealueen kokonaisvaltaista raaka-ainepotentiaalia voidaan arvioida karkeasti ja siten lisätä alueen kiinnostavuutta kaupallisen hyödyntämisen osalta. Esiselvitystyö antaa alustavan arvion hyötym mineraalien ja -metallien pitoisuuksista, raakoosta sekä prosessoitavuudesta. Tämän pohjalta voidaan tehdä päätös lisäinvestoinneista tarkempaan tutkimukseen.

Tässä työssä esitellään myös alustavan raaka-ainepotentiaaliselvityksen tekemistä tukeva tutkimustaso, joka koostuu lähinnä 1. vaiheen kevyemmistä kenttätutkimuksista ja analyyseistä. Tämä tutkimustaso antaa tietoa jätealueella esiintyvistä potentiaalisista raaka-aineista. Sen avulla voidaan ohjata varsinaista esiselvitystyötä, esimerkiksi tukea tarkemman tutkimussuunnitelman laatimista tai arvioida kannattaako tarkempaan esiselvitysvaiheeseen edetä.

Teollisuusmittakaavan kaivannaisjätteiden uudelleenhyödyntäminen edellyttää monivaiheista pohjatietoa ja projektien kannattavuusarvioiden tulee aina pohjautua huolelliseen tutkimukseen sekä varantojen määrittämiseen. Lopullinen taloudellinen kannattavuus arvioidaan toiminnanharjoittajan teettämässä toteutettavuusselvityksissä, jossa huomioidaan esiintymän varantoarvio sekä eri teknistaloudelliset ja ympäristölliset tekijät.

Arvoaineiden lisäksi tulisi ottaa huomioon myös muut kiviainekset; jos potentiaalisesti haitallisten aineiden määrät ovat pieniä, voi mineraaliaines soveltua esim. infra-rakentamiseen. Infra-rakentamisessa mahdollisesti hyödynnettävän mineraaliaineksen ympäristöominaisuudet tulee kuitenkin selvittää tarkemmin.

Tätä raporttia ja kehitettyjä lähestymistapoja voidaan hyödyntää tilattaessa tutkimus- ja selvitystyötä kaupallisilta toimijoilta.

1.2 Työn jaottelu

Koska rikastushiekkojen ja sivukivien tutkimukset eroavat toisistaan, on tämä työ jaettu näiden osalta eri osiin (kappaleet 2 ja 3). Lisäksi työ sisältää suunnitelman rikastushiekka-altaan sekä sivukivien arvoainespotentiaalin selvitystyön loppuraportoinnista ja ulkoisesta laadunvalvonnasta (kappaleet 4 ja 5). Ulkoinen laadunvalvonta pitää sisällään mm. urakoitsijan tarjouksessa sovittujen kokonaisuuksien toteutuksesta ja laadusta, sekä antaa tilaajalle puolueettoman arvion työsuunnitelmista sekä työsuorituksesta. Kappaleessa 6 esitellään alustavan raaka-ainepotentiaaliselvityksen tekemistä tukeva, lähinnä kevyestä näytteenotosta ja analyyseistä koostuva tutkimustaso.

1.3 Ympäristötutkimusten ja resurssiarvioiden synergiat

Tutkimuksen tulisi pyrkiä tunnistamaan synergiat ja hyödyntämään ympäristöriskinarviointitutkimuksissa syntyneitä tuloksia ja näytteitä hyötykäyttöpotentiaalitutkimuksissa ja päinvastoin.

Ideaalitapauksessa ensin tulisi tehdä arvoainepotentiaaliarvio, jonka puitteissa otetaan yleensä suhteellisen suuri määrä näytteitä. Oleellisinta on säilyttää näytteistä osa (esim. ¼), jotta niistä voidaan tarvittaessa koostaa kokoomanäytteitä ympäristötutkimuksia varten. Resurssipotentiaaliarvio olisi hyvä tehdä ennen ympäristötutkimuksia, koska sen yhteydessä voidaan tunnistaa erilaiset jäteyksiköt ja kohdistaa ympäristöanalyysijä.

1.4 Euroopan Komission Euroopan kriittisiä raaka-aineita koskevan säädösluonnoksen huomioon ottaminen

Euroopan Komission Euroopan kriittisiä raaka-aineita koskeva säädösluonnos on laaja suunnitelma, jolla pyritään vahvistamaan Euroopan kriittisten raaka-aineiden toimitusketjuja (Euroopan Komissio 2023). Sen tavoitteena on varmistaa kriittisten raaka-aineiden turvallinen ja kestävä toimitus Euroopan teollisuudelle ja vähentää merkittävästi EU:n riippuvuutta yksittäisen maan toimittajista.

Tärkeä osa säädösluonnosta on myös kriittisiin raaka-aineisiin liittyvän kiertotalouden edistäminen. Tässä yhteydessä mainitaan erityisesti tarve edistää raaka-aineiden kierrätystä ja vahvan sekundäärisiin raaka-aineisiin perustuvan markkinan mahdollistamista. Tässä yhteydessä säädösluonnoksessa mainitaan, että on rohkaistava kriittisten raaka-aineiden talteenottoa kaivosjätteistä. Tällä hetkellä Suomessa ei ole kattavaa tutkimustietoa vanhojen kaivannaisjätealueiden uudelleenhyödyntämispotentialista.

Osana Euroopan kriittisten raaka-aineiden koskevaa säädöstä (CRMA) ja jäsenmaata koskevaa raportointia tulee tehdä kansallinen selvitystyö vanhojen kaivannaisjätteiden (rikastushiekka ja sivukivet) hyödyntämispotentialista Suomessa. Selvitystyössä saadut tulokset raportoidaan osana kansallista kriittisten raaka-aineiden raportointia kaivannaisjätteistä koskevaa CRMA artikla 26 mukaista ohjeistusta ja luokitellaan YK:n raaka-aineluokittelun (UNFC) mukaan.

Tässä dokumentissa esitetty suunnitelma kaivannaisjätealueen hyötykäyttöpotentiaalin tutkimiseksi ottaa huomioon Euroopan komission säädösluonnoksen. Suunnitelmalla pyritään vastaamaan mahdollisesti tulevan selvitystyön vaatimuksiin.

2 RIKASTUSHIEKAT

2.1 Arkistotietojen läpikäynti

Kaivoksen tuotantoon liittyvä moninainen tekninen tieto tulee käydä huolellisesti lävitse ja tutkimuskohteen taustat tulee kirjottaa kaivoksen toimintahistoria ja rikastushiekka-altaan taustakuvaukseen osana teknistä loppuraporttia.

Selvitystyön tulee kattaa ainakin seuraavat aihealueet: (1) prosessoidun malmin mineralogia sekä primääri kivilajikoostumus, (2) tuotannon arvopitoisuudet, (3) dokumentaatio kaivoksen toiminnan aikaisista aineksien uudelleenhyödyntämisestä, (4) prosessilaitoksen tekniset yksityiskohdat sekä (5) tuotantoluvut ja ajankohdat.

Alkuperäiset rikastushiekka-alueita koskevat piirustukset ja kartat tulee skannata ja georeferoida paikkatieto-ohjelmaan (ArcGIS, QGIS). Jätealuetta koskevat tekniset tiedot tallennetaan mm. jätemäärät, rikastushiekan laatu ja alkuperä sekä purkuputkien määrä.

Lähdemateriaalin on saatavilla Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) ja Elinkeinoelämän keskusarkiston (ELKA) tietokannoissa. Osa tiedoista löytyy julkisina Outokummun arkistoraportteina GTK:n ylläpitämässä Hakku-portaalissa.

Arvioitu työn kesto: 1 henkilö, 3 päivää/kohdealue

2.2 Tutkimuskohteena olevan rikastushiekka-alueen kartoitus ja koordinaattipisteiden määrittäminen

Rikastushiekka-alueen kartoitus alkuperäisten piirustuksien ja karttojen mukaan ja koordinaattipisteiden määrittäminen Differentiaali-GPS-paikannuksena (ETRS-TM35FIN). Koordinaattipisteiden määrittäminen tulee sisältää jätealueen rajat, purkuputkien sijainnit, valuma-alueet ja laskuojat.

Kartoituksen yhteydessä jätealue kuvataan dronella, jota voidaan käyttää hyväksi näytteenottosuunnitelman laadinnassa ja jätealueen pinta-alan määrittämisessä.

Rikastushiekka-alueen kartoitus on oleellinen pohjatieto tutkimussuunnitelman laatimiseen. Kartoituksen perusteella voidaan esimerkiksi arvioida tarvittavia näytteenottovälejä ja mahdollisia logistisia riskejä.

Arvioitu työn kesto: 2 henkilöä, 2 päivää/kohdealue

2.3 Tutkimussuunnitelman laatiminen rikastushiekka-alueille

Tutkimussuunnitelmassa kuvataan tutkimuksen eri vaiheet ja niihin liittyvät proseduurit sisältäen työturvallisuuden ja laadunvalvonnan. Tutkimussuunnitelman tulee olla esitettyä vaiheistettuna mallina kuvan 1 kaavion mukaan. Suunnitelma tulee esittää tilaajalle hyväksyttäväksi ennen tutkimustöiden aloitusta.

Tutkimussuunnitelman sisältö mm.:

- Näytteenottosuunnitelma (sis. koordinaattiluettelo+kartta, näytteenotto proseduurit (QA) ja laadunvalvonta (QC), näytteiden "Chain of Custody" eli miten näytteiden kontaminoimattomuus varmistetaan esimerkiksi kuljetusten aikana)
- Aikataulu sekä työsuoritteiden arvioitu kesto
- Ostopalvelut ja aliurakoitsijat
- Tutkimuksen seuranta ja raportointi (projektin hallinta)

On huomioitava, että tutkimussuunnitelmat, näytteiden määrät ja työmäärät ovat kohdekohtaisia. Tässä dokumentissa mainitut ajat työn kestosta ja näytemääristä ovat ohjeellisia.

2.4 Näytteenotto, analyysit ja laadunvalvonta

Rikastushiekka-alueen näytteenotto suoritetaan kahdessa vaiheessa.

Näytteenotossa on tärkeintä hyötymineraalien ja –metallien pitoisuuksien varmentaminen, materiaalin raekoon määrittäminen ja alustava jätteen luokittelu sekä hyötymineraalien prosessoitavuus.

Näytteenotossa hyödynnetään käsi-XRF:ää, jolla voidaan ohjata näytteenottoa ja näytteiden valitsemista analyysieihin.

2.4.1 Pintanäytteenotto

Näytteenotto tehdään säännöllisellä pisteverkolla lapiolla kaivetuista kuopista siten, että näytteenottoverkko kattaa koko rikastushiekka-altaan. Jos alueella on saatavilla kairakone esimerkiksi ympäristönäytteenoton yhteydessä, voidaan myös kairausta hyödyntää jo tässä vaiheessa. Kairakoneen hyödyntäminen voi olla tarpeellista, jos hapettunut pintakerros on niin paksu, että näytteenotto hapettumattomasta kerroksesta on lapion avulla hankalaa. Näytteenotossa tulee huomioida seuraavat asiat:

- Näytteenottogridinä esimerkiksi (ohjeellinen, mietittävä tapauskohtaisesti!): suuremmilla alueilla noin 200x200 m ja pienemmillä jopa 50x50 m
- Ennen varsinaista näytteenottoa tulee määritellä uuttuneen kerroksen paksuus. Näytteenotto tulee ottaa sekä pintakerroksesta että pohjakerroksesta edustavuuden takaamiseksi. Pintakerroksessa mineraalien hapettuminen ja kulkeutuminen vaikuttavat rikastushiekan pitoisuuteen.
- Näyte kerätään muoviseen eräsäkkiin ja pussiin merkitään näytetunnus.
- Näytteen raekoko, lajittuneisuus, kosteus ja paino merkataan näytelomakkeeseen.
- 3 näytettä (raekoko, geokemia ja mineralogia), lisäksi mahdollisesti 1 näyte säilytykseen lisäanalyysijä varten
- Näytteenottopaikasta otetaan valokuva siten, että kuopan profiili ja näytetunnuksella varustettu näytepussi näkyvät kuvassa.
- Näytteenottopaikan sijainti määritetään Differentiaali-GPS laitteella.
- Joka kymmenestä näytteestä otetaan kenttärinnakkainen (field duplicate), joka saa oman näytetunnuksen.
- Näytteenoton yhteydessä rikastushiekka-alueelta kerätään edustava määrä tiheysnäytteitä. Tiheysnäytteenotto tehdään laatikkomäärityksenä, jossa näyteastian tilavuus huomioon ottaen saadaan laskettua näytteelle märkätiheys. Näyte pussitetaan tiheysnäytteenä ja lähetetään laboratorioon kuivaukseen ja punnitukseen.

Arvioitu työn kesto: 2 henkilöä, 2–3 päivää/kohdealue

2.4.2 Kairausnäytteenotto

Kairauksen tarkoitus on saada paksuus sekä pitoisuus- ja raekokovaihtelu rikastushiekka-altaasta. Tiedon perusteella voidaan arvioida rikastushiekan alustava volyyymi. Kairaus suunnitellaan jätealueen koon ja muodon mukaan edustavuuden takaamiseksi ja purkuputkien paikat huomioon ottaen.

- Kairaus voidaan suorittaa joko läpivirtausterällä, augerilla tai sonic-kairauksella.
- Kairaus aina jätepatjan läpi pohjarakenteeseen saakka, kairaus suoritetaan pystysuorina reikinä
- Näyte otetaan metrin välein ja sijoitetaan muoviseen eräsäkkiin. Pussiin merkitään näytetunnus (esim. AIJ/RH-25 1.00-2.00).
- Lähtökohtaisesti kairaus suunnitellaan kahtena profiilina (esim. N-S ja E-W) ja kairareikien määrä on arviolta 5–10.
- Tyypillisesti yksittäinen kairanäyte on pituudeltaan 0,5–1 m
- Näytteen raekoko, lajittuneisuus, kosteus ja paino merkataan näytelomakkeeseen.
- Näytteenottoaikan sijainti määritetään Differentiaali-GPS mittalaitteella.
- Joka kymmenestä näytteestä otetaan kenttärinnakkainen (field duplicate), joka saa oman näytetunnuksen.
- Erikseen kairataan kolme tiheysnäytteenottoreikää läpivirtausterällä, joista kerätään 1/2 m tiheysnäyte, joka tulpataan. Näyte punnitaan kentällä ja lähetetään laboratorioon kuivaukseen ja punnitukseen.

Arvioitu työn kesto: 4 henkilöä, 4 päivää/kohdealue

2.4.3 Näytteiden analysointi ja laboratoriosopimus

Näytteet analysoidaan kansainvälisesti akreditoidussa laboratoriossa (esim. ALS, Eurofins Labtium) metallipitoisuuksien ja raekoon määrittämiseksi.

Laboratorion kanssa käydään aina lävitse näyttemateriaalin mukaiset esikäsittely- ja analyysimenetelmät sekä toimitukseen liittyvät yksityiskohdat. Ennen näytteiden käsittelyä urakoitsijan tulee varmistaa, että laadunvalvontaan tarvittavat proseduurit ovat kunnossa ja niitä seurataan tutkimussuunnitelman mukaisesti.

Analyysimenetelmiä valittaessa tulee varmistaa, että määrittäysrajat ovat riittävät tutkimuksen kohteena oleville alkuaineille sekä laadunvalvontanäytteille. Esimerkiksi määritellessä kriittisiä raaka-aineita osittaisuudet eivät liuota silikaatteihin ja oksideihin sitoutuneita arvoaineita.

Esikäsittely ja analyysimenetelmät:

- Esikäsittely (*sample preparation*): Esikäsittelyn tulee sisältää näytteiden kuivauksen, seulonnan (>32 um, 32–75 um, 75–125 um, 125–250 um ja 250–500 um), murskauksen ja jauhatuksen (>85 % *passing 75 micron*). Kontaminaatoriskin pienentämiseksi kvartsipuhdistus näytteiden välissä tulee sisällyttää tilaukseen.
- Analysointi (Analysis): Alkuaineiden totaalipitoisuudet (esim. Na-peroksidisulfaatti, Li-boraattifuusio+XRF, FireAssay-menetelmä (Au+PGE)).
 - Arvoainepotentiaalitutkimuksen alkuvaiheessa on ensiarvoisen tärkeää, että näytteistä määritellään alkuaineiden totaalipitoisuudet (oksidit+hivenalkuaineet), jotta arvoainepotentiaali tulee selvitettyksi.

- Alkuainemääritykset suoritetaan pääasiassa ICP-OES ja/tai ICP-MS tekniikoita käyttäen Laboratorioiden analyysipaketit tulee tarkastaa huolella, jotta ne sisältävät kaikki tutkimuksissa tarvittavan alkuainevalikoiman. Alkuainealikoimaa voi täydentää alkuainekohtaisesti erillisillä rikki-, hiili-, elohopea- ja fluori- analyysillä tai fysikaalisilla parametreillä kuten tiheys, LOI ja magnetisoituminen. Laboratorion asiantuntijat auttavat analyysimenetelmien ja parhaiden menetelmäkokonaisuuksien valinnassa.
- Laboratoriot tarjoavat laajan valikoiman rikastushiekkojen, sivukivien ja kaivoksien muiden sivutuotteiden testaukseen (mm. happamointi- ja neutralointivaikutukset, liukoisuus, osittaisliuotukset ympäristön ”kokonaispitoisuuksien” määrittämiseen).
- Mineralogia: XRD ja FE-SEM-EDS valituille näytteille. Valinta voidaan tehdä silmämääräisesti selkeästi toisistaan poikkeavista kerroksista sekä hyödyntämällä käsi-XRF tuloksia. Myös taustamateriaali tulee tarkastaa eri kaivannaisjätteiden sijoittamisesta alueella. Edustavista näytteistä tehdään SEM-tyyppinen tarkempi mineraloginen analyysi.

2.4.4 Laadunvalvonta (external quality control)

Laboratorion laatua valvotaan ulkoisilla sertifioituilla kontrollinäytteillä sekä rinnakkaisnäytteillä, jotka raportoidaan osana teknistä loppuraporttia.

Laadunvalvontanäytteinä käytetään tarkastelussa olevia alkuainekohtaisia kaupallisia sertifioituja referenssinäytteitä (CRM) sekä nollanäytteitä (blank sample), joiden avulla monitoroidaan laboratoriomittauksien tarkkuutta (accuracy) ja mahdollista kontaminaatiota. Tuloksien toistettavuutta (precision) tarkastellaan rinnakkaisnäytteillä (duplicate sample). Rinnakkaisnäyte muodostuu kolmesta osasta: 1. kenttärinnakkainen (field duplicate), 2. murskerinnakkainen (coarse duplicate) ja 3. jauherinnakkainen (pulp duplicate).

Projektinäytteet numeroidaan yksilöidyillä sokeilla näytetunnuksilla, jotka sijoitetaan näytepusseihin. Alkuperäinen näytetunnus pyyhitään pois. Käytössä tulee olla näytelippuvihko, johon kirjoitetaan kyseinen alkuperäinen näytetunnus ja kontrollinäyte (1:10). Sokeanäytetunnus repäistään analyysiin menevän pussin mukaan. Näytteiden ylimääräinen jauhemateriaali pyydetään palautettavaksi asiakkaalle analysoinnin jälkeen säilytykseen.

Laadunvalvontanäytteillä (referenssinäytteet) sekä rinnakkaisnäytteillä on tarkoitus monitoroida laboratoriossa mitattujen projektinäytteiden saatujen analyysituloksien laatua. Näin ollen referenssinäytteiden valinnassa tulee huomioida, että näytematriisi, esikäsittely ja analyysimenetelmä ovat vertailukelpoisia. Näytteiden analysointi ja laadunvalvontaohjelma tulee olla selkeästi esitetty tutkimussuunnitelmassa, joka hyväksytään projektin ohjausryhmällä ennen töiden aloitusta.

Analyysituloksien saavuttua laadunvalvontanäytteet tulee tarkastella tilastollisesti ja raportoitava osana loppuraporttia. Jos referenssinäytteiden tulokset poikkeavat sertifikaatin mukaisista tuloksista ja eivät enää noudata projektissa sovittua laatukriteeristöä on tilaajan oltava yhteydessä välittömästi laboratorioon ja sovittava

uudelleenanalysoinnista. Uudelleen analysointikäytäntö tulee sopia laboratoriosopimuksessa.

2.5 Jätteen karakterisointi ja rikastustestit

Esiselvitysvaiheessa tullaan analyysitulosten perusteella suorittamaan alustava rikastushiekan karakterisointi. Tarkastellaan esimerkiksi mahdollisesti hapettuneen pintakerroksen ja hapettumattoman alemman kerroksen ominaisuuksia ja alkuaineiden mahdollisia mobilisoitumisia eri osien välillä.

Arvioidaan alustavasti rikastushiekan hyötykäyttömahdollisuuksia, sekä alkuaineiden, että bulkkimineraalien osalta. Sisältää alustavan markkinaselvityksen mielenkiintoisten aineiden osalta.

Arvioidaan hyötykäytön mahdollisia ympäristövaikutuksia, joilla voi olla vaikutuksia hyötykäytön taloudellisuuteen. Arviointi tehdään yhteistyössä kunnostussuunnittelusta vastaavien tahojen kanssa.

Jos alustavassa hyödyntämisarviossa tunnistetaan mielenkiintoisia arvoaineita, tehdään laboratoriotason rikastuskoe ämpärinäytteestä. Rikastuskokeisiin valittavien näytteiden (2–4 kpl) tulee olla edustavia ja siten näytteenotto tehdään vasta geokemiallisten ja raekokoanalyysituloksien jälkeen.

2.6 Rikastushiekka-alueen mallinnus ja varantoarvio sekä luokittelu

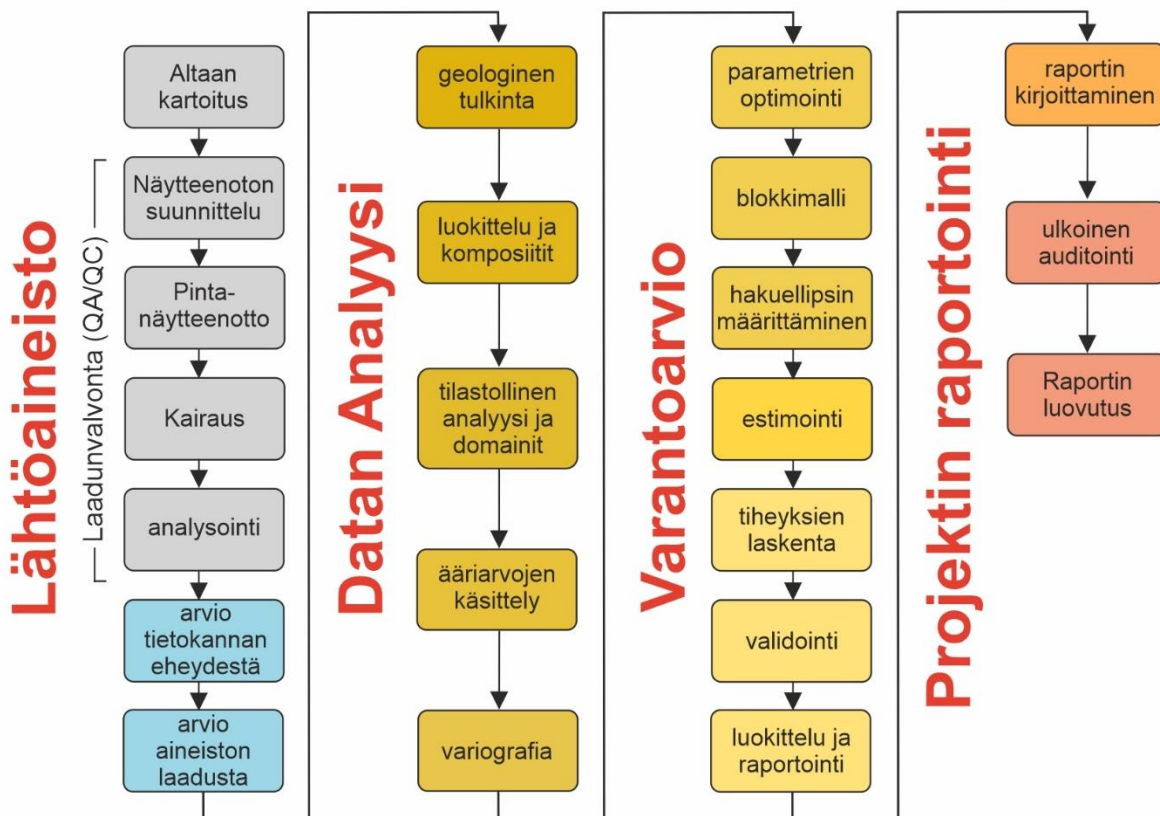
Hyötymineraalipotentialin esiselvityksessä mallinnetaan alustava mineraalien ja/tai -metallien pitoisuus ja rikastushiekan raekoon jatkuvuudet sekä jätealueen hyödyntämiskelpoinen tonnimäärä. Varantoarvion luotettavuus pohjautuu laadukkaaseen näytteenottoon ja riittävään määrään näytepisteitä. Alkuvaiheen näytteenotto voidaan tehdä lapiolla kaivetuista kuopista ympäri rikastushiekka-aluetta sekä selvittämällä jätealueen paksuuden karkea arvio kairaamalla esimerkiksi kaksi profiilia ristiin (noin 5–10 kairareikää). Syvyyttä voidaan arvioida myös vanhoista toiminnanaikaisista kartoista ja maatutkauksen avulla.

Alla on listattu mallinnukseen ja varantoarvioon liittyviä teknisiä osakokonaisuuksia, jotka urakoitsijan on ymmärrettävä. Harva näytepisteverkko ja teknistaloudellisten tunnuslukujen (kokonaisinvestoinnit, cut-off pitoisuudet) puuttuminen mahdollistaa vain arvoainepotentiaalın selvittämisen. Tässä vaiheessa on olennaista tarjota erilaisia skenaarioita ("scenario-based models"), jotka voisivat tulla kysymykseen jätteiden uudelleenhyödyntämisessä. Esimerkiksi miten mallinnusparametrejä muuttamalla pitoisuus- ja tonnimäärien vaihtelu on tasapainossa louhintaan liittyvien kustannuksien ja louhinnasta saataviin tuottoihin. Tässä voidaan hyödyntää UNFC systeemiä (kuva 2).

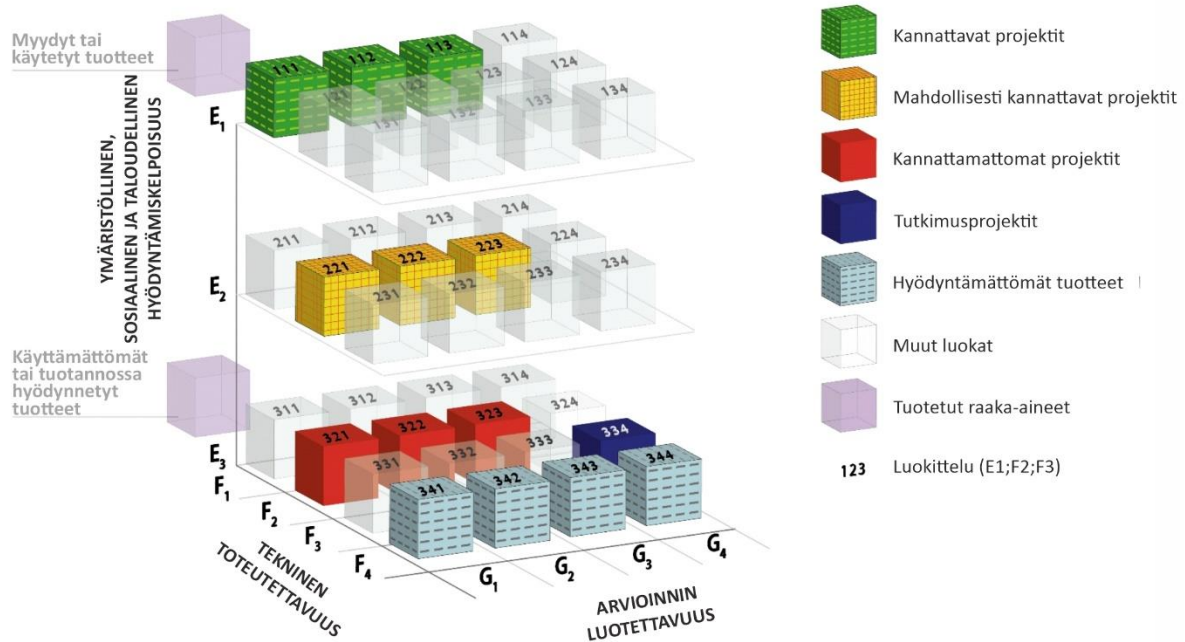
- Mallinnustietokanta (*MS Access*) tulee olla valmis ja tarkistettu ennen mallinnuksen aloitusta. Tietokanta tulee olla selkeästi jäsennelty sisältäen esimerkiksi seuraavat osataulut: *Archive, Collar, Survey, Assay_flat, Density, Assay methods, Quality Control samples*.
- Tietokannan laatu tulee arvioida ja sen riittävyys mineraalivarannon tekemiseen (kuva 1).

- Mallinnus ja mineraalivarantoarvio tulee tehdä kaupallisella ohjelmalla esim. Geovia Surpac, Leapfrog Geo+Edge, Datamine.
- Domain-mallinnus (rajojen määrittäminen ja aineiston luokittelu)
- Analyysi- ja raekokotuloksien tilastollinen tarkastelu (Exploratory Data Analysis). Tilastollinen tarkastelu edellyttää näytepituuksien yhtenäistämistä (komposiitit).
- Pitoisuusjatkuvuuksien tarkastelu variografialla.
- Blokkimalli ja estimointi (3D ja 2D).
 - Rikastushiekka-alueen pintaosasta tehdään erikseen tasomainen pitoisuus- ja raekokotarkastelu.
 - Mallinnusparametrien valinta ja optimointi
 - Interpolointina voidaan hyödyntää esimerkiksi *Inverse Distance* (ID), *Ordinary Kriging* tai *Nearest Neighbour* -menetelmiä.
- Mallinnuksen validointi ja vertailumallien teko
- Varantoarvioluokittelu hyödyntäen kansainvälistä UNFC luokittelujärjestelmää (Kuva 1).

Arvioitu työn kesto: 1 henkilö, 3 päivää/kohdealue



Kuva 1. Vuokaavio rikastushiekka-alueen varantoarvion ja raportoinnin tekemiseen.



Kuva 2. UNFC-luokittelun periaate (UNFC, 2019).

2.7 Tekninen loppuraportti ja jatkotutkimustarve

Katso kappale 4.

Tekninen loppuraportti tulee sisältää tiivistetyn selvityksen kohdealueella tutkittujen arvoaineiden ja/tai tuotteiden markkinapotentiaalista. Arvoaineiden lisäksi otetaan huomioon esimerkiksi silikaatit ja muut mahdollisesti hyötykäytettävät mineraalit. Tutkimuksen alkuvaiheessa on ensiarvoisen tärkeää, että näytteistä määritellään alkuaineiden totaalipitoisuudet (oksidit+hivenalkuaineet), jotta arvoinenpotentiaali tulee selvitettyksi.

3 SIVUKIVET

3.1 Arkistotietojen läpikäynti

Kaivoksen tuotantoon liittyvä moninainen tekninen tieto tulee käydä huolellisesti lävitse ja tutkimuskohteen taustat tulee kirjottaa kaivoksen toimintahistoria ja sivukivialueen taustakuvaukseen osana teknistä loppuraporttia.

Selvitystyön tulee kattaa ainakin seuraavat aihealueet: (1) eri sivukivityypit ja niiden mineralogia, (2) tuotantoluvut ja ajankohdat, sekä (3) dokumentaatio kaivoksen toiminnan aikaisista aineksien uudelleenhyödyntämisestä.

Alkuperäiset sivukivialuetta koskevat piirustukset ja kartat tulee skannata ja georeferoida paikkatieto-ohjelmaan (ArcGIS, QGIS). Jätealuetta koskevat tekniset tiedot tallennetaan mm. jätemäärät, laatu ja alkuperä.

Lähdemateriaalia on saatavilla Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) ja Elinkeinoelämän keskusarkiston (ELKA) tietokannoissa. Osa tiedoista löytyy julkisina Outokummun arkistoraportteina GTK:n ylläpitämässä Hakku-portaalissa.

Arvioitu työn kesto: 1 henkilö, 3 päivää/kohdealue

3.2 Tutkimuskohteena olevan sivukivialueen kartoitus ja koordinaattipisteiden määrittäminen

Sivukivialueen kartoitus alkuperäisten piirustuksien ja karttojen mukaan ja koordinaattipisteiden määrittäminen Differentiaali-GPS-paikannuksena (ETRS-TM35FIN). Koordinaattipisteiden määrittäminen tulee sisältää jätealueen rajat, eri sivukivityyppien rajat (jos mahdollista) ja laskuajat.

Kartoituksen yhteydessä jätealue kuvataan dronella (lasermittaus, pistepilvi), jota voidaan käyttää hyväksi näytteenottosuunnitelman laadinnassa ja jätealueen tilavuuden ja pinta-alan määrittämisessä.

Arvioitu työn kesto: 2 henkilöä, 2 päivää/kohdealue

3.3 Tutkimussuunnitelman laatiminen sivukivialueille

Tutkimussuunnitelmassa kuvataan tutkimuksen eri vaiheet ja niihin liittyvät proseduurit sisältäen työturvallisuuden ja laadunvalvonnan. Tutkimussuunnitelman tulee olla esitettynä vaiheistettuna mallina kuvan 1 kaavion mukaan (huomioiden rikastushiekka-alueen ja sivukivialueen tutkimusten erot). Suunnitelma tulee esittää tilaajalle hyväksyttäväksi ennen tutkimustöiden aloitusta.

Tutkimussuunnitelman sisältö mm:

- Näytteenottosuunnitelma (sis. koordinaattiluettelo+kartta, näytteenottoproseduurit (QA) ja laadunvalvonta (QC), Chain of Custody)
- Aikataulu sekä työsuoritteiden arvioitu kesto
- Ostopalvelut ja aliurakoitsijat
- Tutkimuksen seuranta ja raportointi (projektin hallinta)

On huomioitava, että tutkimussuunnitelmat, näytteiden määrät ja työmäärät ovat kohdekohtaisia. Tässä dokumentissa mainitut ajat työn kestosta ja näytemääristä ovat ohjeellisia.

3.4 Näytteenotto, analyysit ja laadunvalvonta

Näytteenotto suoritetaan yhdessä vaiheessa. Rikastushiekka-alueen tutkimisesta poiketen sivukivialueen alustavassa tutkimuksessa ei edellytetä kairauksia sen haastavuuden vuoksi.

Näytteenotossa on tärkeintä hyötymineraalien ja –metallien pitoisuuksien varmentaminen ja alustava jätteen luokittelu sekä hyötymineraalien prosessoitavuus.

3.4.1 Pintanäytteenotto

Sivukivialue tutkitaan pintanäytteenoton ja säännöllisen pisteverkon avulla siten, että näytteenottoverkko kattaa koko sivukivialueen. Näytteenotossa tulee huomioida seuraavat asiat:

- Näytteenottomääränä esimerkiksi (ohjeellinen, mietittävä tapauskohtaisesti!): 3–6 kokoomanäytettä / hehtaari.
- Tutkittavat näytteet voivat olla suurempia kokoomanäytteitä, jotka koostuvat >30 kpl alle nyrkinkokoisesta kivenpalasta. Kokoomanäytteen paino voi olla 10–20 kg.
- Näyte kerätään muoviseen eräsäkkiin tai sankoon ja siihen merkitään näytetunnus.
- Pienet osanäytteet kerätään joko sattumanvaraisesti ja/tai keskittyen tiettyyn kivilajiin (jos mahdollista).
- Osanäytteiksi poimitaan sopivan kokoisia kappaleita, sekä ottaen kivivasaralla kappaleita isommista lohkeista.
- Alueet, joilta kokoomanäytteet on otettu, merkitään kartalle GPS-laitteen avulla.
- Joka kymmenennestä näytteestä otetaan kenttärinnakkainen (field duplicate), joka saa oman näytetunnuksen.

Arvioitu työn kesto: 2 henkilöä, 1–2 päivää/kohdealue

3.4.2 Näytteiden analysointi ja laboratoriosopimus

Näytteet analysoidaan kansainvälisesti akreditoitussa laboratoriossa (esim. ALS, Eurofins Labtium) metallipitoisuuksien ja mineralogisten ominaisuuksien määrittämiseksi. Mineralogisen tutkimuksen yhteydessä tulisi arvioida missä mineraaleissa arvoaineet sijaitsevat.

Laboratorion kanssa käydään lävitse näytemateriaalin mukaiset esikäsittely- ja analyysimenetelmät sekä toimitukseen liittyvät yksityiskohdat. Ennen näytteiden käsittelyä urakoitsijan tulee varmistaa, että laadunvalvontaan tarvittavat proseduurit ovat kunnossa ja niitä seurataan tutkimussuunnitelman mukaisesti.

Analyysimenetelmiä valittaessa tulee varmistaa, että määrittämisrajat ovat riittävät tutkimuksen kohteena oleville alkuaineille sekä laadunvalvontanäytteille. Esimerkiksi määrittämisessä kriittisiä raaka-aineita osittaisuudet eivät liuota silikaatteihin ja oksideihin sitoutuneita arvoaineita.

Esikäsittely ja analyysimenetelmät:

- Esikäsittelyn tulee sisältää kuivauksen (<40°), murskauksen ja jauhatuksen.
- Geokemian analyysit: alkuaineiden totaalipitoisuudet (esim. Na-peroksidisulfaatti refraktorisille mineraaleille, korkean pitoisuuden malmeille ja rikasteille, Li-boraattifuusio+XRF, FireAssay-menetelmä (Au+PGE)).
 - Arvoainepotentiaalitutkimuksen alkuvaiheessa on ensiarvoisen tärkeää, että näytteistä määritellään alkuaineiden totaalipitoisuudet (oksidit+hivenalkuaineet), jotta arvoainespotentiaali tulee selvitettyksi.

- Alkuainemääritykset suoritetaan pääasiassa ICP-OES ja/tai ICP-MS tekniikoita käyttäen Laboratorioiden analyysipaketit tulee tarkastaa huolella, jotta ne sisältävät kaikki tutkimuksissa tarvittavan alkuainevalikoiman. Alkuainealikoimaa voi täydentää alkuainekohtaisesti erillisillä rikki-, hiili-, elohopea- ja fluori- analyysillä tai fysikaalisilla parametreillä kuten tiheys, LOI ja magnetisoituminen. Laboratorion asiantuntijat auttavat analyysimenetelmien ja parhaiden menetelmäkokonaisuuksien valinnassa.
- Laboratoriot tarjoavat laajan valikoiman rikastushiekkojen, sivukivien ja kaivoksien muiden sivutuotteiden testaukseen (mm. happamointi- ja neutralointivaikutukset, liukoisuus, osittaisliuotukset ympäristön ”kokonaispitoisuuksien” määrittämiseen).
- Mineralogia: XRD ja valituille näytteille (esim. tiettyä sivukivityyppiä edustavasta näyte) SEM-tyyppinen tarkempi mineraloginen analyysi. Valinta voidaan tehdä silmämääräisesti selkeästi toisistaan poikkeavista kerroksista sekä hyödyntämällä käsi-XRF tuloksia. Myös taustamateriaali tulee tarkastaa eri kaivannaisjätteiden sijoittamisesta alueella.

3.4.3 Laadunvalvonta (external quality control)

Laboratorion laatua valvotaan ulkoisilla sertifioituilla kontrollinäytteillä sekä rinnakkaisnäytteillä, jotka raportoidaan osana loppuraporttia. Laadunvalvontanäytteinä käytetään tarkastelussa olevia alkuainekohtaisia kaupallisia sertifioituja referenssinäytteitä (CRM) sekä nollanäytteitä (blank sample), joiden avulla monitoroidaan laboratoriomittauksien tarkkuutta (accuracy) ja mahdollista kontaminaatiota. Tuloksien toistettavuutta (precision) tarkastellaan rinnakkaisnäytteillä (duplicate sample). Rinnakkaisnäyte muodostuu kolmesta osasta: 1. kenttärinnakkainen (field duplicate), 2. murskerinnakkainen (coarse duplicate) ja 3. jauherinnakkainen (pulp duplicate).

Projektinäytteet numeroidaan yksilöidyillä sokeilla näytetunnuksilla, jotka sijoitetaan näytepusseihin. Alkuperäinen näytetunnus pyyhitään pois. Käytössä tulee olla näytelippuvihko, johon kirjoitetaan kyseinen alkuperäinen näytetunnus ja kontrollinäyte (1:10). Sokeanäytetunnus repäistään analyysiin menevän pussin mukaan. Näytteiden ylimääräinen jauhamateriaali pyydetään palautettavaksi asiakkaalle analysoinnin jälkeen säilytykseen.

Laadunvalvontanäytteillä (referenssinäytteet) sekä rinnakkaisnäytteillä on tarkoitus monitoroida laboratoriossa mitattujen projektinäytteiden saatujen analyysituloksien laatua. Näin ollen referenssinäytteiden valinnassa tulee huomioida, että näytematriisi, esikäsittely ja analyysimenetelmä ovat vertailukelpoisia.

Näytteiden analysointi ja laadunvalvontaohjelma tulee olla selkeästi esitetty tutkimussuunnitelmassa, joka hyväksytään projektin ohjausryhmällä ennen töiden aloitusta.

Analyysituloksien saavuttua laadunvalvontanäytteet tulee tarkastella tilastollisesti ja raportoitava osana loppuraporttia. Jos referenssinäytteiden tulokset poikkeavat sertifikaatin mukaisista tuloksista ja eivät enää noudata projektissa sovittua laatukriteeristöä on tilaajan oltava yhteydessä välittömästi laboratorioon ja sovittava

uudelleenanalysoinnista. Uudelleen analysointikäytäntö tulee sopia laboratoriosopimuksessa.

3.5 Sivukivien karakterisointi ja rikastustestit

Esiselvitysvaiheessa tullaan analyysitulosten perusteella suorittamaan alustava sivukivien karakterisointi.

Arvioidaan alustavasti eri sivukivilajien hyötykäyttömahdollisuuksia, sekä alkuaineiden, että bulkkimineraalien ja -kivien osalta. Arviointi sisältää alustavan markkinaselvityksen mielenkiintoisten aineiden osalta.

Arvioidaan hyötykäytön mahdollisia ympäristövaikutuksia, joilla voi olla vaikutuksia hyötykäytön taloudellisuuteen. Arviointi tehdään yhteistyössä kunnostussuunnittelusta / ympäristövaikutusten tutkimuksesta vastaavien tahojen kanssa.

Jos alustavassa hyödyntämisarviossa tunnistetaan mielenkiintoisia arvoaineita tai materiaaleja, tehdään laboratoriotason rikastuskoe tai muita hyötykäyttöä edistäviä tutkimuksia (esim. geotekniset tutkimukset, pitkäaikaiskäyttötymistä tutkivat testit) ämpärinäytteestä. Jatkotutkimuksiin valittavien näytteiden tulee olla edustavia.

3.6 Sivukivialueen mallinnus ja varantoarvio sekä luokittelu

Hyötymineraalipotentialin esiselvityksessä mallinnetaan alustava mineraalien ja/tai -metallien pitoisuus sekä jätealueen hyödyntämiskelpoinen tonnimäärä. Varantoarvion luotettavuus pohjautuu laadukkaaseen näytteenottoon ja riittävään määrään näytepisteitä.

Sivukivialueen tilavuuden määrittäminen maastomittauksella (lasermittaus) tai GNSS-paikannuksella varustetun dronen avulla (fotogrammetria). Dronemallin tarkkuus vaihtelee käytettävästä laitteistosta, lento-olosuhteista ja lentoasetuksista (nopeus, korkeus ja kuvien määrä) riippuen sentistä muutamaan kymmeneen senttiin. Myös käytettävät, ennakoon mitatut ja merkatut signaalipisteet vaikuttavat tarkkuuteen.

Kuvien fotogrammetrinen käsittely kaupallisella ohjelmalla (esim. Agisoft Metashape), jolla saadaan luotua kolmioverkkomalli (mesh-malli) kuvatusta kohteesta.

Sivukivialueen pintaosasta tehdään tasomainen pitoisuustarkastelu, jonka arvioidaan alustavat arvoinemäärät.

Arvioitu työn kesto: 1 henkilö, 1 päivä/kohdealue

Sivukivialueen varantoarvioluokittelu hyödyntäen kansainvälistä UNFC luokittelujärjestelmää (Kuva 2).

3.7 Tekninen loppuraportti ja jatkotutkimustarve

Katso kappale 4.

Tekninen loppuraportti tulee sisältää tiivistetyn selvityksen kohdealueella tutkittujen arvoaineiden ja/tai tuotteiden (mukaan lukien esimerkiksi infrarakentamisessa mahdollisesti hyödynnettävät ainekset) markkinapotentiaalista. Raportissa tulee esitellä myös tutkimusmenetelmät ja analyysitulokset, sekä arvioida jatkotutkimustarvetta.

4 TEKNINEN LOPPURAPORTTI JA JATKOTUTKIMUSTARVE

Tekninen loppuraportti tehdään jokaisesta tutkimuskohteesta (sisältäen mahdollisesti sekä kohteen rikastushiekat että sivukivet). Raportin tulee sisältää vähintään seuraavat asiasisällöt:

- Tiivistelmä
- Tutkimuksen tarkoitus (Toimeksianto)
- Taustatutkimukset (Kaivoksen historia ja rikastushiekka-alueen ja sivukivien tiedot)
- Alueen kartoitus
- Näytteenotto
- Laadunvalvonta
 - Näytteenottosuunnitelma ja laadun varmistus
 - Analyysitulosten laadunvalvonta ja tilastollinen tarkastelu
- Tulosten tarkastelu ja käsittely
- Mallinnus ja blokkimalli
- Varantoarvioluokittelu
- Markkina-analyysi
- Keskustelu ja ehdotukset jatkotutkimuksille
- Yhteenveto

5 ULKOINEN LAADUNVALVONTA JA AUDITOINTI

Projekti tulee olemaan projektihallinnollisesti haasteellinen sisältäen useita työvaiheita, jota epäonnistuessaan tai heikosti toteutettuna vaikuttavat projektin lopullisiin tuloksiin. Tutkimuksen laadun ja projektin omistajan edun varmistamiseksi tutkimuksessa tulisi olla ulkoinen laadunvalvonta. Ulkoinen laadunvalvoja tarkastaisi työsuunnitelmat ja tarkastaisi asiakkaan kanssa kriittisiksi määritellyt työvaiheet palavereissa ennen ja jälkeen työsuorituksen.

6 ESISELVITYSTÄ TUKEVA KENTTÄTUTKIMUS

Mikäli varsinaisen edellä kuvatun esiselvityksen tekemiseksi ei ole tarvittavia resursseja, voidaan tehdä sitä tukeva tutkimus, joka koostuu lähinnä 1. vaiheen kevyemmistä kenttätutkimuksista ja analyyseistä. Tämä tutkimustaso antaa tietoa jätealueella esiintyvistä potentiaalisista raaka-aineista, mutta ei mahdollista jätealueista tehtävää varantoarviota ja UNFC-luokitusta. Näin ollen tämän tasoinen esiselvitystyö ei todennäköisesti myöskään riitä kattamaan kaivannaisjätteitä koskevaa CRMA artikla 26 mukaista ohjeistusta. Esiselvitystyötä tukevalla kenttätutkimuksella voidaan ohjata varsinaista esiselvitystyötä, esimerkiksi tukea tarkemman tutkimussuunnitelman tekemistä tai arvioida kannattaako tarkempaan esiselvitysvaiheeseen edetä.

6.1 Näytteenotto

Tasaisesti eri puolilta jätealuetta otetaan noin 10–15 näytettä, kooltaan muutama kg. Rikastushiekka-alueen tapauksessa pyritään saamaan näytteitä sekä hapettuneesta, että hapettumattomasta kerroksesta. Näytteenotossa voidaan hyödyntää kairakonetta, jos sellainen on saatavilla. Jatkotutkimusten ja tulosten hyödynnettävyyden kannalta olisi parasta, jos kairasydän otetaan pohjamaahan saakka ja koko kairasydämen matkalta saadaan otettua kokoomanäytteet esimerkiksi 1 m pätkissä (pohjamaata ei sisällytetä näytteeseen).

Näytteenottopisteiden koordinaatit tulee mitata tarkan differentiaali-GPS:n avulla.

Näytteenoton yhteydessä tulisi ottaa vähintään 1 tuplanäyte omaan pussiinsa (jos kokonaisnäytemäärä on suuri, niin tuplanäyte voidaan ottaa esimerkiksi joka 10. näytteelle).

Näytteenoton yhteydessä tarkkaillaan kontaminaation mahdollisuutta. Näytteiden merkitsemiseen tulee kiinnittää huomiota.

Arvioitu työn kesto: 2 henkilö, 1–2 päivä/kohdealue

6.2 Analyysit

Näytteet analysoidaan kansainvälisesti akreditoidussa laboratoriossa (esim. ALS, Eurofins Labtium) metallipitoisuuksien ja raekoon määrittämiseksi.

Esikäsittely ja analyysimenetelmät:

- Esikäsittelyn tulee sisältää näytteiden kuivauksen, rikastushiekan tapauksessa seulonnan (>32 µm, 32–75 µm, 75–125 µm, 125–250 µm ja 250–500 µm), murskauksen ja jauhatuksen.
- Näytteistä analysoidaan alkuaineiden totaalipitoisuudet (esim. Na-peroksidisulfaateille refraktorisille mineraaleille, korkean pitoisuuden malmeille ja rikasteille, Li-boraattifuusio+XRF, FireAssay-menetelmä (Au+PGE)).
 - Laboratorion asiantuntijat auttavat analyysimenetelmien ja parhaiden menetelmäkokonaisuuksien valinnassa.

- Näytteiden mineralogia analysoidaan XRD-menetelmällä. Silmämääräisesti erilaisille näytteille tehdään lisäksi SEM-tyyppinen tarkempi mineraloginen analyysi. Näytteiden valinnassa voidaan hyödyntää myös käsi-XRF:ää.

6.3 Tulosten raportointi ja hyödyntäminen

Tiedot tarkoista näytteenottopisteistä, -menetelmistä ja laadunvalvontanäytteistä sekä varsinaiset analyysitulokset ja niistä tehdyt johtopäätökset jätealueella potentiaalisesti esiintyvistä raaka-aineista tulee raportoida. Raportissa voidaan myös kuvata muuta esille tullutta kaivannaisjätealueeseen liittyvää tausta-aineistoa.

Raportti voidaan kirjoittaa myös esimerkiksi GTK:n toimesta, jolloin siihen voidaan mahdollisesti sisällyttää alustava arvio raaka-aineiden hyödynnettävyydestä ja alueen jatkotutkimustarpeista.

Raportti tulisi toimittaa GTK:lle, jossa kaivannaisjätealueen tiedot voidaan hyödyntää osana kaivannaisjätteitä koskevaa CRMA artikla 26 mukaista raportointia Euroopan Komissiolle. Tulokset tulee olla potentiaalisten jatkotutkimusten tekijöiden ja raaka-aineiden hyödyntäjien saatavilla.

Arvioitu työn kesto: 2 henkilö, 5 päivä/kohdealue

7 YHTEENVETO

Alla on esitetty (kuva 3) yhteenvetovuokaavia kaivannaisjätealueen raaka-ainepotentiaalin esiselvityksestä.

Esiselvityksen tueksi voidaan tehdä myös näytteenotosta ja analyyseistä koostuva kevyempi tutkimus, joka antaa tietoa jätealueella esiintyvistä potentiaalisista raaka-aineista. Sen avulla voidaan ohjata varsinaista esiselvitystyötä, esimerkiksi tukea tarkemman tutkimussuunnitelman laatimista tai arvioida kannattaako tarkempaan esiselvitysvaiheeseen edetä.



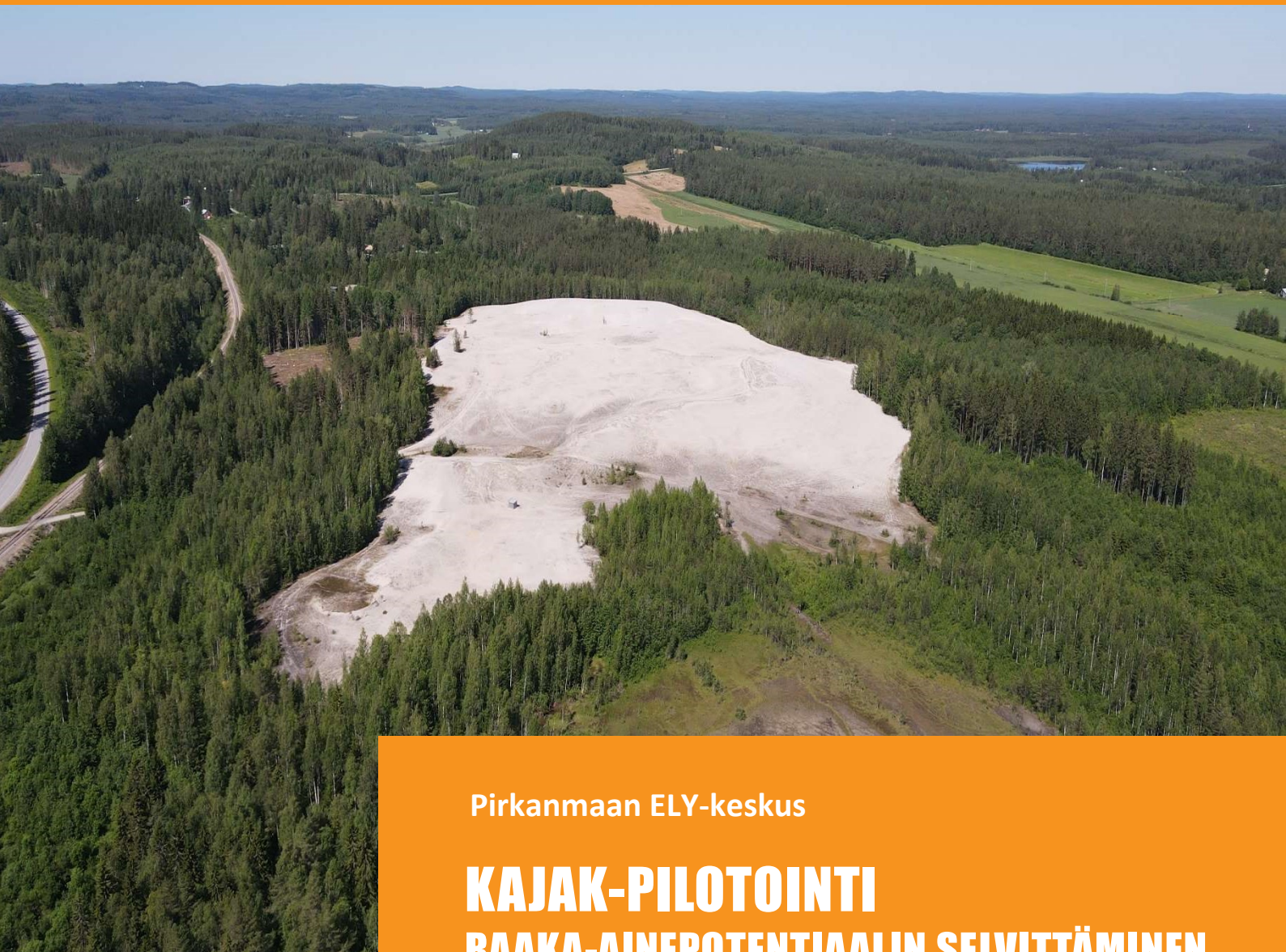
Kuva 3. Vuokaavio kaivannaisjätteiden sisältämien resurssien alustavasta arvioinnista.

8 VIITTEET

European Commission 2023. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU), p. 94. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0160>

UNECE 2019. United Nations Framework Classification for Resources, Update 2019. UNECE Energy Series 61. 20 p. Online: www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/publ/UNFC_ES61_Update_2019.pdf

Liite 4
KAJAK-pilotointi; Raaka-ainepotentiaalin selvittäminen –
Mätäsvaaran tutkimussuunnitelma, Envineer Oy,
3.5.2024



Pirkanmaan ELY-keskus

KAJAK-PILOTOINTI RAAKA-AINEPOTENTIALIN SELVITTÄMINEN MÄTÄSVAARAN TUTKIMUSSUUNNITELMA

3.5.2024

PIRKANMAAN ELY-KESKUS

Sanna Pyysing

sanna.pyysing@ely-keskus.fi

ENVINEER OY

Pauliina Salonen

Ari Kolehmainen

etunimi.sukunimi@envineer.fi

www.envineer.fi

Y-tunnus: 2850396-1

Projektinumero: 12308-001

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto.....	4
2	Kohde	4
3	Kenttätyöt	5
3.1	Kairanäytteenotto.....	6
3.1.1	Rinnakkaisnäytteenotto.....	6
3.2	Lapiokoekuopat.....	7
4	Näytteiden käsittely	8
4.1	Kentällä	8
4.2	Toimistolla.....	8
5	Laboratorioanalyysit	9
6	Työturvallisuus	10
7	Raportointi	10
8	Aikataulu	10

LIITTEET

Liite 1	Tutkimuspistekartta
Liite 2	Pituuspoikkileikkaus
Liite 3	Näytteenotto-ohjeistus (GTK)

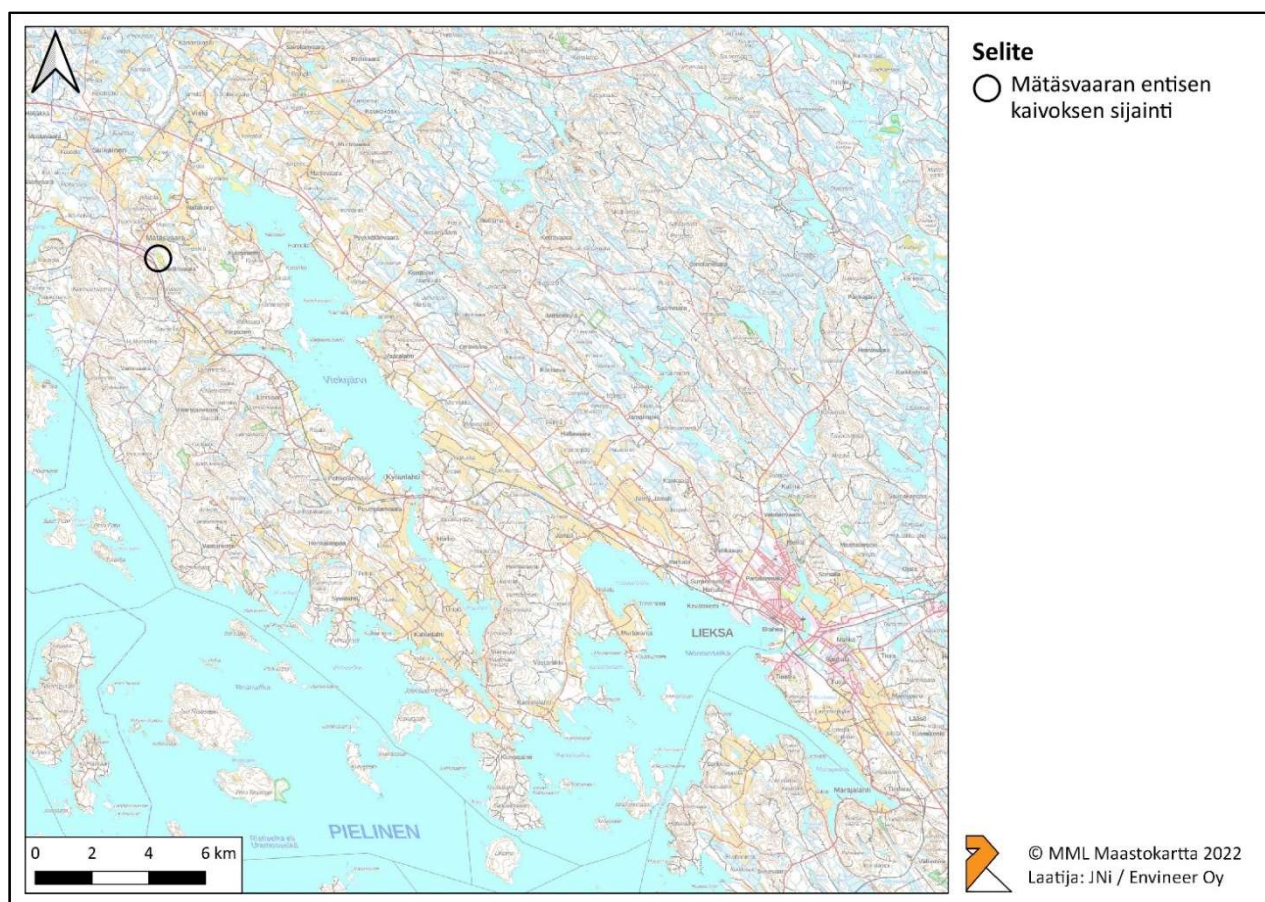
1 JOHDANTO

Selvitys on osa Pirkanmaan ELY-keskuksen hallinnoimaa KAJAK-hanketta, jossa selvitetään suljettujen ja hylättyjen kaivannaisjätealueiden riskejä. KAJAK-hankkeen tavoitteena on saada vanhojen kaivannaisjätealueiden ympäristö- ja terveystekijät kestäväällä tavalla hallintaan. Pilotoinnin tarkoituksena on selvittää toimintamenetelmiä, joilla suljettujen ja hylättyjen kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalin selvittämistä voitaisiin soveltuville osin yhdistää kaivannaisjätealueiden ympäristötutkimuksiin.

Pilotointi perustuu GTK:n marraskuussa 2023 laatimaan suunnitelmaan kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalin arviointityöstä. Selvityksen tilaajana toimii Pirkanmaan ELY-keskus. Selvitystä toteuttavat Envineer Oy ja Ramboll Finland Oy, joiden lisäksi selvityksessä on mukana Geologian tutkimuskeskus (GTK). GTK toimii pilotointikohteen laadunvalvontaan sekä rikastushiekka-alueen varantoarvioon liittyvissä asiantuntijatehtävissä. Pilotoinnin yhteydessä toteutettavista laboratorioanalyysistä vastaa Eurofins Ahma Oy.

2 KOHDE

Mätäsvaaran entinen molybdeenikaivos sijaitsee Lieksan Mätäsvaarassa, noin 22 kilometrin etäisyydellä Lieksan keskustasta luoteeseen (**Kuva 1**).



Kuva 1. Lieksan Mätäsvaaran entisen molybdeenikaivoksen sijainti Lieksan keskustan luoteispuolella.

Vuosina 1939–1947 toiminut Mätäsvaaran kaivos oli Suomen ainoa molybdeenikaivos. Linssimäiset molybdeenihohde-esiintymät sijaitsivat graniittigneissin ruhjevyöhykkeissä. Malmiesiintymässä molybdeenihohdetta oli keskimäärin 0,14 %. Malmia louhittiin pääasiassa avolouhoksista ja osittain maanalaisesta louhoksesta. Kokonaislouhinta Mätäsvaaran molybdeenikaivoksella oli noin 1,19 Mt ja rikastetun malmin määrä noin 1,15 Mt.

Rikastuksessa syntynyt hiekka on läjitetty noin 15 hehtaarin kokoiselle alueelle entisen rikastamon itä- ja kaakkoispuolelle. Rikastushiekka koostuu pääasiassa kvartsista sekä pienistä määristä kiilteitä, kalimaasälpää ja sulfidimineraaleja. Rikastushiekka-aluetta ei ole peitetty. Kaivoksen toiminnan päättymisen jälkeen rikastushiekka-aluetta on käytetty mm. pysäköintialueena, minkä lisäksi alueella on toiminut haulikko- ja motocrossrata.

Nykyisellään entinen rikastushiekka-alue toimii pääasiassa kesätahtumien pysäköintialueena. Entiseen avolouhokseen on rakennettu kaivosnäyttämö, joka on edelleen toiminnassa kesäisin. Entisen rikastushiekka-alueen luoteispuolella sijaitsee vakituista asutusta lähimmillään noin 130 metrin etäisyydellä. Kaivostoiminnan aikaisista rakennuksista molybdeenikaivoksen alueella on jäljellä pääasiassa betonisia rauniota. Nykyisellään entisen molybdeenikaivoksen aluetta ympäröivät metsä- ja maatalousalueet.

3 KENTTÄTYÖT

Tutkimukset kohdennetaan rikastushiekka-alueelle, jolta on tarkoitus saada näytteet kattavasti sekä horisontaali- että vertikaalisuunnassa. Näytepisteiden sijoittamisessa käytetään systemaattista menettelyä, jota varten rikastushiekka-alue jaetaan 100 m x 100 m tutkimusruutuihin. Jokaisen ruudun keskelle sijoitetaan tutkimuspiste, jonka lisäksi tutkimuspisteverkostoa täydennetään keskilinjalle rajaviivojen leikkauspisteisiin sijoitettavilla tutkimuspisteillä. Tutkimuspisteiden kokonaismääräksi muodostuu tällöin 11 kpl. Tutkimuspisteiden sijainti on esitetty **liitteessä 1**. Suunnitellut tutkimuspisteiden paikat tarkistetaan ennen näytteenottoa. Mikäli tutkimuspisteen paikka ei sovellu näytteenottoon, etsitään sille vaihtoehtoinen paikka mahdollisimman läheltä suunniteltua kohtaa. Näytteenoton yhteydessä tutkimuspisteet tarkemmitataan (x, y, z).

Näytteenotto jokaisesta pisteestä toteutetaan raskaan vaunuporakoneen maaputkikalustolla (kairaurakoitsijana SGM Consulting Oy). Näytteenotto jokaisessa tutkimuspisteessä ulotetaan rikastushiekan alapuoliseen perusmaahan saakka. Ennakkotietojen perusteella rikastushiekkatäytön paksuuden tutkimuspisteissä arvioidaan vaihtelevan välillä 4...14 m. Rikastushiekka-alueen pituuspoikkileikkaus on esitetty **liitteessä 2**.

Kairanäytteenoton lisäksi jokaisesta tutkimuspisteestä tehdään rikastushiekkatäytön pintaosasta tarkennettu havainnointi, joka toteutetaan lapiokuopasta ja kohdennetaan rikastushiekkakerroksen hapettuneeseen/uuttuneeseen pintaosaan.

Kairanäytteenotot ja lapiokoekuopista tehtävät havainnot on kuvattu tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

3.1 Kairanäytteenotto

Suunniteltujen tutkimuspisteiden sijainnit määritetään kentällä tarkkuus-GPS -laitteella ja merkataan esim. merkkaukepillä, jonka päässä on merkkaukeu. Suunniteltujen tutkimuspisteiden sijainnit on esitetty **liitteessä 1**.

Näytteenotto toteutetaan seuraavasti;

- Tutkimuspisteiden kokonaismäärä on 11 kpl (MÄT1-MÄT11), joista on arvioitu otettavan yhteensä noin 80–100 kpl näytteitä.
- Näytteenotto ulotetaan jokaisessa tutkimuspisteessä rikastushiekan alapuoliseen perusmaahan saakka.
- Näytteet otetaan 1 metrin kerrospaksuutta edustavina häiriintyneinä kokoomanäytteinä.
- Tarvittava näytemäärä on noin 4 kg / näyte.
- Näytteet kerätään kentällä muovisiin ämpäreihin, joihin merkitään tutkimuspiste ja syvyysväli (esim. MÄT-3 1.00–2.00). Merkintä varmistetaan sijoittamalla ämpäriin minigrip-pussissa oleva lappu, johon tutkimuspiste ja syvyysväli on merkitty.
- Näytteenoton edetessä näytteenottaja varmistaa, että näytemateriaali on edustava ja merkitsee tarvittavat tiedot (esim. raekoko, väri, lajittuneisuus, kosteus) havaintolomakkeelle.
- Näytteen ollessa erittäin kostea tai märkä, kairaterä puhdistetaan ennen näytteenoton jatkamista. Mikäli kontaminaatoriski on suuri, näytteenotto ko. tutkimuspisteestä keskeytetään.
- Mahdollinen vesipinnan sijainti merkitään havaintolomakkeelle tutkimuspisteittäin, jotta saadaan havainto vedellä kyllästyneestä ja kyllästämättömästä kerroksesta.
- Näytteet punnitaan näytteenoton yhteydessä kenttävaakaalla.

Tutkimuspisteet ja niistä otetut näytteet valokuvataan siten, että näytepussit näkyvät valokuvassa. Näytteenoton jälkeen lopulliset tutkimuspisteet mitataan tarkkuus-GPS -laitteella.

3.1.1 Rinnakkaisnäytteenotto

Kairanäytteenotolle toteutetaan rinnakkaisnäytteenotto tiheys- ja laadunvalvontanäytteiden ottamiseksi. Rinnakkaisnäytteenotto toteutetaan kairaamalla rinnakkainen tutkimuspiste yhteensä neljän (4) tutkimuspisteen (MÄT1, MÄT5, MÄT7, MÄT11) viereen, noin 1–2 metrin etäisyydelle alkuperäisestä tutkimuspisteestä. Näytteenotto jokaisesta rinnakkaisesta tutkimuspisteestä toteutetaan vastaavalla tavalla kuin alkuperäisistä tutkimuspisteistä (kohta 3.1).

Tiheysnäytteet

- Tiheysmäärittystä varten jokainen rinnakkaisen tutkimuspisteen 1 metrin kerrospaksuutta edustava näyte kerätään ämpäriin, jossa näytemateriaali sekoitetaan. Sekoitetusta näytemateriaalista kerätään 1 litran astiaan mahdollisimman hyvin alkuperäistä kokoomanäytettä edustava tiheysnäyte.
- Tiheysnäytteet punnitaan (kenttävaaka) ja märkäpainot merkitään havaintolomakkeelle.
- Tiheysnäytteet siirretään muovisiin näytepusseihin, joihin merkitään tussilla tutkimuspiste, syvyysväli ja iso D-kirjain (esim. MÄT5 1.00–2.00 D). Merkintä varmistetaan sijoittamalla

näytepussiin minigrip-pussissa oleva lappu, johon tutkimuspiste, syvyysväli ja iso D-kirjain (*Density*) on merkitty.

- Otetuista tiheysnäytteistä valitaan 5 kpl / rinnakkainen tutkimuspiste (yhteensä 20 kpl), jotka toimitetaan laboratorioon kuivattavaksi ja punnittavaksi.

Myös rinnakkaispisteet ja niistä otetut näytteet valokuvataan siten, että näytepussit näkyvät valokuvassa.

Laadunvalvontanäytteet

Laadunvarmistamiseksi jokaisesta rinnakkaisesta tutkimuspisteestä otettavista näytteistä valitaan kolme kenttärinnakkaisnäytettä (nk. kenttäduplikaatti, *Field Duplicate*) siten, että ne edustavat tutkimuspisteen pinta-, keski- ja pohjaosaa. Yhteensä kenttäduplikaatteja otetaan 12 kpl.

- Tarvittava näytemäärä on noin 4 kg / näyte.
- Kenttärinnakkaisnäytteet kerätään muovisiin ämpäreihin, joihin merkitään tutkimuspiste, syvyysväli ja kirjaimet FD (esim. MÄT5 1.00–2.00 FD). Merkintä varmistetaan sijoittamalla ämpäriin minigrip-pussissa oleva lappu, johon tutkimuspiste ja syvyysväli on merkitty.
- Näytteet punnitaan näytteenoton yhteydessä kenttävaä'alla.

3.2 Lapiokoekuopat

Kairanäytteenoton lisäksi jokaisen tutkimuspisteen viereen (yhteensä 11 kpl) tehdään lapiokoekuoppa. Lapiokoekuopat kohdennetaan rikastushiekkakerroksen hapettuneeseen/uuttuneeseen pintaosaan. Lapiokoekuoppien tarkoituksena on havainnoida rikastushiekkakerroksen pintaosan hapettuneisuutta sekä hapettuneen kerroksen paksuutta ja vesipitoisuutta. Lapiokoekuoppien syvyys on lähtökohtaisesti noin 0,5 metriä. Mikäli pintaosassa havaitaan selvästi hapettunut kerros, otetaan lapiokuopista hapettunutta kerrosta edustavat näytteet täydentämään kairanäytteitä. Lapiokoekuopat dokumentoidaan havaintolomakkeen lisäksi valokuvaamalla siten, että valokuvissa näkyy mittakaava (leikkausprofiili) sekä lapiokoekuopan tunnus (sama kuin viereinen kairatutkimuspiste).

4 NÄYTTEIDEN KÄSITTELY

4.1 Kentällä

Näytteiden käsittelyä varten kohteeseen perustetaan nk. kenttätukikohta (pop-up telta tmv.). Näytteet kerätään kentällä muovisiin ämpäreihin, joihin merkitään tutkimuspiste, syvyysväli ja muut mahdollisesti tarvittavat lisätiedot (D, FD). Kappaleessa 3 esitetyn suunnitelman ohella näytteenotossa noudatetaan Geologian tutkimuskeskuksen laatimaa ohjeistusta, joka on esitetty **liitteessä 3**.

Kaikista tutkimuspisteistä sekä niistä otetuista näytteistä tehdään aistinvaraiset havainnot (ulkonäkö, haju, väri, kosteus, hapettuneisuus, raekoko). Kaikki otetut näytteet punnitaan näytteenoton yhteydessä kenttävaa'alla. Kaikki maastossa tehtävät havainnot tutkimuspisteistä ja niistä otetuista näytteistä dokumentoidaan. Kenttähavainnot ja -tulokset kirjataan GTK:n laatimalle havaintolomakkeelle (excel).

4.2 Toimistolla

Maastossa täytetyt havaintolomakkeet toimitetaan GTK:lle ennen näytteiden jatkokäsittelyn aloitusta. GTK määrittää havaintolomakkeen avulla kontrolli- ja duplikaattinäytteet, joiden avulla varmennetaan laadunvalvonnan toteutuminen.

- Näytteet nimetään sokealla näytetunnuksella, jonka perusteella laboratorio ei pysty ryhmittelemään näytteitä. Näytetunnusten muodostamisessa käytetään nk. lippuvihkoja. Lippuvihko on esitetty tarkemmin **liitteen 3** näytteenotto-ohjeistuksessa.
- Näytteet järjestetään tutkimuspisteiden ja syvyyden mukaan. Näytteitä verrataan havaintolomakkeeseen ja varmistetaan, että näytemäärät täsmäävät.
- Jokaisesta näytteestä muodostetaan kaksi osanäytettä; geokemiallinen osanäyte (1,0 kg) ja raekokoanalyysin osanäyte (1,0 kg). Ennen osanäytteiden muodostamista alkuperäinen näyte sekoitetaan huolellisesti, jotta vähennetään raskasmineraalien mahdollista lajittumista (segretaatio). Sekoittaminen voidaan tehdä myös saavissa. Astia, jossa näytettä sekoitetaan, tulee kuitenkin puhdistaa jokaisen näytteen jälkeen kontaminaation estämiseksi.
- Osanäytteet punnitaan ja pussitetaan näytepusseihin, joihin on sijoitettu minigrip-pussissa oleva lappu, johon sokea näytetunnus on merkitty. **Varsinaiseen näytepusseen ei tehdä mitään merkintöjä.**
- Lippuvihkon kantaan merkitään sitä vastaavan näytteen kohdalle projektissa käytetty tutkimuspisteen tunnus ja syvyysväli (esim. MÄT-3 1.00–2.00).
- Raekokoanalyysinäyte merkitään samalla sokealla näytetunnuksella kuin geokemiallinen osanäyte. Lisäksi raekokoanalyysin näytteeseen merkitään iso S-kirjain (*Screening*).
- Referenssinäytteeksi (STD) näytepusseen laitetaan kaupallinen standardinäytepusse. Ennen pussitusta standardipussissa oleva tehtaan sarjanumero poistetaan, ja näytepusseen sijoitetaan minigrip-pussissa oleva lappu, johon sokea näytetunnus on merkitty. Lippuvihkon kantaan merkitään referenssinäytteen kohdalle STD ja standardikoodi. Referenssinäytteiden kokonaismäärä on 3 kpl.

- Nollanäytteeksi (BLANK) näytepussiin laitetaan siihen varattua hiekkaa noin 1,0 kg, joka pussitetaan ja nimetään samoin kuin referenssinäytteet. Lippuvihkon kantaan merkitään nollanäytteen kohdalle BLANK. Nollanäytteiden kokonaismäärä on 3 kpl.
- Duplikaattinäytteistä (DUP) tehdään kaksi erillistä noin 1,0 kg osanäytettä, jotka pussitetaan ja nimetään omilla sokeilla näytetunnuksilla. Näytepusseihin sijoitetaan minigrip-pussissa oleva lappu, johon sokea näytetunnus on merkitty.
- Kaikki näytteet pakataan tiiviisti järjestyksessä lavalle. Laadunvalvontanäytteet sijoitetaan järjestyksessä projektinäytteiden sekaan.

Näytteet kirjataan analyysilomakkeelle, joka toimitetaan GTK:lle tarkistettavaksi. Tarkistuksen jälkeen konsultti toimittaa analyysilomakkeet analysoivaan laboratorioon.

5 LABORATORIOANALYYSIT

Kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalin selvittämiseen liittyvät laboratorioanalyysit toteutetaan Eurofins Ahma Oy:n laboratoriossa. Lisäksi rinnakkaisnäytteitä toimitetaan analysoitavaksi GTK:lle. Näytteiden toimituksessa laboratorioon sekä laboratorioanalyysien tilauksissa noudatetaan analysoivan laboratorion antamia ohjeistuksia.

Laboratorioanalyysit toteutetaan kahdessa vaiheessa alla olevissa taulukoissa (**Taulukko 1,**

Taulukko 2) esitetyn mukaisesti. Geologian tutkimuskeskus tarkistaa ja hyväksyy analyysitulokset vertailunäytteiden perusteella ennen lopullisten analyysitodistusten julkaisemista.

Taulukko 1. Vaiheen 1 analyysit.

Analyysi	Arvioitu lukumäärä	Huomioitavaa
Esikäsittely + metallit (nelihappouutto)	80 kpl	Alkuperäisten tutkimuspisteiden näytteet (sis. DUP)
	12 kpl	Kenttärinnakkaisnäytteet (FD)
	3 kpl	Referenssinäytteet (STD)
	3 kpl	Nollanäytteet (BLANK)
Tiheysmäärittäminen	20 kpl	5 kpl / tutkimuspiste (D, rinnakkainen)
Raekoko	44 kpl	4 kpl / tutkimuspiste

Taulukko 2. Vaiheen 2 analyysit.

Analyysi	Arvioitu lukumäärä	Huomioitavaa
Jalometallimäärittäminen	22 kpl	Alkuperäisten tutkimuspisteiden näytteet, 2 kpl / tutkimuspiste
	4 kpl	Rinnakkaisten tutkimuspisteiden näytteet, 1 kpl / tutkimuspiste
	2 kpl	Nollanäytteet (BLANK)
ABA-testi	5 kpl	0–1 kpl / tutkimuspiste

Lisäksi toisessa vaiheessa valitaan GTK:lle toimitettavat rinnakkaisnäytteet, joiden kokonaismäärä tarkentuu vaiheen 1. analyysien valmistuttua.

6 TYÖTURVALLISUUS

Työssä noudatetaan Envineer Oy:n turvallisuusohjeistuksia. Ennen näytteenoton aloittamista tehdään yksityiskohtainen riskinarviointi, joka käydään läpi kenttätyöntekijöiden sekä kairausurakoitsijan kanssa. Riskinarvioinnin yhteydessä tunnistetaan ja arvioidaan työn vaaroista ja kuormittavuudesta mahdollisesti aiheutuvia riskejä. Samalla varaudutaan tunnistettujen riskien ehkäisemiseen ja hallintaan.

Näytteenoton aikana käytetään henkilökohtaisia suojarusteita: kypärä, jalkineet, työvaatteet, suojakäsineet (esim. 4H, PVA tai Viton) sekä silmä- ja kuulosuojaimet. Suojarusteet vaihdetaan niiden likaannuttua tai rikkouduttua. Kairauksen aikana melutaso on korkea, joten erityisesti kuulosuojainten käyttöön tulee kiinnittää huomiota. Maanäytteiden ottaminen kairaamalla on usein myös pölyävää, minkä vuoksi kenttähenkilöiden tulee sijoittua kairakoneen suhteen tuulen yläpuolelle. Tarvittaessa käytetään pölynsuodattimella varustettua hengityksensuojainta.

7 RAPORTOINTI

Tutkimuksista laaditaan raportti, jossa kuvataan mm.:

- hankkeen tausta
- tutkimusten toteutus
- analyysitulokset (sekä taulukoituina että laboratoriotutkimusraporteilla)
- tulkinta kohteen raaka-ainepotentiaalista ja mineraalivarannosta
- johtopäätökset ja jatkotoimenpidesuosituks

Raportissa noudatetaan soveltuvilta osin GTK:n laatimassa *Suunnitelma kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalin arviointityöstä KAJAK-prosessissa*-dokumentissa esitettyä teknisen loppuraportin sisällysluettelomallia. Raportoinnin sisältöä tarkennetaan työn edetessä.

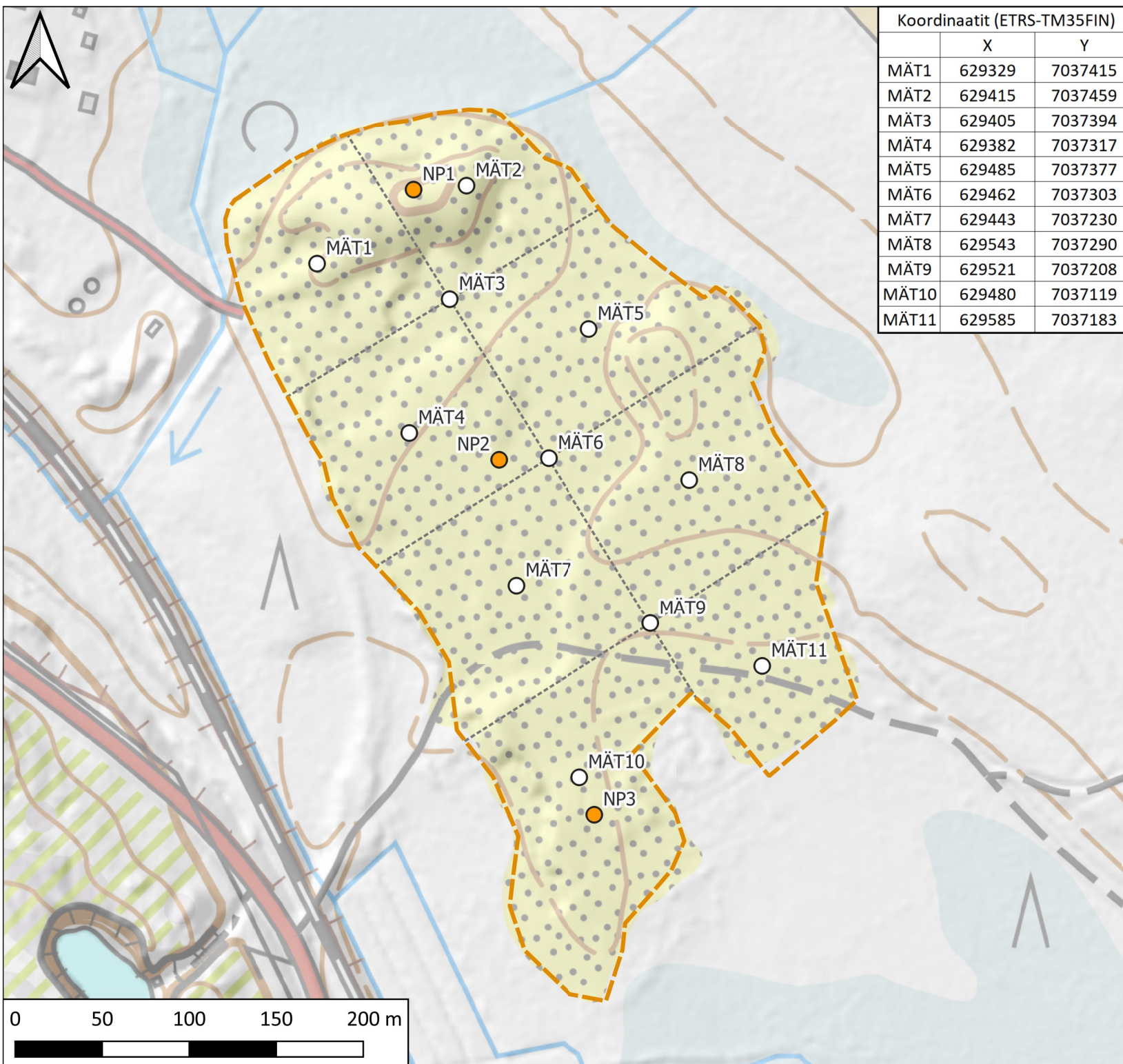
8 AIKATAULU

Tutkimukseen liittyvät kenttätöet toteutetaan toukokuussa 2024. Kenttätöiden arvioitu kesto kohteessa on 2–3 työvuoroa. Näytteiden laboratorioanalyysit kaikkine vaiheineen toteutetaan touko-elokuussa 2024, jonka jälkeen toteutetaan tulosten tarkastelu, mallinnus/varantoarvio sekä raportointi siten, että raportti valmistuu joulukuussa 2024.

LIITE 1

TUTKIMUSPISTEKARTTA





Koordinaatit (ETRS-TM35FIN)		
	X	Y
MÄT1	629329	7037415
MÄT2	629415	7037459
MÄT3	629405	7037394
MÄT4	629382	7037317
MÄT5	629485	7037377
MÄT6	629462	7037303
MÄT7	629443	7037230
MÄT8	629543	7037290
MÄT9	629521	7037208
MÄT10	629480	7037119
MÄT11	629585	7037183

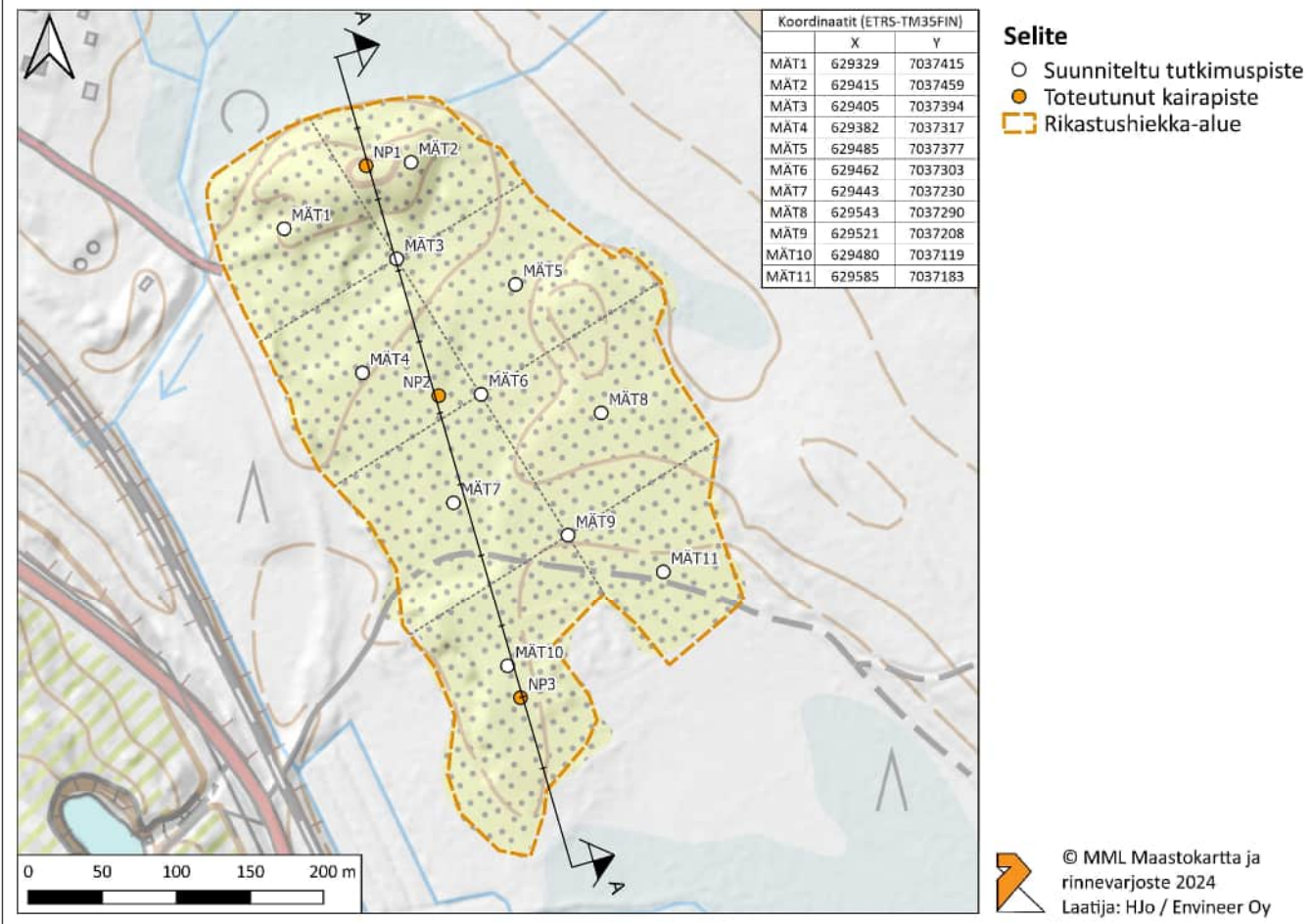
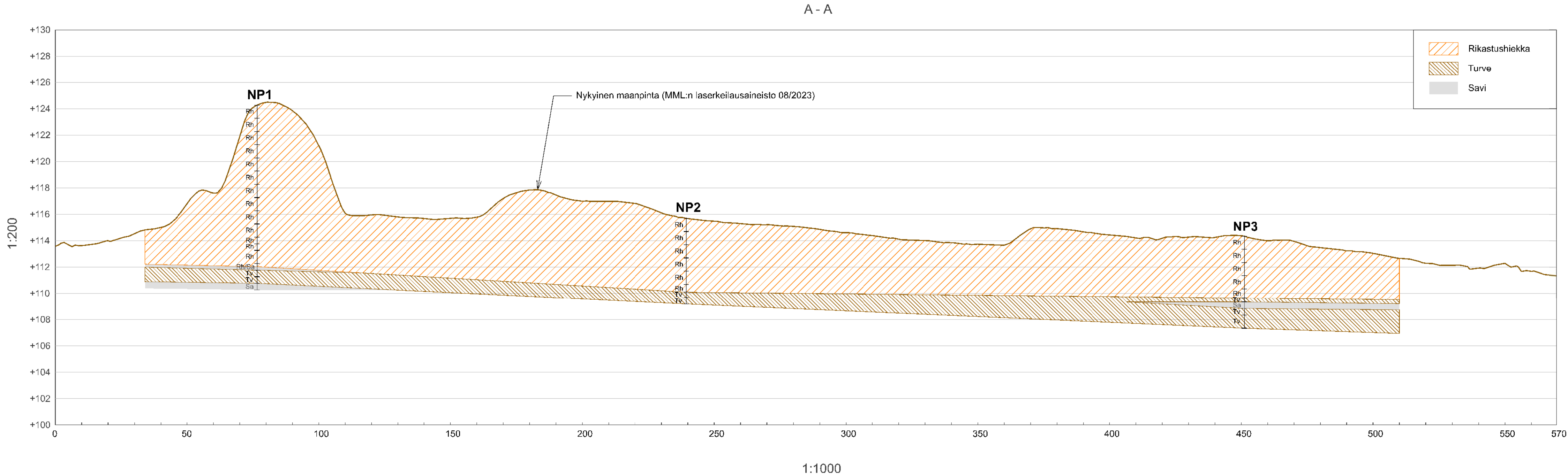
- Selite**
- Suunniteltu tutkimuspiste
 - Toteutunut kairapiste
 - ▭ Rikastushiekka-alue



LIITE 2

PITUUSPOIKKILEIKKAUS





Koordinaatisto: ETRS-TM35FIN Korkeusjärjestelmä: N2000

Rev	Pvm	Tekijä	Erittely

K.osa / kylä	Kortteli / tila	Tontti / m:o	Viranomaisen merkinnät	
Rakennustoimenpide			Piirustuslaji	
Rakennuskohteen nimi / osoite			Piirustuksen sisältö	
Pirkanmaan ELY-keskus			Leikkauspiirustus	
Kajak-pilotointi, kaivannaisjätealueiden			Rikastushiekka-alueen poikkileikkaus	
raaka-ainepotentiaalin arviointi			Mittakaava	
Mätäsvaaran rikastushiekka-alue			1:200 / 1:1000	
Suun.ala			Työnumero	Piirustusnumero
YMP			12308	-
Tiedosto			Muutos	
Suunnitellut			Piirtänyt	Hyväksynyt
-			HJo	-
			Pvm	27.3.2024

LIITE 3

NÄYTTEENOTTO-OHJEISTUS



Näytteenotto-ohjeistus

Tässä toimintaohjeistuksessa kuvataan KAJAK-kohteilla teetettävien kaivannaisjätealueita koskeva näytteenotto- ja näytteenkäsittely sekä niihin liittyvä laadunvalvontaohjeistus. Toimintaohjeistuksen lisäksi urakoitsijat (Envineer, Ramboll) ovat laatineet tutkimussuunnitelmat kohdealueilta, joissa kuvataan yksityiskohtaisesti tutkimuksen sisältö.

Toimintaohjeistuksen tavoitteena on varmistaa yhtenäiset käytännöt tiedonkeruussa, riippumatta näytteenottohenkilöstöstä tai tutkimuskohteesta. Tutkimusaineiston keräämisessä on aina pyrittävä minimoimaan virheiden mahdollisuus eri tiedonkeruun vaiheissa, jotta tulosten laatu voidaan taata.

Urakoitsijat ovat vastuussa näytteenotosta ja sen laadusta. Näytteenotto tulee kokonaisuudessaan raportoida ja laatupoikkeamat tulee kirjata ylös. Raportoinnissa on käytävä myös ilmi miksi suunnitelmista ja toimintaohjeistuksesta jouduttiin poikkeamaan ja miten näytteen laatu varmistettiin.

Laadunvalvonta

Laadunvarmistus- ja laadunvalvontaohjelman pääasiallinen tavoite on virheiden minimoiminen tiedonkeruussa esim. näytteenotossa, näytteen valmistelussa ja näytteen analysoinnissa. Laadunvalvonta on jatkuva prosessi, joka tarjoaa tarvittavat tiedot virheiden tunnistamiseksi ja korjaamiseksi mahdollisimman lyhyessä ajassa.

- Laadunvarmistus ("QA") on suunniteltu estämään ongelmia, kun taas laadunvalvonta ("QC") pyrkii havaitsemaan ne, jos ne ilmenevät.

Laadunvalvonta ei koske pelkästään geokemiallisia näytteitä vaan koskee yhtä lailla tutkimuksessa tehtäviä mittauksia kuten esimerkiksi paikkatiedon määrittämistä GPS-laitteella sekä dronella mitattavaa korkeusmallia.

Näytteiden säilytysketju (Chain-of-Custody)

Näytteiden säilytysketju eli *Chain-of-Custody* on prosessi, joka sisältää näytteenoton, näytteiden käsittelyn, kuljetuksen ja varastoinnin aina näytteiden keräys hetkestä lopulliseen analyysiin asti. Tämä prosessi sisältää järjestelmällisen dokumentaation jokaisessa prosessivaiheesta, jotta yksittäinen näyte pystytään tarvittaessa jäljittämään ja näin minimoidaan virheiden

3.4.2024

mahdollisuudet. Projektissa työskentelevän asiantuntijan vastuulla on varmistaa näytteenottoon liittyvä laatu, näytteiden käsittely ja kuljetus sekä toimitus laboratorioon. Näytteiden saapuessa laboratorioon vastuu siirtyy laboratoriopalveluita tuottavalle yritykselle, kunnes näytteiden palautettavat murskeet ja jauheet on toimitettu asiakkaalle.

3.4.2024

[illegible]

**Kiisujen prosenttiosuus määritellään silmämääräisesti paljoussuhdetaulukkoa hyväksikäyttäen (KAJAK_Pilotointi_Havainnointilomake_excel_pohja)*

3.4.2024

Kuva 1. Huolellinen dokumentaatio näytteenottoon ja geologiseen havainnointiin liittyen on olennainen osa tiedonkeruuta ja raportointia. Havaintotietojen kirjaaminen näytepisteestä voidaan tehdä joko tulostettuun havaintolomakkeeseen (kuva 1) tai sähköisesti excel-tiedostoon (KAJAK_Pilotointi_Havainnointilomake_excel_pohja).

Kairapaikan merkkaukset ja näytteenottoproseduuri	
No.	Toimenpide
1.1.	Suunniteltujen reikäpaikkojen tarkistus (vesitilanne ja tarve valmisteleville töille, esim. puuston poisto). Jos kairapaikka ei ole kelpollinen tulee etsiä vaihtoehtoinen reikäpaikka.
1.2.	Reikäpaikan viereen tehdään kuoppa, jonka tarkoitus on määrittää hapettuneen kerroksen paksuus ja vesipitoisuus. Hapettuneen/uuttuneen pintakerroksen ollessa paksu voidaan selvitys tehdä kairauksen yhteydessä.
1.2.1.	Näytteenottopaikan valokuvaaminen on osa dokumentaatiota ja toimii täydennyksenä kirjallisiin merkintöihin. Kuvassa tulisi aina näkyä kuvattavan kohteen mittakaava (leikkausprofiili) ja näytteenottopaikan numero tai näytetunnus. Mittanauha on hyvä sijoittaa montun tai leikkauksen reunaan. Valokuvien tulee olla selkeitä, hyvin valaistuja ja asianmukaisesti nimettyjä.
1.3.	Jos kairapaikka ei ole kelpollinen tulee etsiä vaihtoehtoinen reikäpaikka.
1.4.	Reikäpaikat merkitään differentiaali-DGPS-laitteella ja piste nimetään reikänummulla. Reikäpaikka voidaan merkitä merkkauksella, jonka päässä merkkauksena. Merkkaukseen voidaan myös merkitä reikänummus ja koordinaatit (ei pakollinen).
1.5.	Ennen työmaan aloitusta pidetään urakoitsijan kanssa työmaakokous, jossa käydään läpi työn sisältö (työsuunnitelma ja laatuksiteerit) ja työturvallisuuteen liittyvät asiat. Kopio näytteenottosuunnitelmasta on hyvä tulostaa urakoitsijalle.
1.6.	Kairauksen edetessä projektigeologi varmistaa, että näytemateriaali on edustava ja merkitsee näytteenottolomakkeeseen tarvittavat tiedot (esim. näytteen raekoko, väri, lajittuneisuus, ja kosteus).
1.6.1.	Edustava näyte tarkoittaa, että näytemateriaali edustaa kyseistä syvyysväliä ja on mahdollisimman vähän kontaminoitunut esim. ylempää seinämistä valuvasta materiaalista. Näytteen edustavuutta seurataan mm. mittaamalla näytteen paino kenttävaakalla.

3.4.2024

1.6.2.	Näytteen ollessa erittäin kostea tai märkä tulee terä (auger) puhdistaa ennen kairauksen jatkamista. Jos kontaminaatioriski on suuri, tulee reikä keskeyttää!
1.6.3.	Näyte kerätään muoviseen eräsäkkiin tai vastaava (näytteenottopussi). Pussiin merkitään tussilla näytteenottopiste ja syvyysväli (esim. LIP-22 1.50-2.00). Merkitä varmistetaan sijoittamalla minigrip-pussissa oleva näytelappu (näytteenottopiste ja syvyysväli). Lopuksi pussi suljetaan nippusiteellä. Huom! Näyte saa lopullisen sokean näytetunnuksen näytteenkäsittelyn yhteydessä.
1.6.4.	Sokea näytetunnus on vapaavalintainen sarjanumero, joka näytteenkäsittelyn yhteydessä sijoitetaan analyysiin menevään näytepussiin. Näytteenkäsittelyn yhteydessä on varmistettava, että näytetunnus vastaa kyseistä näytepistettä ja syvyyttä.
1.6.5.	Hapettunut rikastushiekka pyritään aina pussittamaan omiksi näytteiksi, jotta se ei sekoitu hapettumattoman rikastushiekan kanssa.
1.6.6.	Vedentulon syvyys merkitään, jolla saadaan havainto vedestä kyllästyneen ja kyllästymättömän kerroksen syvyydestä. Näytepussit punnitaan vaa'alla, joko kentällä tai kenttätukikohdassa näytteenoton jälkeen.
1.7.	Reikä tulee kairata aina jätepatjan läpi pohjarakenteeseen asti. Näytteenotto käsittää vain rikastushiekan, ei pohjamateriaalia. Jos rajapintaa ei pystytä rikastushiekan ja pohjamateriaalin välillä määrittämään (sekanäyte) niin näytettä ei kerätä. Muussa tapauksessa näyte kerätään ainoastaan rikastushiekan osalta.
1.8.	Reikäpaikka ja näytteet kuvataan siten, että näytetunnuksella varustetut näytepussit näkyvät kuvassa.
1.9.	Näytteenoton jälkeen lopulliset kairareikäpaikat mitataan uudestaan differentiaali-DGPS-laitteella.

3.4.2024

Tiheysnäytteenotto ja laadunvalvontaproseduuri (kairaus)	
No.	Toimenpide
1.1.	Tiheysnäytteenottoa ja laadunvalvontaa varten kairataan erikseen 4 kpl sisarreikiä (esim. MÄT1, MÄT5, MÄT7, MÄT11). Nämä duplikaattireiät voidaan valita kentällä olosuhteiden mukaan, mutta spatiaalinen edustavuus tulee ottaa huomioon.
1.2.	Tiheysnäyte otetaan jokaiselta metriltä. Hapettunut rikastushiekka pyritään aina pussittamaan omiksi näytteiksi, jotta se ei sekoitu hapettumattoman rikastushiekan kanssa.
1.2.1.	Näyte kerätään maaputkesta ämpäriin.
1.2.2.	Sekoita näyte ämpäriissä.
1.2.3.	Ota alinäyte tilavuudeltaan tunnettuun (esim. 1 L) astiaan. Alinäytteen tulee edustaa mahdollisimman hyvin alkuperäistä 1 m kokoomanäytettä ja näyte tulee kerätä yhtenäisellä tavalla.
1.2.4.	Näyte kerätään muoviseen pussiin. Pussiin merkitään tussilla näytteenottopiste, syvyysväli sekä iso D (<i>Density</i>) (esim. LIP-22 1.50-2.00 D).
1.2.4.	Punnitse näyte ja merkitse märkäpaino ylös lomakkeeseen maastossa.
1.2.5.	Tiheysnäytettä ei saa sekoittaa analyysiin menevien näytteiden kanssa vaan lähetetään labraan kuivatukseen ja punnitukseen. Tiheysnäyte ei mene geokemialliseen analyysiin.
1.3.	Laadunvarmistamiseksi tulee duplikaattirei'istä kerätä 3 kpl kenttärinnakkaista ("kenttäduplikaatti") (pintaosa, keskiosa, pohjaosa (N=3)). Kenttäduplikaattinäytteitä tulee yhteensä 12 kpl. Rinnakkaisnäyte otetaan samalla tavalla ja samasta näytteenottosyvyydestä kuin normaalinäyte.
1.4.	Kenttäduplikaattinäytettä verrataan tilastollisesti alkuperäisen sisarreian vastaavasta syvyydestä kerättyyn näytteeseen (GTK).
1.4.1.	Rinnakkaisnäyte otetaan samalla tavalla ja samasta näytteenottosyvyydestä kuin normaalinäyte.
1.4.2.	Pintaosasta otettu näyte edustaa hapettunutta näytemateriaalia.
1.4.3.	Rinnakkaisnäyte kerätään muoviseen säkkiin ja pussiin merkitään tussilla näytteenottopiste, syvyysväli sekä FD (<i>Field Duplicate</i>) (esim. LIP-22 1.50-2.00 FD).
1.5.	Tiheys lasketaan seuraavasti: $\rho d = \frac{m}{V}$, jossa $V = 1000 \text{ cm}^3$, m = kuivapaino.

3.4.2024

1.6.	Näytteiden kosteusprosentti määritellään seuraavasti: $\text{Kosteusprosentti (MC)} = \frac{m(\text{wet}) - m(\text{dry})}{m(\text{dry})} \times 100\%$ m (wet) = näytteen märkápaino m (dry) = näytteen kuivapaino
Monttunäytteenottoproseduuri	
No.	Toimenpide
1.1.	Suunniteltujen monttupaikkojen tarkistus (vesitilanne ja tarve valmisteleville töille, esim. puuston poisto). Jos kairapaikka ei ole kelpollinen tulee etsiä vaihtoehtoinen monttupaikka.
1.2.	Montutuksen yhteydessä määritetään hapettuneen kerroksen paksuus ja vesipitoisuus.
1.2.1.	Näytteenottopaikan valokuvaaminen on osa dokumentaatiota ja toimii täydennyksenä kirjallisiin merkintöihin. Kuvassa tulisi aina näkyä kuvattavan kohteen mittakaava (leikkausprofiili) ja näytteenottopaikan numero tai näytetunnus. Mittanauha on hyvä sijoittaa montun tai leikkauksen reunaan. Valokuvien tulee olla selkeitä, hyvin valaistuja ja asianmukaisesti nimettyjä.
1.3.	Ennen näytteenoton aloitusta näytteenottopaikat käydään läpi ja merkataan differentiaali-DGPS-laitteella ja piste nimetään monttutunnuksella. Monttupaikka voidaan merkata merkkaukepillä, jonka päässä merkkaukeinauha.
1.4.	Ennen työmaan aloitusta pidetään urakoitsijan kanssa työmaakokous, jossa käydään läpi työn sisältö (työsuunnitelma ja laatukriteerit) ja työturvallisuuteen liittyvät asiat. Kopio näytteenottosuunnitelmasta on hyvä tulostaa urakoitsijalle.
1.5.	Montutuksen edetessä projektigeologi varmistaa, että näytemateriaali on edustava ja merkitsee näytteenottolomakkeeseen tarvittavat tiedot (esim. näytteen raekoko, väri, lajittuneisuus, ja kosteus).
1.5.1.	Edustava näyte tarkoittaa, että näytemateriaali edustaa kyseistä syvyysväliä (esim. raekoko, väri, lajittuneisuus) ja on mahdollisimman vähän kontaminoitunut esim. ylempää seinämistä valuvasta materiaalista. Näytteen edustavuutta seurataan mm. mittaamalla näytteen paino kenttäva'alla.
1.5.2.	Ennen näytteenoton aloitusta määritetään hapettuneen kerroksen paksuus, montun syvyys ja mahdollinen vesiraja (kohta 1.5.7.). Tämän jälkeen tehdään muut havainnot (esim. näytteen raekoko, väri,

3.4.2024

	lajittuneisuus, ja kosteus). Leikkausprofiili on hyvä valokuvata ennen ja jälkeen näytteenoton.
1.5.3.	1 m syvyyteen saakka näytteet otetaan suoraan koekuopan seinämistä siten, että otettava kokoomanäyte /-näytteet edustavat koko tutkimussyvyyttä. 1 m syvemmältä otettavat näytteet otetaan siten, että kaivinkoneella kaivetaan koekuopan viereen kasalle kutakin näyteväliä edustavat maa-ainekset.
1.5.3.	Kokoomanäyte otetaan kasasta siten, että otettava näyte edustaa koko tutkimussyvyyttä. Näytteenotossa tulee varmistaa, ettei näytteenottovälien ainekset sekoitu keskenään. Kaivinkone nostaa kauhalla noin 1 m syvyyttä vastaavan näytteen ja läjittää sen omaksi näytteenottokasaksi.
1.5.4.	Näyte kerätään muoviseen ämpäriin, siten että se edustaa kyseisen näytevälin ainesta. Kokoomanäytteet muodostetaan vähintään 10 samankokoisesta osanäytteestä. Näytteenotossa on varmistettava, että kasan keskeltä ja reunoilta saadaan edustavasti näytettä ja että osanäyte edustaa koko näyteväliä. Ämpäriin merkitään tussilla näytteenottopiste ja syvyysväli (esim. LIP-22 1.50-2.00). Näytepussin sisään sijoitetaan lisäksi minigrip-pussissa oleva näytelappu (näytteenottopiste ja syvyysväli), jolla varmistetaan pussimerkintä. Lopuksi ämpäri suljetaan kannella. Huom! Näyte saa lopullisen sokean näytetunnuksen näytteenkäsittelyn yhteydessä.
1.5.5.	Kokoomanäytteen näytemäärä on noin 4000 g/näyte ja se edustaa noin 1 m näytepituutta.
1.5.6.	Näytteen ollessa erittäin kostea tai märkä tulee näytteenotossa noudattaa erityistä huolellisuutta kontaminaatio- ja työturvallisuusriskin minimoimiseksi. Jos monttuun kerääntyy vettä ja seinämät alkavat vajoamaan tulee näytteenotto keskeyttää!
1.5.7.	Hapettunut rikastushiekka pyritään aina pussittamaan omiksi näytteiksi, jotta se ei sekoitu hapettumattoman rikastushiekan kanssa.
1.5.8.	Vesiraja merkitään, jolla saadaan havainto vedestä kyllästyneen ja kyllästymättömän kerroksen syvyydestä. Näyte (4kg) punnitaan vaa'alla, joko kentällä tai kenttätukikohdassa näytteenoton jälkeen. Tämän lisäksi osanäytteet punnitaan erikseen näytteenkäsittelyn yhteydessä.
1.5.9.	Laadunvarmistamiseksi tulee joka kolmannen montun viereen tehdä rinnakkainen monttu, josta kerätä kolme kenttärinnakkaista ("kenttäduplikaatti") (pintaosa, keskiosa, pohjaosa (N=3)).

3.4.2024

	Rinnakkaisnäyte otetaan samalla tavalla ja samasta näytteenottosyvyydestä kuin normaalinäyte.
1.5.10.	Rinnakkaisnäyte kerätään muoviseen pussiin tai ämpäriin, johon merkitään tussilla näytteenottopiste, syvyysväli sekä tunnus FD (<i>Field Duplicate</i>) (esim. LIP-22 1.50-2.00 FD). Tällä se erotetaan normaalista projektinäytteestä.
1.6.	Kaivinkoneella on kaivettava jätepatjan läpi pohjarakenteeseen asti. Näytteenotto lopetetaan pohjamateriaalia sisältävään näytteeseen. Pohjamateriaalia ei analysoida. Jos rajapintaa ei pystytä rikastushiekan ja pohjamateriaalin välillä määrittämään (sekanäyte) niin näytettä ei kerätä (näyte voidaan yrittää saada kerättyä selektiivisesti suoraan kaivinkoneen kauhasta). Muussa tapauksessa näyte kerätään ainoastaan rikastushiekan osalta.
1.7.	Monttupaikka ja näytteet kuvataan siten, että näytetunnuksella varustetut näytepussit näkyvät kuvassa.
1.8.	Näytteenoton jälkeen lopulliset kairareikäpaikat mitataan uudestaan differentiaali-DGPS-laitteella.

Tiheysnäytteenottoproseduuri (montutus)	
No.	Toimenpide
1.1.	Jokaisesta montusta tulee ottaa vähintään 2 kpl tiheysnäytteitä.
1.1.1.	Matalista koekuopista tiheysnäyte otetaan hapettuneesta sekä hapettumattomasta kerroksesta.
1.1.2.	Syvistä koekuopista otetaan 3 kpl tiheysnäytteitä. Tiheysnäytteet otetaan ylä- keski- ja alaosa kuoppaa, jotka edustavat sekä hapettunutta että hapettumatonta kerrosta.
1.2.	Ota alinäyte tilavuudeltaan tunnettuun (esim. 1 L) astiaan. Alinäytteen tulee edustaa mahdollisimman hyvin alkuperäistä 1 m kokoomanäytettä ja näyte tulee kerätä yhtenäisellä tavalla.
1.3.	Tiheysnäytteen märkäpaino määritetään kentällä ja lähetetään laboratorioon kuivaukseen ja punnitukseen. Punnitse näyte ja merkitse märkäpaino ylös lomakkeeseen maastossa. Tiheysnäytettä ei saa sekoittaa analyysiin menevien näytteiden kanssa. Tiheysnäyte ei mene geokemialliseen analyysiin.
1.4.	Näyte kerätään muoviseen pussiin. Pussiin merkitään tussilla näytteenottopiste, syvyysväli sekä iso D (<i>Density</i>) (esim. LIP-22 1.50-2.00 D).

3.4.2024

1.5.	Tiheys lasketaan seuraavasti: $\rho d = \frac{m}{V}$, jossa $V = 1000 \text{ cm}^3$, m = kuivapaino.
1.6.	Näytteiden kosteusprosentti määritellään seuraavasti: Kosteusprosentti (MC) = $\frac{m(wet) - m(dry)}{m(dry)} \times 100\%$ $m(wet)$ = näytteen märkäpaino $m(dry)$ = näytteen kuivapaino

3.4.2024

Laadunvalvontanäytteiden lisääminen ja näytteiden numerointi	
No.	Toimenpiteet
1.1.	Ennen näytteenkäsittelyn aloitusta maastossa täytetyt havaintolomakkeet tulee toimittaa GTK:lle. Lopullisen näytemäärän perusteella GTK lisää analyysilomakkeeseen kontrollinäytteiden ja duplikaattien sijainnit ja täydentää sokean näytetunnuksen kaikille näytteille. Tämä nopeuttaa näytteenkäsittelyä ja tällä varmistetaan, että laadunvalvonta tehdään samalla tavalla molemmissa pilottikohteissa.
1.2.	Näytetunnuksen täytyy olla numerosarja, jonka perusteella laboratorio ei pysty ryhmittelemään näytteitä. Näytetunnus voidaan valita kohdekohtaisesti. ^{*1)}
1.3.	Järjestä näytteet syvyyden mukaan erikseen reikä tai monttukohtaisesti. Vertaa maastossa täytettyyn havaintolomakkeeseen ja varmista että näytemäärä täsmää.
1.4.	Avaa analyysilomake (<i>KAJAK_Pilotointi_Havainnointilomake_excel_pohja</i>), jossa on valmiiksi merkattu näytteitä vastaavat näytetunnukset. Vastaavasti QC-näytesarakkeessa on merkattu kontrollinäytetyyppi (STD, BLANK, DUP).
1.5.	Mineralogisia tutkimuksia varten näytemateriaali valitaan erikseen.
1.6.	Jokaisesta näytesyvyyttä vastaavasta näytepussista tehdään kaksi osanäytettä: 1000 g osanäyte (geokemia) ja 1000 g osanäyte (raekokoanalyysi), jotka sijoitetaan omiin näytepusseihin ja lähetetään laboratorioon (Eurofins).
1.6.1	Ennen näytteenottoa, sekoita pussin sisältö huolellisesti. Tämä pienentää raskasmineraalien mahdollista lajittumista (segregaatio) näytepussin pohjalle. Jokaisella näytteen partikkelilla täytyy olla sama mahdollisuus joutua alinäytteeseen. Sekoittaminen voidaan tehdä myös isossa saavissa. Huom! Näyteastia tulee puhdistaa jokaisen näytteen jälkeen.
1.6.2.	Ota näyte mitta-astiaan ja punnitse näyte. Näytteenoton nopeuttamiseksi mitta-astiaan kannattaa merkata tussilla merkki vakiopainolle.
1.6.3.	Pussita näyte ja sijoita sokealla näytetunnuksella varustettu lappu minigrip-pussissa näytepussin sisään. Pussiin ei tehdä muita merkintöjä!
1.6.4.	Merkitse lippuvihkon ^{*2)} kantaan sitä vastaavan pussitetun näytenumeron kohdalle projektissa käytössä oleva havaintotunnus ja syvyysväli (esim. LIP-22 1.50-2.00).

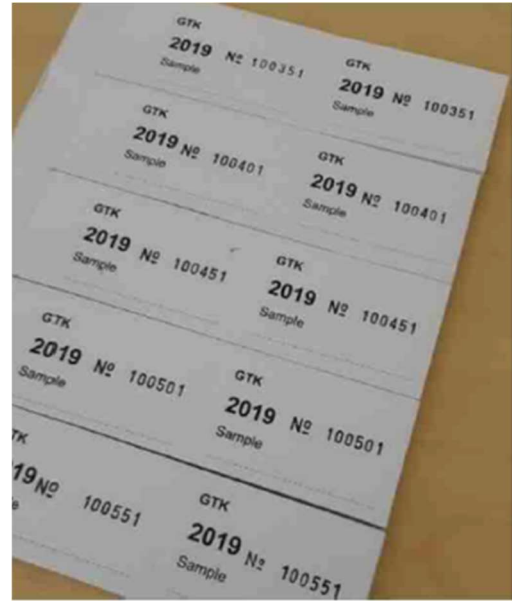
3.4.2024

1.6.5.	Raekokoanalyysiin menevä näyte saa saman näytetunnuksen kuin geokemiallinen osanäyte. Merkitse pussiin havaintotunnuksen lisäksi S-kirjain (S=screening).
1.7.	Referenssinäytteen (STD, kuva 2) kohdalla (katso QC-sarake) laitetaan valmis standardipussi isompaan näytepussiin ja sijoitetaan näytetunnuksella varustettu lappu minigrip-pussissa näytepussin sisään. Ennen pussitusta poista standardipussissa oleva tehtaan sarjanumero! Merkitse lippuvihon kantaan pussitetun näytenumeron kohdalle STD ja standardin koodi.
1.8.	Nollanäytteen (BLANK) kohdalla punnitse nollanäytteeksi varattua hiekkaa noin 500 g ja pussita edellisten näytteiden tapaan. Merkitse lippuvihon pussitetun näytenumeron kohdalle BLANK.
1.9.	Duplikaattinäytteen (DUP) kohdalla tehdään kaksi 500 g osanäytettä, jotka punnitaan ja pussitetaan. Molemmat näytteet saavat omat sokeat näytetunnukset, jotka sijoitetaan näytepusseihin. Jälkimmäinen näyte on ns. duplikaattinäyte ja lippuvihon kantaan sitä vastaavaan näytetunnuksen kohdalle kirjoitetaan näytetunnuksen ja metrivälin lisäksi lyhenne DUP.
1.10.	Näytteitä pakatessa riittää, että näyte kieritetty rullalle. Näytteet tulee latoa tiiviisti järjestyksessä lavalle. Laadunvalvontanäytteet sijoitetaan numerojärjestyksessä projektinäytteiden sekaan. Lavassa tulee olla kaulukset ja kansi ja lopuksi lava sidotaan liinoilla tai pantakoneella kiinni.
1.11.	Lopullinen analyysilomake lähetetään sähköpostissa GTK:lle. GTK tarkistaa analyysilomakkeen ja lähettää takaisin laboratoriolle menevät lopulliset analyysilistan.
1.12.	Analyysitulokset tulee lähettää GTK:lle tarkistettavaksi ennen kuin laboratorion tulokset hyväksytään. GTK käy läpi laadunvalvontanäytteet ja raportoi tulokset Pirkanmaan ELY-keskukselle ja puitesopimusurakoitsijalle. Jos referenssinäytteissä esiintyy laatu poikkeamia, tulee laboratorion kanssa sopia uusinta-analyyseistä. Uusina-analyysin määrä tulee aina tarkastella tapauskohtaisesti ja se voi koskea koko näyte-erää tai mahdollisesti vain 3–5 näytettä molemmiin puoliin hylättyä referenssinäytettä.
1.13.	Näytteiden ylimääräinen jauhemateriaali pyydetään palautettavaksi asiakkaalle analysoinnin jälkeen säilytykseen.

**1) Näytetunnusta ei voida kirjoittaa valmiiksi kentällä, sillä kontrollinäytteiden ja duplikaattien paikat eivät ole tässä vaiheessa tiedossa. Maastossa pusseihin tai ämpäreihin kirjoitetaan näytteenottopaikan tunnus (reikätnnnus/monttutunnus) sekä syvyysväli.*

**2) Näytelippuvihko on hyvä kirjanpitoa varten ja on osa laadunvarmistusta (kuva 2).*

3.4.2024



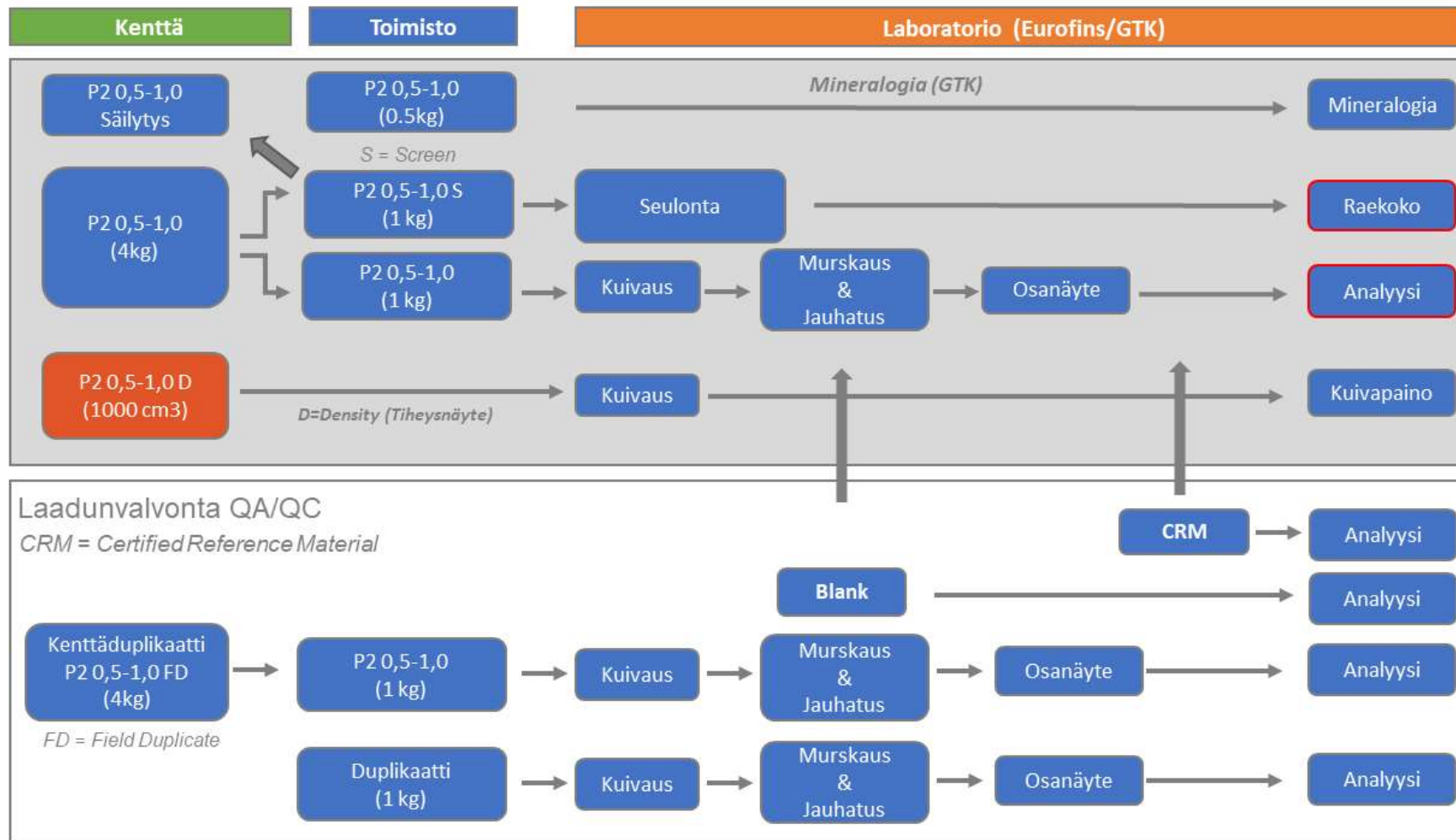
Kuva 2. Esimerkki kaupallisista referenssinäytteistä (Certified Referenced Material) sekä lippuvihkosta. Lippuvihko muodostuu kahdesta osasta. Kuvan esimerkissä näytetunnusta 2019100351 vastaava näytelappu irrotetaan osaksi laboratorioon menevää näytettä ja kantaosa säilyy referenssinä. Kantaosaan kirjoitetaan näytepiste ja syvyysväli tai laadunvalvontanäyte. Näin sijaintia vastaava tieto ja näytetunnuksen välillä varmistetaan ja dokumentoidaan. Sokea näytetunnussysteemi on luotava, jotta referenssinäytteet voidaan sokeasti sisällyttää maastossa kerättyjen näytteiden kanssa. Sokeasta näytteestä ei selviä yksittäisen näytteen yhteys ympärillä oleviin näytteisiin.

3.4.2024

Maximum Permissible Mass for Screen Size			
Standard Sieve Size (mm)	Maximum mass to be retained at completion of sieving for 200mm diameter sieve (g)	Standard Sieve Size (µm)	Maximum mass to be retained at completion of sieving for 200mm diameter sieve (g)
6.30	350	160	60
5.60	300	150	60
4.00	200	140	60
3.55	180	125	60
3.35	180	112	60
3.15	180	106	50
2.80	180	100	50
2.50	180	90	45
2.36	180	80	40
2.24	180	75	40
2.00	180	71	40
1.80	160	63	40
1.70	150	56	35
1.60	145	53	35
1.40	140	50	35
1.25	140	45	35
1.18	140	38	30
1.12	140	32	20
1.00	140	25	20

Kuva 3. Näyte koko suhteessa seulontakokoon (ALS Global).

3.4.2024



Kuva 4. KAJAK-pilotoinnissa teetettävien näytteiden vuokaavio.

3.4.2024

Taulukko 1. Esimerkki laboratorioon menevästä näytelistasta (geokemia+raekokoanalyysi). Molemmat osanäytteet niputetaan yhteen ja molemmissa pusseissa on näytetunnus. Raekokoanalyysiin menevään pussiin kirjoitetaan lisäksi screening tai S-kirjain, joka selitetään auki tilauskaavakkeessa. Jokaisen näytteen kohdalle merkataan menetelmäkoodit (esikäsittely+analyysit).

	Sample_code	Menetelmäkoodi xxx	Menetelmäkoodi xxx	Menetelmäkoodi xxx	Menetelmäkoodi xxx	Menetelmäkoodi xxx
1	20241001	x	x	x	x	x
2	20241002	x	x	x	x	x
3	20241003	x	x	x	x	x
4	20241004	x	x	x	x	x
5	20241005	x	x	x	x	x
6	20241006	x	x	x	x	x
7	20241007	x	x	x	x	x
8	20241008	x	x	x	x	x
9	20241009	x	x	x	x	x
10	202410010	x	x	x	x	x
...	...					

3.4.2024

Taulukko 2. Kuivaukseen ja punnitukseen menevät näytteet pakataan ja taulukoidaan omaan näytelistään.

	Sample_code	Menetelmäkoodi xxx	Menetelmäkoodi xxx
1	LIP-22 1.50-2.00 D	x	x
2	LIP-22 5.00-6.00 D	x	x
3	LIP-25 1.00-2.00 D	x	x
4	LIP-25 3.00-4.00 D	x	x
...	...		

Liite 5

Kenttämuistiot

Mätäsvaaran jätehiekkä-alueen maaperätutkimukset

Kohde: 12308 / Kajak-pilotointi - RH-alueen raaka-ainepotentiaalin arviointi

Pvm: 06.05.2024

Laatija: Toni Alakangas

Osallistujat: Toni Alakangas
Aleksi Väänänen

Envineer Oy
Envineer Oy

Kairaututkimukset

Yleistä: Jokaisesta tutkimuspisteestä kairausnäytteenotto ja duplikaatiopisteistä pintakerroksista lapiokoekuopat, jolla havainnoidaan hapettunutta pintaosaa. Rinnakkaisnäytteenotto toteutetaan pisteissä MÄT1, MÄT5, MÄT7 ja MÄT11 alkuperäisen tutkimuspisteen viereen, noin 1-2 metrin etäisyydelle alkuperäisestä tutkimuspisteestä.

Havaintoja: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)



Kairauslaitteisto

MÄT 1

Havaintoja: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)

0-0,5 m Lapiokoekuoppa / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7

0-1 m / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7

1-2 m / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7

2-3 m / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
3-4 m / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
4-5 m / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
5-6 m / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
6-7 m / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
7-8 m / 0 / Rh ja Turvetta / harmaata ja ruskeaa / 1 / 0 / 0,5-0,7

0-1 m D / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
0-1 m FD / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
1-2 m D / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
2-3 m D / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
3-4 m D / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
3-4 m FD / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
4-5 m D / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
5-6 m D / 0 / Rh / harmaata / 0 / 0 / 0,5-0,7
5-6 m FD / 0 / Rh / harmaata / 1 / 0 / 0,5-0,7
6-7 m / Maa niin vetistä, että luotettavan näytteen ottaminen ei mahdollista (ensimmäinen kairaus nostatti vedenpintaa)



Yleiskuva pisteestä MÄT 1



Yleiskuva pisteestä MÄT 1



Lapiokoekuoppa



Lapiokoekuoppa



Lapiokoekuoppa



MÄT 1 / 0-1 m



MÄT 1 / 1-2 m



MÄT 1 / 2-3 m



MÄT 1 / 3-4 m



MÄT 1 / 4-5 m



MÄT 1 / 5-6 m



MÄT 1 / 6-7 m



MÄT 1 / 7-8 m



MÄT 1 / 0-1 m D



MÄT 1 / 0-1 m FD



MÄT 11 / 0-1 m D (Painosta laskettava pois 0,04 kg)



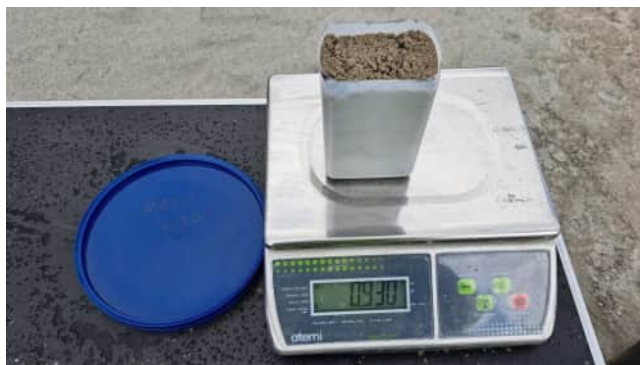
MÄT 1 / 1-2 m D



MÄT 11 / 1-2 m D (Painosta laskettava pois 0,04 kg)



MÄT 1 / 2-3 m D



MÄT 11 / 2-3 m D (Painosta laskettava pois 0,04 kg)



MÄT 1 / 3-4 m D



MÄT 1 / 3-4 m FD



MÄT 11 / 3-4 m D (Painosta laskettava pois 0,04 kg)



MÄT 1 / 4-5 m D



MÄT 11 / 4-5 m D (Painosta laskettava pois 0,04 kg)



MÄT 1 / 5-6 m D



MÄT 1 / 5-6 m FD



MÄT 11 / 5-6 m D (Painosta laskettava pois 0,04 kg)

MÄT2

Havainnot: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)

0-1 m / 0 / Rh / harmaa / 0 / 0 / 0,5-0,7
1-2 m / 0 / Rh / harmaa / 0 / 0 / 0,5-0,7
2-3 m / 0 / Rh / harmaa / 0 / 0 / 0,5-0,7
3-4 m / 0 / Rh / harmaa / 0 / 0 / 0,5
4-5 m / 0 / Rh / harmaa / 0 / 0 / 0,5-0,7
5-6 m / 0 / Rh / harmaa / 0 / 0 / 0,5-0,7
6-7 m / 0 / Rh / harmaa / 0 / 0 / 0,5-0,7
7-8 m / 0 / Rh / harmaa / 0,5 / 0 / 0,5-0,7
8-9 m / 0 / Rh,Si / harmaa,ruskea / 0,5 / 0 / 0,5-0,7
9-10 m / 0 / Rh / harmaa / 0,5 / 0 / 0,5-0,7
10-11 m / 0 / Rh / harmaa / 1 / 0 / 0,5-0,7
11-12 m / 0 / Rh / harmaa / 1 / 0 / 0,5

12-13 m / 0 / Rh / harmaa / 1 / 0 / 0,5-0,7

13-14 m / 0 / Si,Tv / harmaa / 2 / 0 / 0,5-0,7 / pohjavettä vastassa.



Yleiskuva pisteestä MÄT 2



Lapiokoekuoppa (vain tarkistusta varten)



Lapiokoekuoppa



MÄT 2 / 0-1 m



MÄT 2 / 1-2 m



MÄT 2 / 2-3 m



MÄT 2 / 3-4 m



MÄT 2 / 4-5 m



MÄT 2 / 5-6 m



MÄT 2 / 6-7 m



MÄT 2 / 7-8 m



MÄT 2 / 8-9 m, ruskeaa silttimaata mukana



MÄT 2 / 9-10 m



MÄT 2 / 10-11 m



MÄT 2 / 11-12 m, kosteaa tiiviimpää maata mukana



MÄT 2 / 11-12 m



MÄT 2 / 12-13 m



MÄT 2 / 13-14 m. Luonnollista savea.

MÄT 3

Havainnot: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)

0-1 m / 0 / Rh / harmaa, hieman ruskeaa / 1 / 0 / 0,5-0,7

1-2 m / 0 / Rh / harmaa, hieman ruskeaa / 1 / 0 / 0,5-0,7

2-3 m / Maa niin vetistä, että luotettavan näytteen ottaminen ei mahdollista



Yleiskuva pisteestä MÄT 3



Yleiskuva pisteestä MÄT 3



Lapiokoekuoppa



Lapiokoekuoppa



MÄT 3 / 0-1 m



MÄT 3 / 1-2 m



Ruskeaa maata kerroksessa 1-2 m

MÄT 4

Havainnot: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)

0-1 m / 0 / Rh / harmaa, hieman ruskeaa / 1 / 0 / 0,5-0,7

1-2 m / 0 / Rh / harmaa / 1 / 0 / 0,5-0,7

2-3 m / Maa niin vetistä, että luotettavan näytteen ottaminen ei mahdollista

Testireikä tehty kohtaan 7037301.16 N 629336.01 E. 2,3 metriä hiekkaa ja perusmaassa vesi vastassa.



Yleiskuva pisteestä MÄT 4



Ruskeaa maata paakkuina 0-1 metrin kerroksessa



MÄT 4 / 0-1 m



MÄT 4 / 1-2 m

MÄT 5

Havainnot: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)

0-0,5 m Lapiokoekuoppa / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 0 / 0 / 0,5-0,7

0-1 m / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 1 / 0 / 0,5-0,7

1-2 m / Maa niin vetistä, että luotettavan näytteen ottaminen ei mahdollista

0-1 m D / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 1 / 0 / 0,5-0,7

0-1 m FD / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 1 / 0 / 0,5-0,7



Yleiskuva pisteestä MÄT 5



Yleiskuva pisteestä MÄT 5



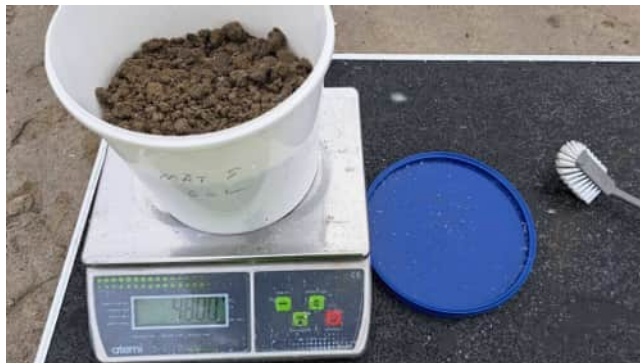
Lapiokoekuoppa



Lapiokoekuoppa



Lapiokoekuooppa



MÄT 5 / 0-1 m



MÄT 5 / 0-1 m D



MÄT 5 / 0-1 m FD



MÄT 5 / 0-1 m D (Painosta laskettava pois 0,04 kg)

MÄT 6

Havainnot: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)

0-1 m / 0 / Rh / harmaa / 2 / 0 / 0,5-0,7

1-2 m / Maa niin vetistä, että luotettavan näytteen ottaminen ei mahdollista



Yleiskuva pisteestä MÄT 6



MÄT 6 / 0-1 m

MÄT 7

Havainnot: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)

0-0,5 m Lapiokoekuoppa / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 2 / 0 / 0,5-0,7

0-1 m / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 2 / 0 / 0,5-0,7

1-2 m / Maa niin vetistä, että luotettavan näytteen ottaminen ei mahdollista

0-1 m D / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 2 / 0 / 0,5-0,7

0-1 m FD / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 2 / 0 / 0,5-0,7



Yleiskuva pisteestä MÄT 7



Lapiokoekuoppa



Lapiokoekuoppa



Lapiokoekuoppa



MÄT 7 / 0-1 m



MÄT 7 / 0-1 m D



MÄT 7 / 0-1 m FD



MÄT 7 / 0-1 m D (Painosta laskettava pois 0,04 kg)

MÄT 8

Havainnot: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)

0-1 m / 0 / Rh / harmaa, hieman ruskeaa hiekkaa seassa / 1 / 0 / 0,5-0,7

1-2 m / 0 / Rh / harmaa / 1 / 0 / 0,5-0,7

2-3 m / Maa niin vetistä, että luotettavan näytteen ottaminen ei mahdollista



Yleiskuva pisteestä MÄT 8



MÄT 8 / 0-1 m



MÄT 8 / 1-2 m

MÄT 9

Havainnot: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)

Vesi arviolta alle metrissä.

0-1 m / 0 / Rh / harmaa / 0 / 2 / 0 / 0,5-0,7

1-2 m / Maa niin vetistä, että luotettavan näytteen ottaminen ei mahdollista



Yleiskuva pisteestä MÄT 9



MÄT 9 / 0-1 m

MÄT 10

Havainnot: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)

0-1 m / 0 / Rh / harmaa ja ruskea / 0 / 2 / 0 / 0,5-0,7

1-2 m / Maa niin vetistä, että luotettavan näytteen ottaminen ei mahdollista



Yleiskuva pisteestä MÄT 10



MÄT 10 / 0-1 m

MÄT 11

Havainnot: (näytesyvyys / haju / maalaji / väri / kosteus / hapettuneisuus / raekoko)

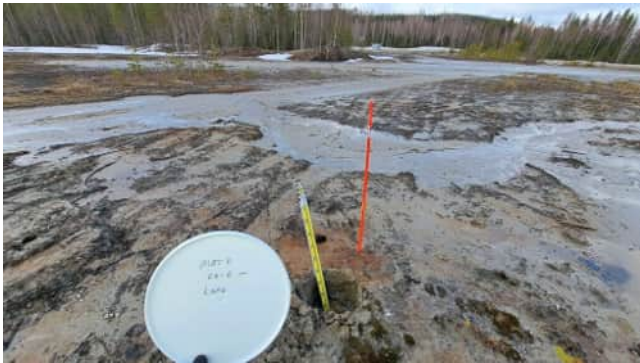
0-0,5 m Lapiokoekuoppa / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 2 / 0 / 0,5-0,7

0-1 m / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 2 / 0 / 0,5-0,7

1-2 m / Maa niin vetistä, että luotettavan näytteen ottaminen ei mahdollista

0-1 m D / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 2 / 0 / 0,5-0,7

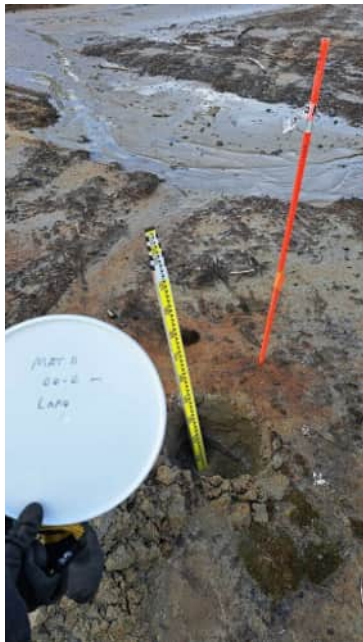
0-1 m FD / 0 / Rh / harmaata ja ruskeaa / 2 / 0 / 0,5-0,7



Yleiskuva pisteestä MÄT 11



Yleiskuva pisteestä MÄT 11. Vedenpinta noussut
lapiokoekuopassa maanpinnan tasolle.



Lapiokoekuoppa.



Lapiokoekuoppa.



MÄT 11 / 0-1 m



MÄT 11 / 0-1 m D



MÄT 11 / 0-1 m FD



MÄT 11 / 0-1 m D (Painosta laskettava pois 0,04 kg)

Dronekuvia Mätäsvaaran rikastushiekka-alueelta

Kohde: 12308 / Kajak-pilotointi - RH-alueen raaka-ainepotentiaalin arviointi

Pvm: 07.05.2024

Laatija: Pauliina Salonen

Osallistujat: Pauliina Salonen

Envineer Oy, Asiantuntija



Näytteiden käsittely

Kohde: 12308 / KAJAK pilotointi - raaka-ainepotentiaalin selvittäminen

Pvm: 02.07.2024

Laatija: Pauliina Salonen

Osallistujat: Pauliina Salonen
Emmi Nevalainen

Envineer Oy, Asiantuntija



Kentällä otetut näytteet järjestettiin käsittelytiloissa tutkimuspisteittäin syvyyden mukaisesti.



Jokaisesta näytteestä muodostettiin kaksi osanäytettä; geokemiallinen osanäyte (0,5 kg) ja raekokoanalyysin osanäyte (1,0 kg). Ennen osanäytteiden muodostamista alkuperäiset näytteet sekoitettiin huolellisesti.



Osanäytteet punnittiin ja pussitettiin näytepusseihin, joihin sijoitettiin minigrip-pussissa oleva lappu, johon sokea näytetunnus oli merkitty.



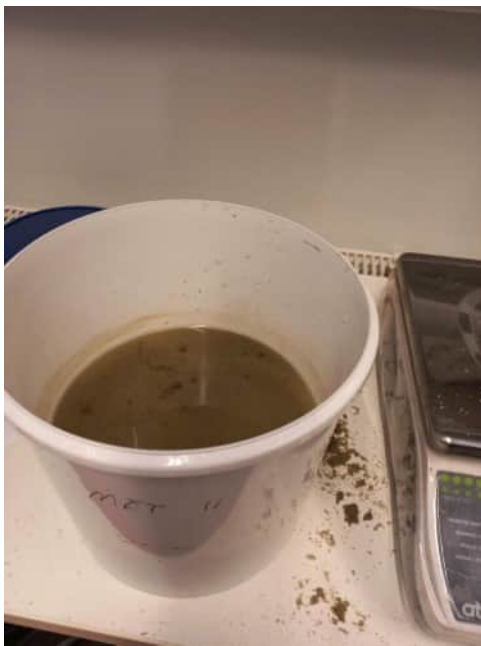
Raekokoanalyysinäyte merkittiin samalla sokealla näytetunnuksella kuin geokemiallinen osanäyte. Lisäksi raekokoanalyysin näytteeseen merkittiin iso S-kirjain (Screening).



Vaihteleva näytemäärä aiheutti haasteita näytteiden käsittelyyn. Osin duplikaattinäytteet (DUP) olivat kokonaismäärältään 0,4 kg vähäisen näytemäärän vuoksi.



Osin duplikaattinäytteet (DUP) olivat kokonaismäärältään 0,4 kg vähäisen näytemäärän vuoksi.



Haasteita näytteiden käsittelyyn aiheutti myös näytteiden vaihteleva koostumus.



Tiheysnäytteet toimitettiin laboratorioon näytepusseissa, joihin oli merkitty tussilla tutkimuspiste, syvyysväli ja iso D-kirjain (esim. MÄT5 1.00–2.00 D).

Liite 6

KAJAK-projektiin liittyvien rikastushiekkanäytteiden
mineraloginen karakterisointi: Mätäsvaaran näytteet,
Geologian tutkimuskeskus, 25.11.2024 (EMA-2024-81)

KAJAK-projektiin liittyvien rikastushiekkanäytteiden mineraloginen karakterisointi: Mätäsvaaran näytteet

Paavo Nikkola ja Pasi Heikkilä

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

KUVAILULEHTI

Tekijät Paavo Nikkola Pasi Heikkilä		Raportin laji Analyysituloksia	
		Toimeksiantaja Janne Hokka, MTR	
Raportin nimi KAJAK-projektiin liittyvien rikastushiekkänäytteiden mineraloginen karakterisointi: Mätäsvaaran näytteet			
Tiivistelmä Mätäsvaaran kaivosalueilta otetuille kahdelle rikastushiekkänäytteelle tehtiin kattava mineraloginen selvitys. Mätäsvaaran päämineraaleina esiintyy kvartsi, plagioklaasi, kalimaasälpä ja biotiitti. Näytteet sisälsivät myös laajan kirjon erilaisia hivenmineraaleja, muun muassa muskoviittia, kloriittia ja zirkonia.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) FESEM-EDS, XRD, mineralogia			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä)			
Karttalehdet			
Muut tiedot LIMS 2609			
Arkistosarjan nimi EMA		Arkistotunnus	
Kokonaissivumäärä 5 + 4 liitettä	Kieli suomi	Hinta	Julkisuus
Yksikkö ja vastuualue KTR / R5 Espoon tutkimuslaboratorio		Hanketunnus 50401-10819	
Allekirjoitus/nimen selvennys Pasi Heikkilä		Allekirjoitus/nimen selvennys Paavo Nikkola	

Sisällysluettelo

Kuvailulehti

1	Näyteaineisto	1
2	Analyysilaitteistot ja -menetelmät	1
2.1	XRD	1
2.2	FE-SEM-EDS	3
3	Tulokset	3
3.1	XRD-tulkinnat	3
3.2	FE-SEM-EDS-tulokset	4
4	LIITTEET	5

25.11.2024

1 NÄYTEAINEISTO

Envineer Oy toimitti kaksi Mätäsvaaran rikastushiekkänäytettä tutkittavaksi GTK:n tutkimuslaboratorioon. Tutkimukset ovat osa Pirkanmaan ELY-keskuksen KAJAK-hankkeessa tehtävää pilotointia, jossa selvitetään miten käytöstä poistettujen ja suljettujen kaivosten kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalia voidaan selvittää yhdessä ympäristötutkimusten kanssa.

Kosteat näytteet jaettiin kartioimalla ja neliöimällä XRD- ja FE-SEM-tutkimusjakeisiin ja tutkimusjakeet kuivatettiin hitaasti vetokaapissa (Taulukko 1). Mätäsvaaran näytteet saapuivat GTK:n Espoon tutkimuslaboratorioon 27.9.2024, ja niiden LIMS työnumero on 2609.

Taulukko 1. Näytetiedot.

Näytetunnus	GTK Lab-ID	Näyte - määrä (g)	XRD-näyte (g)	FE-SEM-näyte (g)	raekokoarvio
20242030 (MÄT2 13-14)	202400816	1300	0.07	2.77	erit. hieno
20242043 (MÄT8 0-1)	202400817	1372	0.07	2.86	karkea

2 ANALYYSILAITTEISTOT JA -MENETELMÄT

2.1 XRD

GTK:n röntgendiffraktioliite on Bruker D8 Discover A25, LYNXEYE XE-T detektorilla (semiconductor silicon strip 1D detector). Röntgenputken anodimateriaali on kupari, käytetty aallonpituus $K\alpha_1 = 1.5406 \text{ \AA}$, $K\alpha_2 = 1.5444 \text{ \AA}$, ($K\alpha$ keskiarvo = $1.5418 \text{ \AA}$), kontaminaationa $K\beta = 1.3922 \text{ \AA}$, jonka poisto (monokromatisointi) tehdään detektorissa. Optiikassa on käytössä automaattinen divergenssirako ja sirontaveitsi (MASS, motorized anti-scatter screen).

Homogenisoinnin ja neliöinnin jälkeen saadusta XRD osanäytteestä kuivatettiin kappaleet vetokaapissa, ja niistä otettiin faasi-identifiointia varten 70 mg (+/- 1 mg) näyte XRD-preparointia varten. Näytettä jauhettiin lisää akaattihuhmareessa asetonisuspensiossa hienoksi (pyrkimyksenä < 10 μm partikkelikoko), suspensioliuosta kaadettiin lasilevylle, sekoitetaan tasaiseksi ja kuivatettiin, minkä seurauksena adheesio/koheesio kiinnittää jauhepartikkelit lasille tasaiseksi pinnaksi XRD-mittausta varten.

Asetonisuspension kuivaminen aiheuttaa levymäisten ja neulasmaisten partikkeleiden osittaisen suuntautumisen lasilevyn tasoon. Tämä korostaa lohkopintaheijasteiden piikkien intensiteettejä tuottaen preparaattikohtaista variaatiota lohkosuuntia vastaavien piikkien intensiteetteihin (ns. suunnatussa preparaattissa tämä pyrittäisiin maksimoimaan). Faasitunnistukset perustuvat lähinnä piikkien 2 θ -kulmiin, mihin intensiteettivariaatiolla ei ole vaikutusta, mutta pitoisuusmääritys vaikeutuu. XRD-instrumentin sisäinen ilmankosteus kirjattiin mittausten alussa olleen 55-27 % (laski näytesarjan edetessä), ja instrumentin sisäinen lämpötila oli 22–23°C. Näillä on vähäistä vaikutusta etenkin vesipitoisten kiteisten faasien hilaparametreihin (piikkien paikkoihin).

25.11.2024

Röntgenpulveridiffraktogrammi mitattiin 0,5 h ajolla kulmaväliltä $4\text{--}110^\circ 2\theta$ ($\text{CuK}\alpha$) jatkuvalla mittaustavalla $0,06^\circ 2\theta/\text{s}$ kulmanopeudella, mikä jaettuna 6914 askeleeseen vastaa $0,015^\circ 2\theta$ askeleita mittaussajalla 0,25 s/askel (time per step). Primääripuolen optiikassa käytettiin avautuvaa rakoa 15 mm näytepituudella ja $2,5^\circ$ solleria. Sekundääripuolen optiikassa käytettiin $2,5^\circ$ solleria ja monokromatisointi tehtiin detektorin energiaerottelukanavilla. Goniometrissä oli 280 mm säde. Näytepyörä (spinner) oli päällä, ja moottoroitu beamiveitsi nousi mittauksen aikana näytteen pinnasta ylöspäin, mikä pienillä kulmilla estää ilman sirontaa ja suurilla kulmilla estää veitsen aiheuttamaa varjostusta. Generaattorin asetukset olivat 40 kV ja 40 mA.

Diffraktiodatalle tehtiin faasitunnistuksen helpottamiseksi konversio vastaamaan kiinteällä divergenssiraolla tehtyä mittausta, taustakohinan tason sovitus, ja näytepaksuudesta aiheutuva 2θ -siirtymä tarkistettiin käyttäen näytteen omaa kvartsia sisäisenä standardina. Mittaustuloksena saadun diffraktogrammin tulkinnessa käytettiin Brukerin EVA 6.0 ohjelmaa ja ICDD:n (International Centre for Diffraction Data, Powder Diffraction File) PDF-4 Minerals 2024 tietokantaa, joka sisältää vain luonnosta tavattavat epäorgaaniset kiteiset faasit (mineraalit).

Diffraktogrammit antavat suoraa tietoa aineen kiderakenteesta, joten kemiallisesti erikoostumukselliset mutta kiderakenteeltaan samanlaiset aineet (isomorfia, kiinteäliuosseossarjat) näyttävät lähes samalta – varmempi faasitunnistus edellyttää lisäksi kemialliseen koostumukseen perustuvaan SEM-EDS (Scanning Electron Microscope, Energy Dispersive Spectroscopy, kuuluu tähän työhön) tai tarkempaa kvantitatiivista EPMA (Electron Probe Micro-Analysis) analyysiä. Diffraktiopiikkien leventyminen johtuu erityisen hienosta partikkelikoosta (nm-luokka, crystallite size), heikosta järjestäytymisen asteesta kiderakenteessa (huonosti kiteytynyt, muuttunut tai metamikkinen aine, strain) tai epähomogeenisesta kemiallisesta koostumuksesta (isomorfia, kiinteäliuosseossarjat, epätasapainoiset kiteytymisolosuhteet). Amorfisia aineita ei voida tunnistaa, mutta niiden osuus näkyy taustakohinan nousuna diffraktogrammissa yleensä $d = 6\text{--}2,4 \text{ \AA}$ välillä. Amorfisen osuuden määrä voidaan määrittää erillismittauksella, jossa näytteeseen on sekoitettu sisäistä standardia tunnettu määrä (ei kuulunut tilaukseen).

Faasit luetellaan raportin tuloksissa laskevan intensiteetin ($\sim$ pitoisuuden) mukaisessa järjestyksessä ja faasitulkinnessa on laadullisesti arvioitu komponenttien määräsuhteita seuraavalla tavalla. Näytteessä useita kymmeniä prosentteja olevia suuri-intensiteettisiä faaseja kutsutaan pääkomponenteiksi. Sivukomponenteilla tarkoitetaan faaseja, joiden diffraktiopiikit erottuvat vielä hyvin yleiskuvassa ja niitä on useita, minkä vuoksi faasitunnistus on luotettavaa ja pitoisuustaso on tyypillisesti 5–15 massa-% näytteestä. Hivenkomponenteilla tarkoitetaan tässä XRD-tulkinnan näkökulmasta faaseja, joista on taustakohinan tasosta erotettavissa vain pääpiikkien heijasteet. Ilman kokonaista piikkiäfaasitunnistus on tulkintaa, jossa useiden mahdollisten selittäjien joukosta valitaan realistisimpia ja parhaiten osuvia faasiehdokkaita. Tulkitsijan kokemus tutkittavan materiaalin mahdollisesta faasikoostumuksesta on merkittävässä osassa ja lisätiedot faasien tai näytteen kemiasta muilla menetelmillä (esim. SEM-EDS) helpottavat tulkintaa. Hivenkomponenttien pitoisuustaso on tyypillisesti prosenttiluokkaa. Faasista riippuen alle 1–0,5 massa-% pitoisuudet ovat havaintorajan alapuolella XRD-menetelmälle.

25.11.2024

2.2 FE-SEM-EDS

Näytteiden modaalimineralogia selvitettiin käyttäen JEOL JSM-7100F Schottky kenttäemissio-pyyhkäisyelektronimikroskooppia (FE-SEM), johon on liitetty Oxford Instrumentsin energiadiispersiivinen spektrometri (EDS) X-Max 80 mm² (SDD). Käytetyt analyysiparametrit olivat: kiihdytysjännite 20 kV, elektronisäteen virran voimakkuus 1,1 nA ja työskentelyetäisyys 10 mm.

Analytiikkaa varten näytteistä otettiin kartioimalla ja neliöimällä 2-3 g edustavat osanäytteet (Taulukko 1). Tästä osanäytteestä valmistettiin epoksiin valetut ja kiillotetut vertikaaliset (viipale-) pintahieet, jotka päällystettiin hiilellä sähkönjohtavuuden aikaansaamiseksi. Näytemateriaalin sekaan sekoitettiin grafiittipulveria rakeiden irtaannuttamiseksi toisistaan.

Näytteistä analysoitiin 15 000 – 50 000 partikkelia modaalikoostumuksen selvittämiseksi Oxford Instruments Aztec Feature -ohjelmistolla. Analyysissä huomioitiin mineraalirakeet, joiden halkaisija oli vähintään 5 µm. Lisäksi mineraalirakeista otettiin valikoituja kuvia ja tarkempia EDS-koostumusanalyyskejä. Kuvantaminen tehtiin mittaamalla näytteistä sironneita korkean energian elektroneja (eng. back-scattered electron, BSE), eli näytteistä otettiin takaisinsirontaelektronikuvia (BSE-kuvia).

Analyysien laatu on puolikvantitatiivinen ja tulokset normalisoitu 100 %:iin. Faasitunnistus perustuu EDS-spektristä konvertoidun numeerisen alkuainekoostumuksen vertaamiseen GTK:n sisäiseen mineraalitietokantaan. Faasien tarkka identifioiminen EDS-spektrin perusteella ei ole aina mahdollista erityisesti mineraaleilla/ja faaseilla, jotka sisältävät hiiltä, OH- ja H₂O-ryhmiä tai Be ja sitä kevyempiä alkuaineita. Myöskään saman kemiallisen kaavan omaavia faaseja ei pystytä erottamaan toisistaan.

Analyysiteknisien syiden takia miltei aina vähintään muutama prosentti analyyseista luokituu tunnistamattomiksi (*unclassified*). Pääasiassa luokka sisältää useammista eri mineraalifaaseista generoituneita seka-analyyskejä, joita Aztec Feature-ohjelmisto ei pysty luokittelemaan. Tunnistamattomien analyysien määrä on yleensä suurempi hienorakeisilla ja/tai koostumukseltaan kompleksisilla näytteillä.

Edellä mainitut epävarmuustekijät tulee huomioida tarkasteltaessa raportissa esitettyjä faasien koostumuksia ja faasijakaumaa.

3 TULOKSET

3.1 XRD-tulkinnat

MÄT2 13-14, Mätäsvaara; LabID 202400816

Tämän Mätäsvaaran näytteen pääkomponentit ovat kvartsi ja plagioklaasimaasälpä.

Sivukomponentteina tavataan vermikuliittia, kalimaasälpää (mikrokliini), biotiitti ja muskoviitti kiilteitä, klinoamfibolia (esim. sarvivälke, tremoliitti-aktinoliitti, tms.) ja kloriittia (klinokloori-chamosiitti).

Hivenfaaseiksi on tulkittu hydrobiotiitti (12 Å vermikuliitin ja biotiitin välimuoto), talkki ja ehkä kaoliniitti.

Edellä tulkittujen piikkien lisäksi diffraktogrammin taustan tasossa on pienillä kulmilla (diffraktogrammin vasen laita) selvä kohouma, mikä viittaa amorfiseen tai hyvin huonosti järjestäytyneeseen rakenteeseen, jonka toistuvuusväli on $>9 \text{ \AA}$ ($>0,9 \text{ nm}$). Tämä voisi liittyä vermikuliitin ja hydrobiotiitin kaltaiseen savimineraalien kaltaiseen ainekseen.

MÄT8 0-1, Mätäsvaara; LabID 202400817

Näytteen pääkomponentit ovat kvartsi, plagioklaasimaasälpä ja biotiitti kiille.

Sivukomponentteina tavataan muskoviittia, kloriittia (klinokloori-chamosiitti) ja kalimaasälpää (mikrokliini). Hiventasolla näytteessä voi olla hieman analsiimia (Na-Al-zeoliittia, joka koostumukseltaan vastaa hydrautunutta albiittia).

3.2 FE-SEM-EDS-tulokset

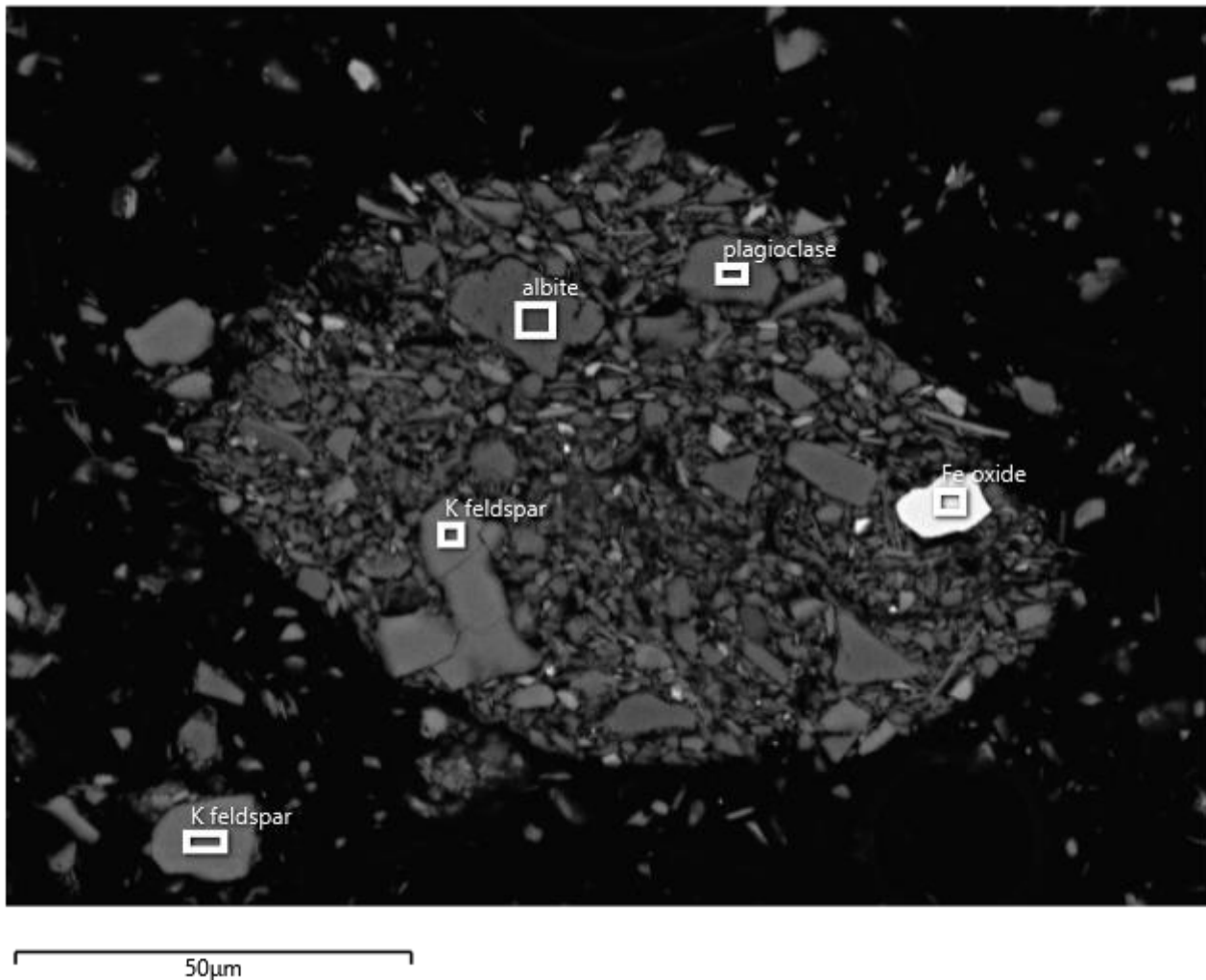
Mätäsvaaran näyte MÄT 13-14 on niin hienorakeinen (suuri osa rakeista alle $5 \text{ }\mu\text{m}$ läpimitaltaan), että näytteestä ei voitu luotettavasti määrittää faasisuhteita FE-SEM-EDS modaalimineralogian keinoin. Näytteelle tehtiin kuitenkin kattavasti pisteanalyysyjä, joten kvalitatiivisella tasolla näytteen mineralogia on hyvin selvillä. Näytteen päämineraaleja ovat kvartsi, plagioklaasi, kalimaasälpä (mikrokliini) sekä biotiitti (kuva 1, ja liite 3). Hiventasolla tavataan ainakin rautaoksidia (tod. näk magnetiitti), muskoviittia, Ca-pitoista amfibolia (tod. näk sarvivälke, ks. liite 3) ja zirkonia. Kiilteet esiintyvät näytteessä erittäin hienojakoisina rakeina, joten myös vermikuliitin ja savimineraalin (esim. kaoliniitti) esiintyminen on todennäköistä. Kiisumineraaleja näytteessä on hyvin vähän. Ainoana kiisuna havaittiin yksittäisiä rakeita kuparikiisua. FE-SEM-EDS havainnot tukevat XRD-analyysin ehdottamaa mineralogaa.

Mätäsvaaran näytteessä MÄT8 0-1 on paljon kvartsia (47 m-%) ja plagioklaasia (37 m-%). Tämän lisäksi näytteessä on biotiittia ja kalimaasälpää. Hiventasolla havaittiin muskoviittia, kloriittia, flogopiittia, zirkonia, ilmeniittiä, apatiittia, klinozoiisiittia (Al-rikas epidootti), rautaoksidia, titaniittia ja kuparikiisua. XRD analyysin perusteella näytteessä saattaa olla myös pieniä määriä analsiimia, mikä sopisi näytteen mineralogiaan, mutta tätä mineraalia ei voitu FE-SEM-EDS havainnoin vahvistaa johtuen sen koostumuksellisesta samankaltaisuudesta plagioklaasin kanssa.

Taulukko 2. Fe-SEM-EDS modaalimineralogian tulokset. Näytteelle MÄT2 13-14 ei voitu määrittää luotettavaa mineraalikoostumusta sen hienorakeisuuden vuoksi.

Mätäsvaara	
MÄT8 0-1	
Class	m-%
quartz	47
plagioclase	37
biotite	6.8
K feldspar	6.4
muscovite	1.9
chlorite	0.41
phlogopite	0.14
zircon	0.10
ilmenite	0.10
apatite	0.09
clinozoisite	0.07
Fe oxide	0.04
chalcopyrite	0.02
titanite	0.02

25.11.2024

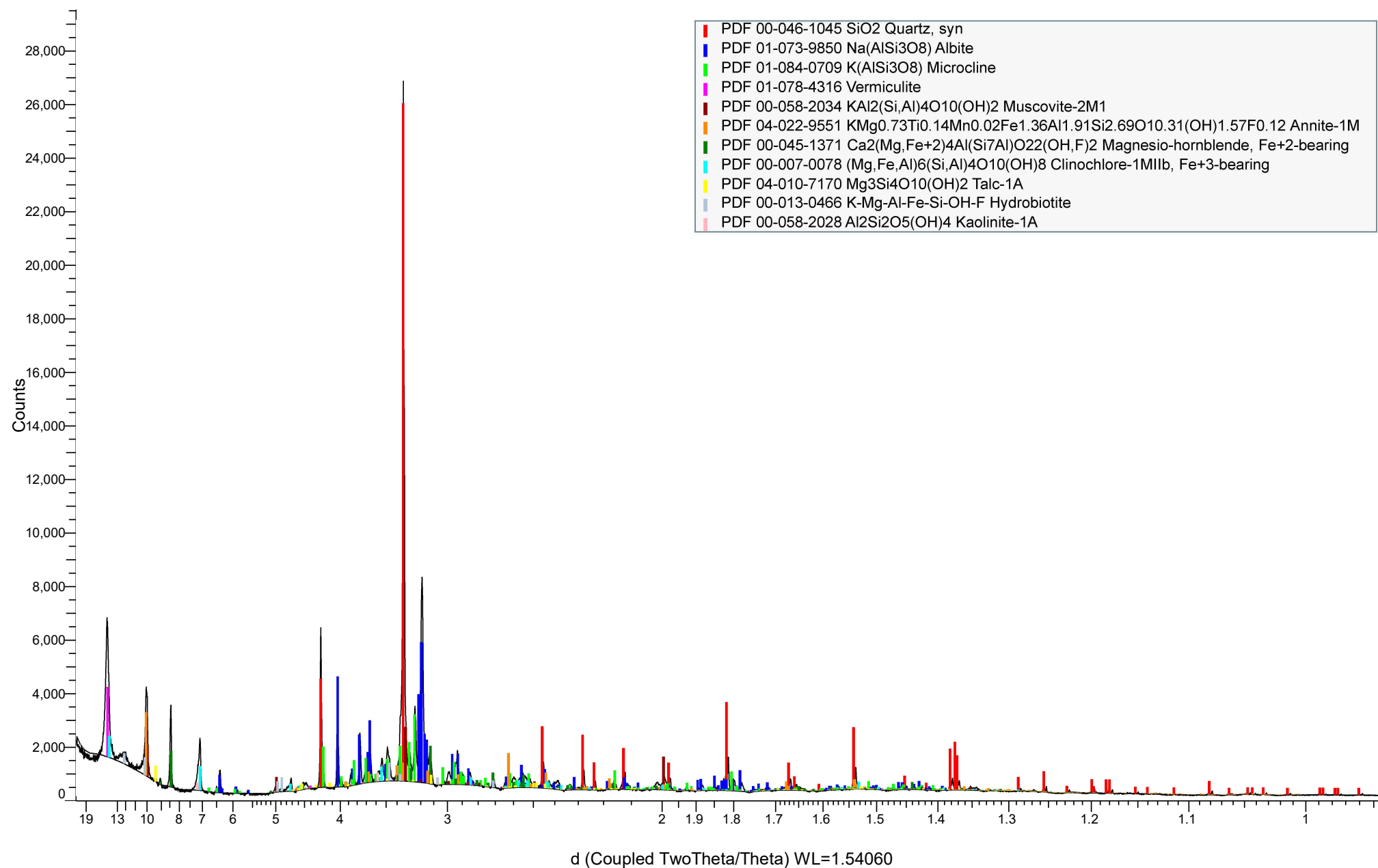


Kuva 1. BSE-kuva näytteen P12 0-0,5 hienojakoisesta mineraaliaineksesta. Suurempien rakeiden välissä oleva hieno massa sisältää biotiitti- ja muskoviitti-kiilteitä, ja todennäköisesti myös vermikuliittia ja kaoliniittia.

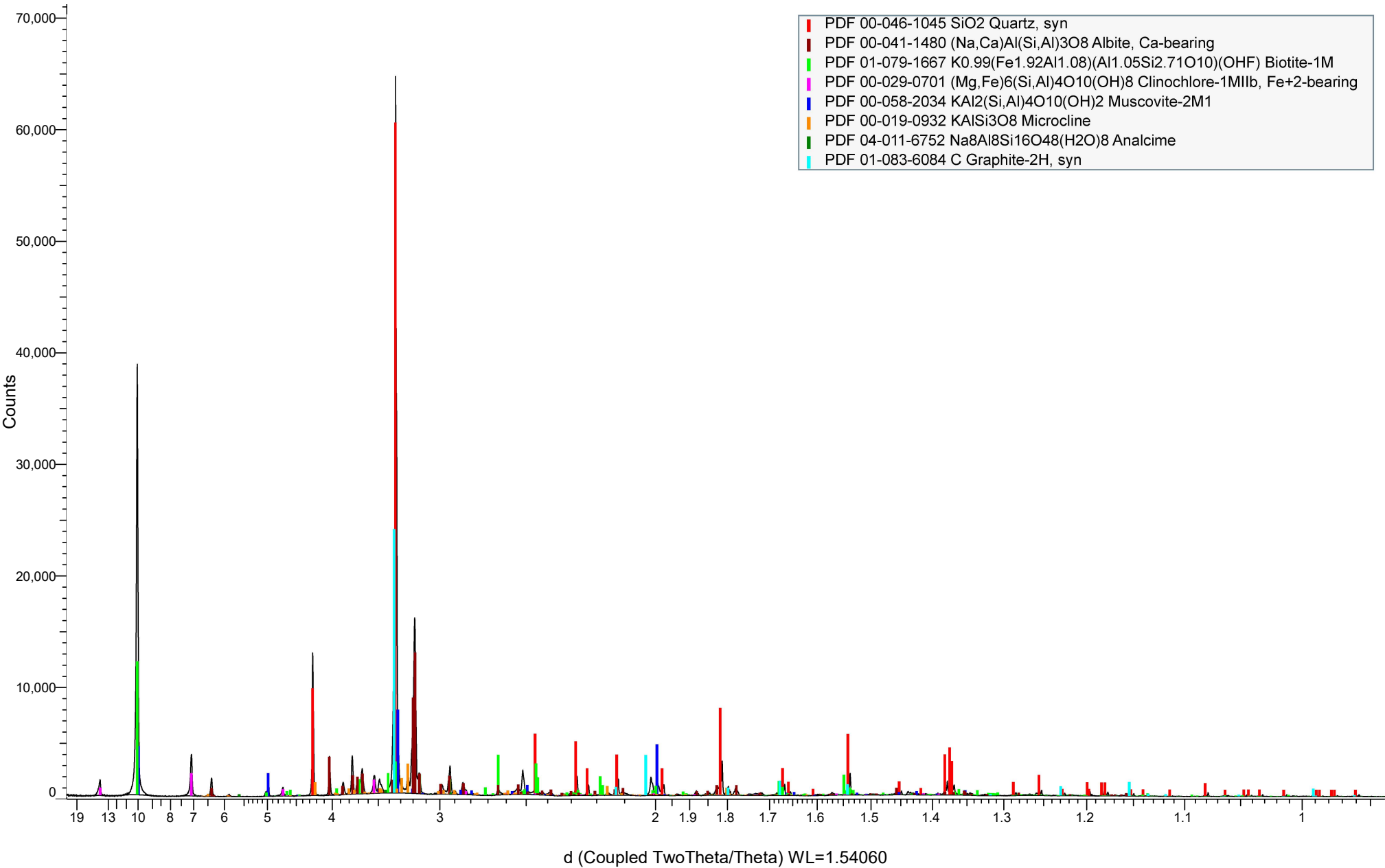
4 LIITTEET

- I Faasitulkitut XRD diffraktogrammit
- II FE-SEM-EDS modaalimineralogian tulokset
- III FE-SEM-EDS pisteanalyysijä
- IV FE-SEM-EDS analyysialueet

MÄT2 13-14 (Coupled TwoTheta/Theta)



MÄT8 0-1 (Coupled TwoTheta/Theta)



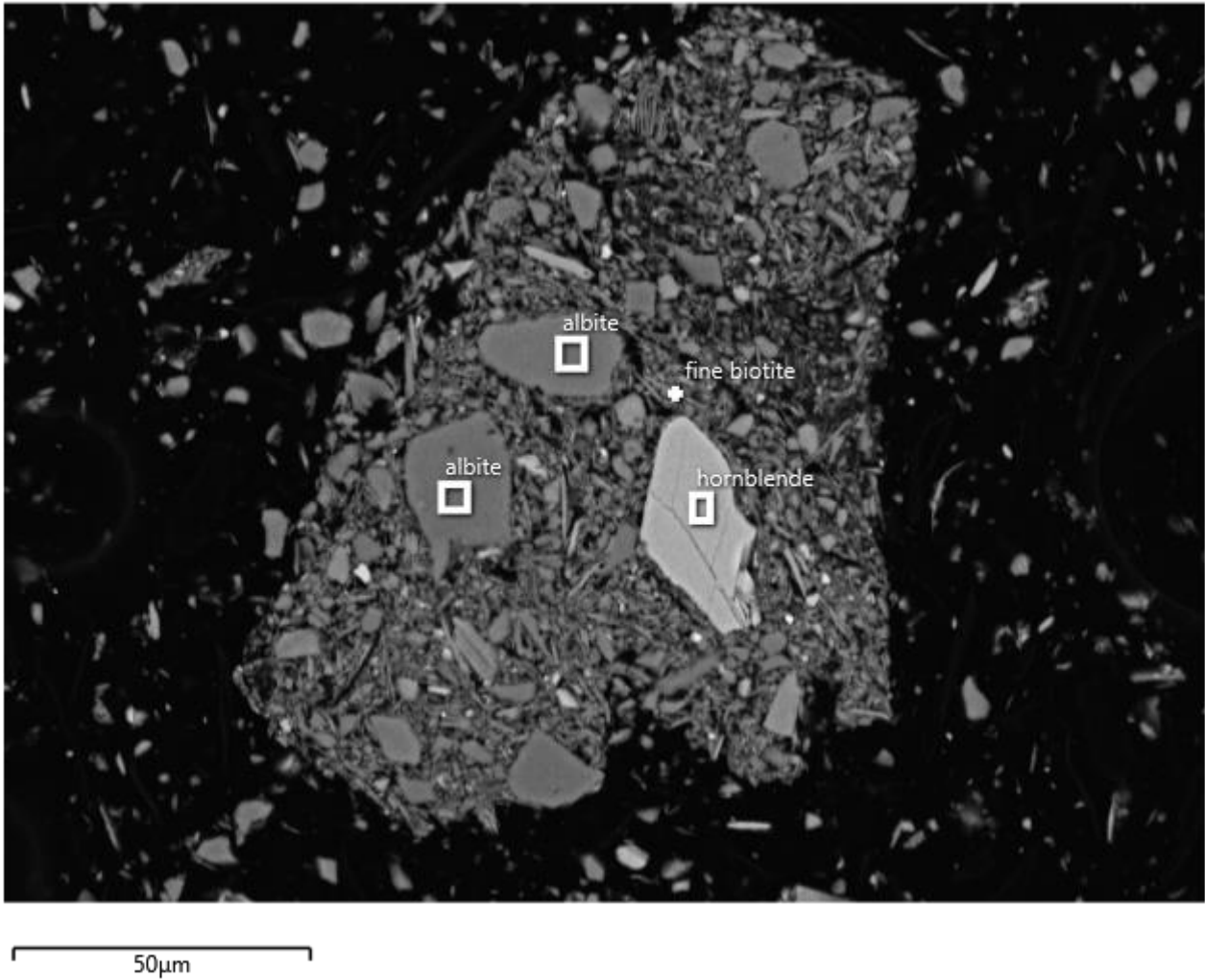
Appendix II - FE-SEM-EDS modal mineralogy

MÄT8 0-1, Mätäsvaara (LabID 202400817)

Category	Features	% features area	
All	15832	100	
Classified	14824	98.77171402	
No classification	1008	1.228285977	
Class	Features	% features area	% features mass
quartz	5580	47	47
plagioclase	6328	38	37
biotite	946	5.9	6.8
K feldspar	933	6.6	6.4
muscovite	749	1.7	1.9
chlorite	138	0.41	0.41
phlogopite	35	0.13	0.14
zircon	3	0.06	0.10
ilmenite	5	0.05	0.10
apatite	29	0.08	0.09
clinozoisite	30	0.05	0.07
Fe oxide	24	0.02	0.04
chalcopyrite	4	0.02	0.02
titanite	20	0.02	0.02

MÄT2 13-14

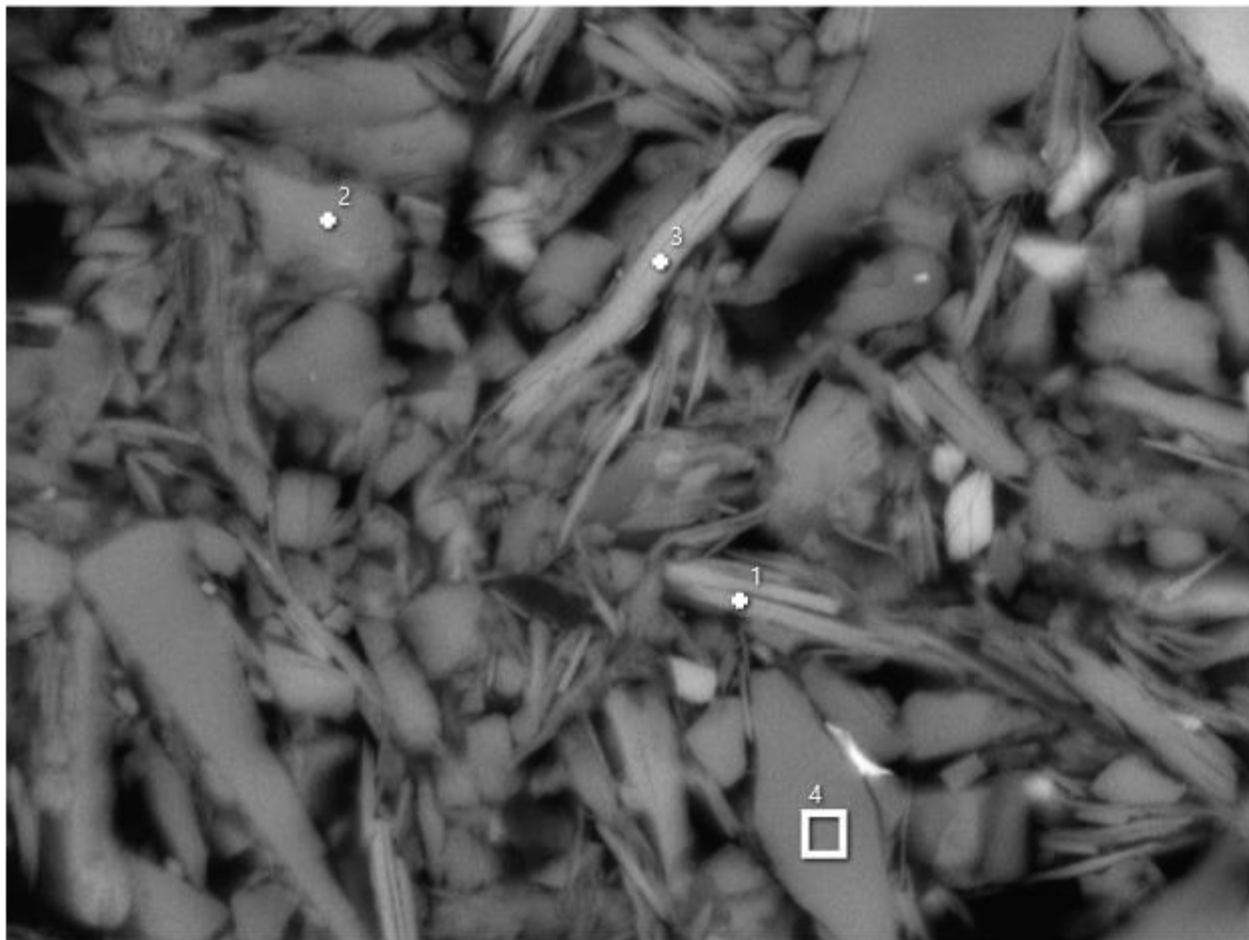
Site 6



Spectrum Label	fine biotite	albite	albite	hornblende
O	44.48	46.40	46.51	40.72
Na		6.14	7.59	1.13
Mg	5.49			4.48
Al	11.05	13.61	12.29	7.28
Si	22.42	29.57	31.49	19.82
K	4.49			0.97
Ca	0.70	4.29	2.12	8.49
Ti	0.95			0.40
Fe	10.42			16.70
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

MÄT2 13-14

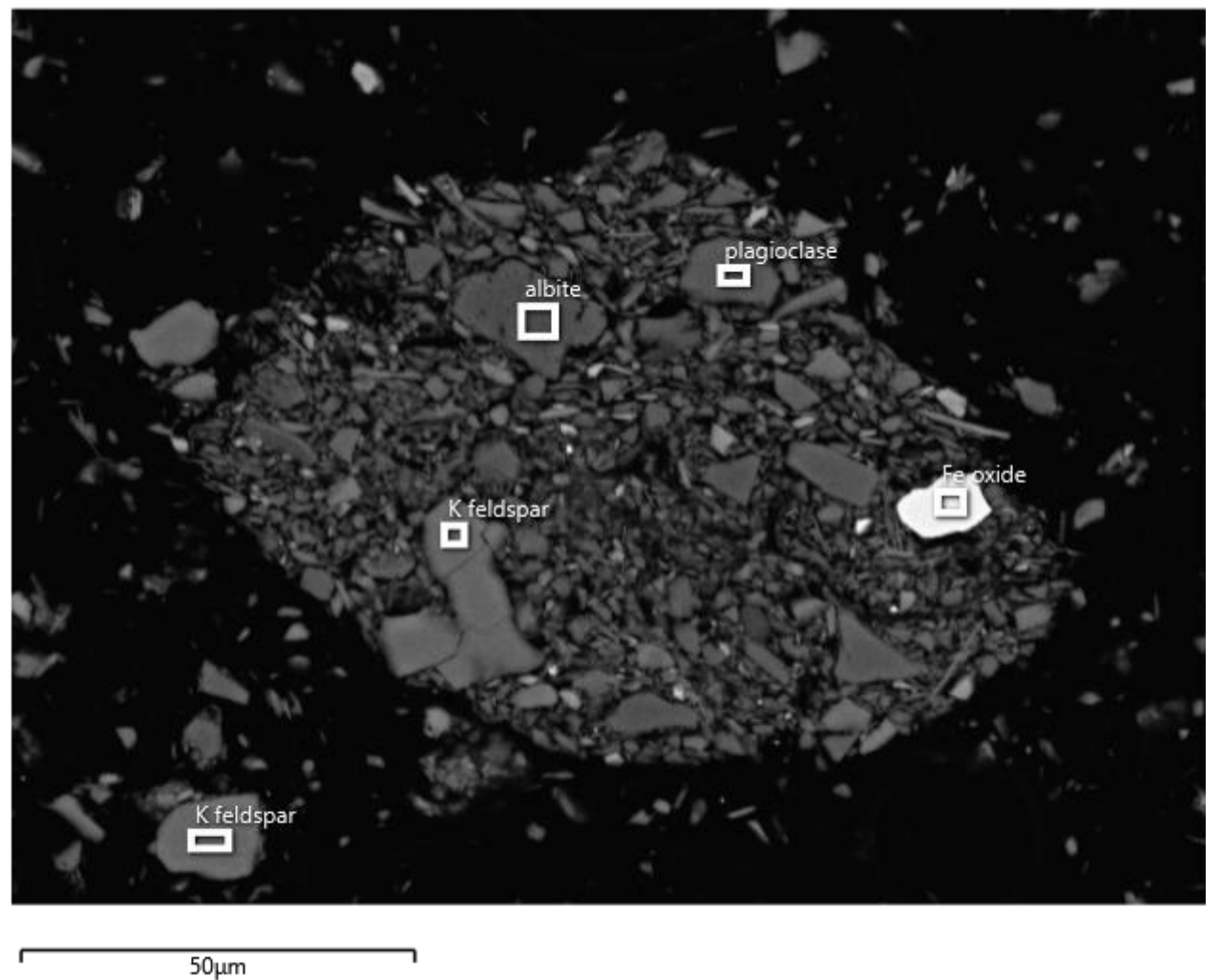
Site 7 – close-up



Spectrum Label	1	2	3	4
O	44.07	45.34	41.98	47.14
Na	1.07	4.78	0.50	6.06
Mg	8.97	1.88	4.80	0.41
Al	12.35	11.10	11.46	12.29
Si	21.28	26.23	23.02	29.25
Cl	0.19	0.26	0.26	
K	1.63	2.41	5.47	0.63
Ca	0.70	1.68	0.66	2.84
Ti		0.52	1.05	
Fe	9.74	5.81	10.82	1.38
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

MÄT2 13-14

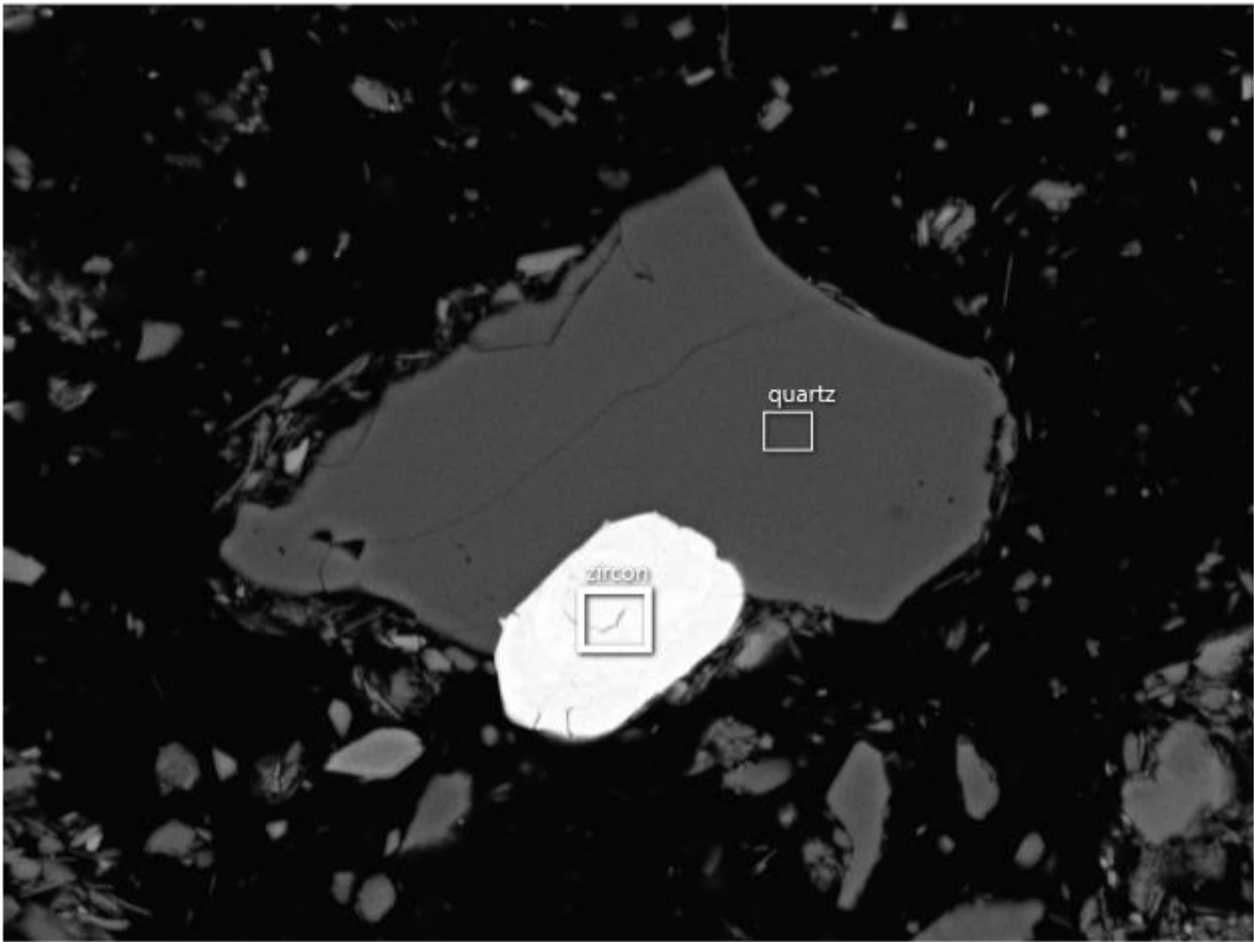
Site 4



Spectrum Label	albite	K feldspar	Fe oxide	K feldspar	plagioclase
O	47.19	45.02	28.85	45.58	46.54
Na	8.80				5.93
Al	10.71	10.07		10.12	13.71
Si	33.30	30.73		30.70	29.08
K		14.18		13.60	
Ca					4.74
Ti			4.76		
Fe			66.39		
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

MÄT2 13-14

Site 3

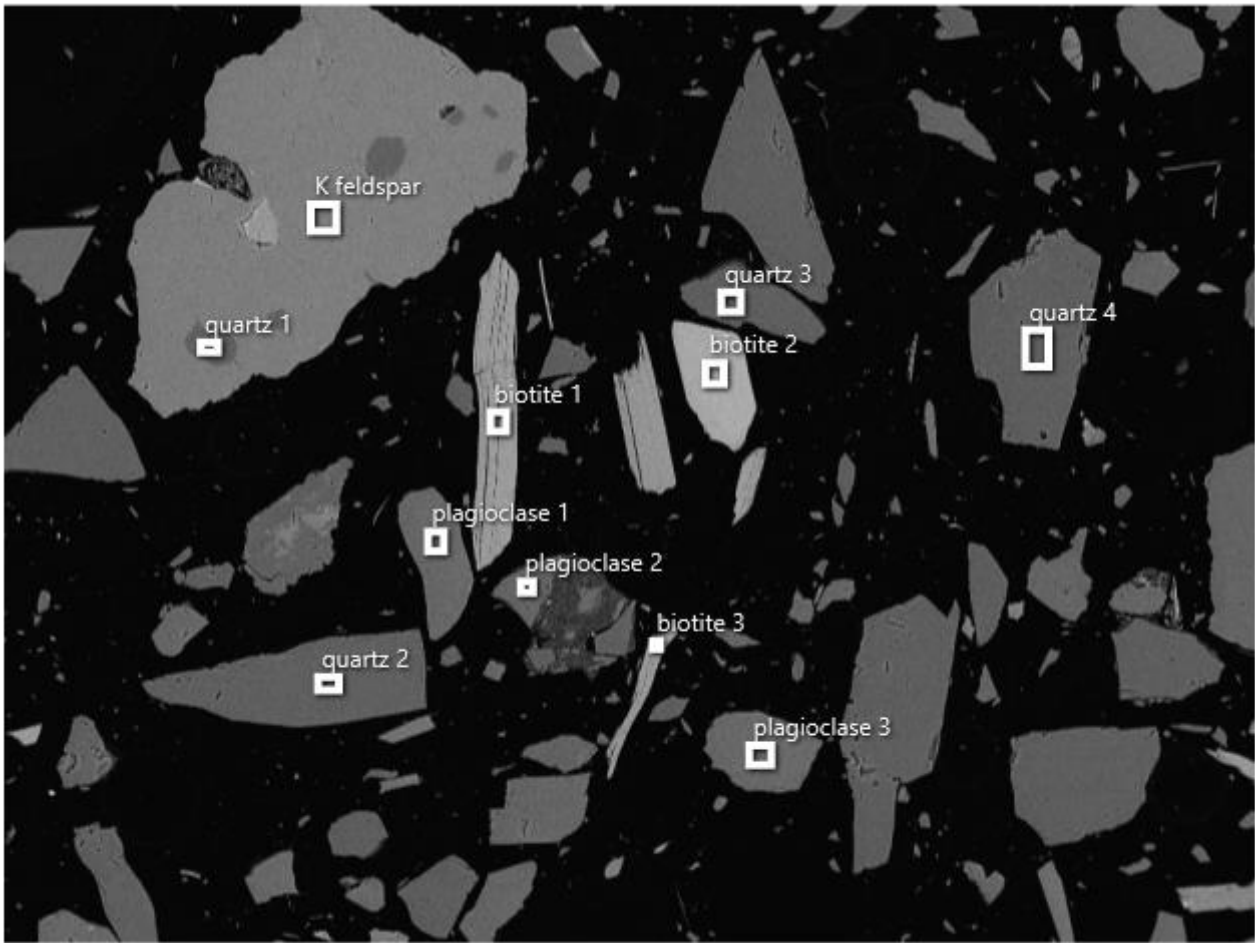


50µm

Spectrum Label	quartz	zircon
O	51.39	40.97
Si	48.61	14.67
Ca		0.95
Zr		43.41
Total	100.00	100.00

MÄT8 0-1

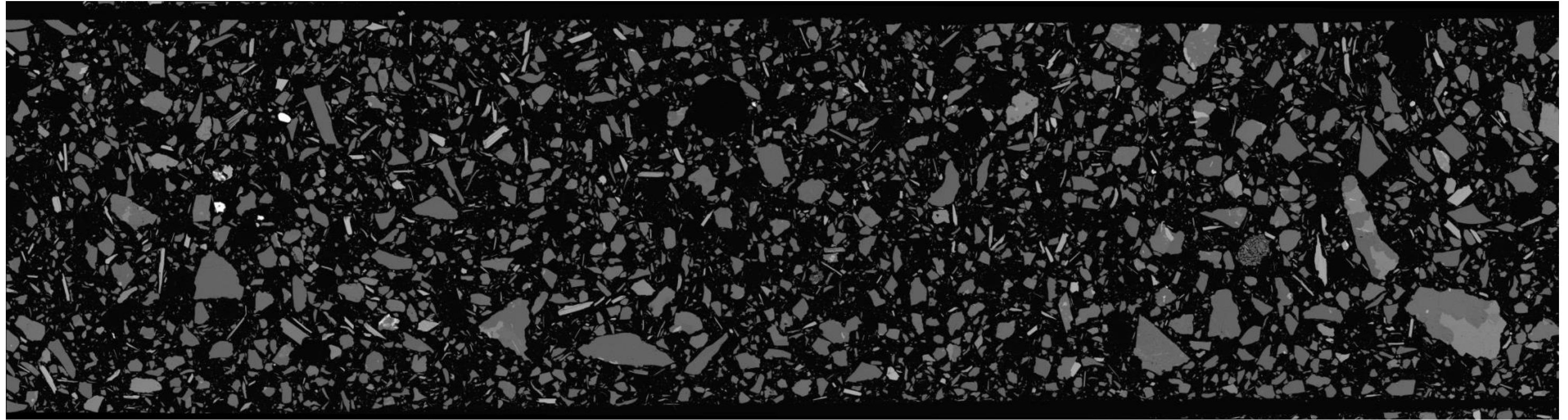
Site 6



Spectrum Label	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Total
K feldspar	44.87			10.13	30.78	14.23				100
quartz 1	51.09				48.91					100
biotite 1	40.76		6.06	9.8	17.21	8.41		1.57	16.18	100
quartz 2	51.11				48.89					100
plagioclase 1	46.42	5.35		14.17	28.53		5.52			100
biotite 2	39.07		3.24	9.96	16.52	8.31		1.05	21.85	100
quartz 3	51.12				48.88					100
quartz 4	51.25				48.75					100
plagioclase 2	46.66	6.69		12.83	30.57	0.64	2.61			100
biotite 3	40.43		5.79	9.21	17.45	8.57		1.95	16.6	100
plagioclase 3	46.65	5.63		13.76	28.83		5.12			100

Mätäsvaara MÄT8 0-1

Lab ID: 202400817



5mm



envineer.fi